

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 119 668

21 N° d'enregistrement national : 21 01244

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 25 J 1/02 (2020.12), F 25 B 9/10

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.02.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 12.08.22 Bulletin 22/32.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

72 Inventeur(s) : DURAND Fabien, DELAUTRE Guillaume, ROIG Mathieu et NICOLAS Rémi.

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

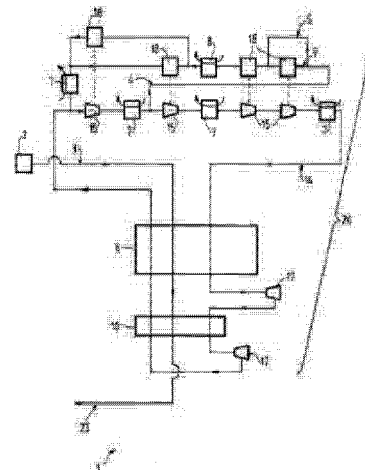
74 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME.

54 Dispositif et procédé de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide.

57 Dispositif de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide tel que du gaz naturel ou de l'hydrogène, comprenant un circuit (3) de fluide à refroidir ayant une extrémité amont destinée à être reliée à une source (2) de fluide gazeux et une extrémité aval (23) destinée à être reliée à un organe de collecte du fluide refroidi ou liquéfié, le dispositif (1) comprenant un ensemble d'échangeur(s) (6, 10) de chaleur en échange thermique avec le circuit (3) de fluide à refroidir, le dispositif (1) comprenant un réfrigérateur (20) en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) (6, 10) de chaleur, le réfrigérateur (20) étant du type à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle comprenant l'un au moins parmi : l'hélium, de l'hydrogène, de l'azote ou du néon, ledit réfrigérateur (20) comprenant, disposés en série dans un circuit (14) de cycle : un mécanisme (15) de compression du gaz de cycle, au moins un organe (7, 6, 10) de refroidissement du gaz de cycle, un mécanisme (17) de détente du gaz de cycle et au moins un organe (6, 10) de réchauffage du gaz de cycle détendu, dans lequel le mécanisme de compression comprend plusieurs étages de compression (15) en série composés d'un ensemble de compresseur(s) de type centrifuge, les étages de compressions (15) étant montés sur un ensemble d'arbres entraînés en rotation par un ensemble de moteur(s) (18), le au moins un organe (7, 6, 10) de refroidissement du gaz de cycle comprenant au moins un échangeur (7) de chaleur disposé à la sortie d'au moins un étage (15) de compression en échange thermique avec le circuit (14) de cycle, ledit échangeur (7) de chaleur étant refroidi par un fluide caloporteur, caractérisé en ce que le mécanisme de compression comprend au moins deux étages de compression (15) disposés successive-

ment en série et dépourvus d'un organe de refroidissement du gaz de cycle tel qu'un échangeur (7) de chaleur entre eux.

Figure de l'abrégié: Fig. 1



FR 3 119 668 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Dispositif et procédé de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide.**

- [0001] L'invention concerne un dispositif et un procédé de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide.
- [0002] L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide tel que du gaz naturel ou de l'hydrogène, comprenant un circuit de fluide à refroidir ayant une extrémité amont destinée à être reliée à une source de fluide gazeux et une extrémité aval destinée à être reliée à un organe de collecte du fluide refroidi ou liquéfié, le dispositif comprenant un ensemble d'échangeur(s) de chaleur en échange thermique avec le circuit de fluide à refroidir, le dispositif comprenant un réfrigérateur en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) de chaleur, le réfrigérateur étant du type à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle comprenant l'un au moins parmi : l'hélium, de l'hydrogène, de l'azote ou du néon, ledit le réfrigérateur comprenant, disposés en série dans un circuit de cycle : un mécanisme de compression du gaz de cycle, au moins un organe de refroidissement du gaz de cycle, un mécanisme de détente du gaz de cycle et au moins un organe de réchauffage du gaz de cycle détendu, dans lequel le mécanisme de compression comprend plusieurs étages de compression en série composés d'un ensemble de compresseur(s) de type centrifuge, les étages de compressions étant montés sur un ensemble d'arbres entraînés en rotation par un ensemble de moteur(s), le au moins un organe de refroidissement du gaz de cycle comprenant au moins un échangeur de chaleur disposé à la sortie d'au moins un étage de compression en échange thermique avec le circuit de cycle, ledit échangeur de chaleur étant refroidi par un fluide caloporteur.
- [0003] L'augmentation de la capacité d'un réfrigérateur/liquéfacteur cryogénique (c'est-à-dire de la puissance de réfrigération/liquéfaction délivrée) nécessite généralement une modification importante de l'architecture du cycle de réfrigération et l'apport d'équipements supplémentaires (compresseurs supplémentaires avec refroidisseurs en sortie).
- [0004] Un but est de limiter la complexité et le coût d'une telle installation sans impacter significativement l'efficacité globale du système et notamment de son système de compression.
- [0005] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.
- [0006] 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 le mécanisme de compression comprend au moins deux étages de compression disposés successivement en série et dépourvus d'un organe de refroidissement du gaz de cycle tel qu'un échangeur de chaleur entre eux.

[0007] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- [0008] – le mécanisme de compression comprend quatre étages de compression en série, l'organe de refroidissement du gaz de cycle comprenant trois échangeurs de chaleur de refroidissement disposés respectivement entre le premier et le second étage de compression entre le second et le troisième étage de compression et à la sortie du quatrième étage de compression,
- le dispositif comprend des échangeurs de chaleur de refroidissement disposés uniquement tous les deux étages de compression en série,
- l'ensemble des moteur(s) comprend plusieurs moteurs d'entraînement des étages de compression,
- l'ensemble de moteur(s) comprend un moteur respectif distinct pour chaque étage de compression,
- l'un au moins des moteurs est refroidi par un flux de gaz de cycle via au moins une conduite de dérivation d'une fraction du flux de gaz cycle alimentant le mécanisme de compression, la conduite de dérivation comprenant une extrémité amont raccordée à la sortie de l'un au moins des étages de compression pour prélever une fraction du flux de gaz de cycle,
- une extrémité aval d'au moins une conduite de dérivation est raccordée à l'entrée d'un étage de compression après son passage et échange de chaleur avec au moins un moteur,
- la au moins une conduite de dérivation comprend, entre son extrémité amont et son extrémité aval, une subdivision en au moins deux branches distinctes alimentant respectivement des moteurs distincts en vue de leur refroidissement,
- les au moins deux branches distinctes formées par la subdivision d'une conduite de dérivation comportent une jonction aval au sein d'une même portion de conduite,
- la au moins une conduite de dérivation comprend au moins un organe de refroidissement du gaz de cycle.
- le au moins un organe de refroidissement du gaz de cycle de la au moins une conduite de dérivation comprend un échangeur de chaleur de refroidissement,

[0009] De plus :

- [0010] – le gaz de cycle peut être constitué d'hélium ou un mélange comprenant au

- moins 50% d'hélium,
  - le gaz de cycle peut être constitué d'hydrogène ou un mélange comprenant au moins 50% d'hydrogène,
  - le gaz de cycle peut être constitué d'azote ou un mélange comprenant au moins 50% d'azote,
  - le mécanisme de compression peut comprendre uniquement des compresseurs de type centrifuge,
  - le fluide à refroidir peut comprendre l'un au moins parmi, de l'hydrogène, du gaz naturel, du biogaz, du méthane, de l'hélium.
- [0011] L'invention concerne également un procédé de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide utilisant un dispositif de réfrigération selon l'une quelconque des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous et comportant une étape de mise en circulation d'un fluide dans le circuit de fluide à refroidir et une étape de refroidissement dudit fluide via le froid produit par le réfrigérateur.
- [0012] Selon d'autres particularités possibles : le procédé comporte une étape de pilotage de la vitesse de rotation des étages de compression selon des vitesses indépendantes dans lequel, pendant au moins une phase de fonctionnement déterminée, la vitesse de rotation des étages de compression en série dépourvus d'un organe de refroidissement du gaz de cycle tel qu'un échangeur de chaleur entre eux est maintenue à une vitesse inférieure à la vitesse de rotation des étages de compressions munis à leur sortie d'un organe de refroidissement du gaz de cycle.
- [0013] 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.
- [0014] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :
- [0015] [fig.1] est une représentation schématique et partielle illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'un dispositif selon l'invention.
- [0016] Le dispositif 1 est configuré pour la réfrigération et/ou la liquéfaction cryogénique d'un fluide (tel que du gaz naturel, du biométhane ou de l'hydrogène par exemple mais sans que ceci soit limitatif). Le dispositif 1 comprend un circuit 3 de fluide à refroidir/liquéfier ayant une extrémité amont destinée à être reliée à une source 2 de fluide (gazeux par exemple) et une extrémité aval 23 destinée à être reliée à un organe de collecte du fluide refroidi ou liquéfié (un stockage par exemple).
- [0017] Le dispositif 1 comprend un ensemble d'échangeur(s) 6, 10 de chaleur en échange thermique avec le circuit 3 de fluide à refroidir.
- [0018] Le dispositif 1 comprend une source froide comportant un réfrigérateur 20 en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) 6, 10 de

chaleur.

- [0019] Le réfrigérateur 20 est cryogénique et du type à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle comprenant majoritairement de l'hélium et/ou de l'hydrogène et/ou de l'azote et/ou du néon.
- [0020] Par exemple, le gaz de cycle est constitué d'hélium pur ou un mélange comprenant au moins 50% d'hélium.
- [0021] De même, le gaz de cycle peut être constitué d'hydrogène pur ou un mélange comprenant au moins 50% d'hydrogène.
- [0022] De même, le gaz de cycle peut être constitué d'azote ou un mélange comprenant au moins 50% d'azote.
- [0023] Alternativement, le gaz de cycle peut être constitué de néon ou un mélange comprenant au moins 50% de néon.
- [0024] Bien entendu tout autre gaz de cycle ou mélange approprié peut être envisagée par exemple comprenant au moins l'un parmi : de l'hélium, de l'hydrogène, de l'azote, du néon, du méthane.
- [0025] Typiquement, le réfrigérateur 20 comprend, disposés en série dans un circuit 14 de cycle : un mécanisme 15 de compression du gaz de cycle, au moins un organe 7, 6, 10 de refroidissement du gaz de cycle, un mécanisme 17 de détente du gaz de cycle et au moins un organe 6,10 de réchauffage du gaz de cycle détendu.
- [0026] Le mécanisme de compression comprend plusieurs étages de compression 15 en série composés d'un ensemble de compresseur(s) de type centrifuge, les étages de compression étant montés sur un ensemble d'arbres entraînés en rotation par un ensemble de moteur(s) 18.
- [0027] Le au moins un organe de refroidissement du gaz de cycle comprend au moins un échangeur 7 de chaleur disposés à la sortie d'au moins un étage 15 de compression en échange thermique avec le circuit 14 de cycle. Ce au moins un échangeur 7 de chaleur peut être refroidi par un fluide caloporteur, par exemple de l'eau ou de l'air.
- [0028] L'ensemble d'échangeur(s) de chaleur peut comprendre un ou une pluralité d'échangeurs 6, 10 de chaleur disposés en série et dans lesquels deux portions distinctes du circuit 14 de cycle circulent simultanément à contre-courant pour respectivement le refroidissement et pour le réchauffage du gaz de cycle. La pluralité d'échangeurs de chaleur peut donc former à la fois un organe de refroidissement du gaz de cycle et un organe de réchauffage du gaz de cycle.
- [0029] Selon une particularité avantageuse, le mécanisme de compression comprend au moins deux étages de compression 15 disposés successivement en série et dépourvus d'un organe de refroidissement du gaz de cycle tel qu'un échangeur 7 de chaleur entre eux. C'est-à-dire que deux étages de compressions peuvent se succéder sans refroidissement inter-étages.

- [0030] Plus précisément, au moins un étage 15 de compression ne comporte pas à sa sortie d'échangeur 7 de refroidissement refroidi par un fluide caloporteur distinct du gaz de cycle (pas d'« aftercooler »). En revanche, le gaz de cycle en sortie de cet étage de compression peut le cas échéant entrer directement dans un échangeur 6, 10 de refroidissement à contre-courant refroidi par un flux plus froid de gaz de cycle.
- [0031] Ceci peut être avantageux pour modifier par exemple un dispositif existant de capacité donnée pour en augmenter la puissance de réfrigération.
- [0032] Dans le cas d'un gaz de cycle relativement «lourd» (c'est-à-dire qui chauffe de manière importante par compression centrifuge) tel que celui utilisé classiquement (typiquement un mélange d'hélium et d'azote), l'art antérieur prévoit de rajouter un échangeur de refroidissement (« intercooler ») supplémentaire afin que le gaz de cycle ne rentre trop chaud dans l'étage de compression suivant. Ceci, de manière à ne pas atteindre des températures trop élevées.
- [0033] Pour des gaz plus légers comme l'hélium ou l'hydrogène, on utilise classiquement des compresseurs volumétriques où un seul étage de compression est suivi par un échangeur de refroidissement.
- [0034] L'invention va à l'encontre des préjugés puisque l'efficacité globale de compression peut baisser par rapport aux systèmes connus (le dernier étage de compression travaillant à plus haute température). Cependant, notamment dans le cas des gaz de cycles très légers (masse molaire inférieure à 30g/mol et notamment inférieure à 20 g/mol ou inférieure à 10 g/mol), la perte de performance de la compression moins isotherme selon l'invention et plus que compensée par la diminution des pertes de charge (du fait du nombre moindre d'échangeur de refroidissement).
- [0035] De plus, l'économie de matériel est significative (échangeur(s) de refroidissement et circuiterie associée notamment).
- [0036] Ceci est particulièrement avantageux en cas d'ajout d'un compresseur en aval sur un dispositif existant (un seul équipement ajouté, module : compresseur + moteur) qui peut être identique au module de compression précédent. Ceci ne demande pas ou peu de modifications du et de conception.
- [0037] Le dernier étage de compression ajouté sans refroidissement en sortie peut être facilement intégré. L'intérêt est une meilleure compétitivité du nouveau système et une certaine versatilité via un ajout sur site d'un étage de compression supplémentaire à moindre coût, notamment si on souhaite augmenter la production d'une installation après plusieurs années de fonctionnement.
- [0038] Dans l'exemple illustré non limitatif, le mécanisme de compression comprend quatre étages (roues) de compression 15 en série et des refroidissements en sortie 7 uniquement des premier, deuxième et quatrième étages de compression. C'est-à-dire que le gaz de cycle n'est pas refroidi entre les troisième et quatrième étages de com-

pression.

- [0039] Ainsi, le dispositif garde une augmentation de température due à la compression centrifuge (relativement) faible afin de ne pas avoir besoin d'un intercooler entre chaque étage de compression. Ceci permet de gagner en coût et compacité tout en limitant l'impact sur l'efficacité globale du système de compression.
- [0040] Bien entendu toute autre configuration est possible en terme de nombre d'étage de compression et du ou des étages dépourvus de refroidissement en sortie, par exemple il est possible d'envisager une architecture avec un échangeur 7 de chaleur de refroidissement disposé uniquement tous les deux étages de compression 15 en série (ou tous les trois étages de compression en série). Dans d'autres configurations possibles, par exemple un dispositif avec trois étages de compression en série dont les deux premiers étages sont munis à leur sortie d'un échangeur de chaleur de refroidissement, en sortie du troisième étage de compression le gaz de cycle peut entrer ensuite directement dans un échangeur à contre-courant du dispositif de réfrigération puis ensuite entrer dans un étage de détente (par exemple une unique turbine). En sortie de l'étage de détente le gaz de cycle peut ensuite être mis en échange thermique avec le circuit de gaz à refroidir (typiquement dans un échangeur de chaleur). Ensuite, après cet échange avec le fluide à refroidir le gaz de cycle peut passer dans un échangeur à contre-courant dans lequel il se réchauffe en refroidissant le flux sortant de l'étage de compression précité. Ce gaz de cycle réchauffé peut ensuite entrer à nouveau dans le premier étage de compression pour recommencer un cycle.
- [0041] De préférence, l'ensemble des moteur(s) 18 comprend plusieurs moteurs d'entraînement des étages de compression.
- [0042] Dans l'exemple illustré, un moteur 18 respectif est prévu pour chaque étage de compression. Bien sûr un moteur 18 pourrait entraîner plusieurs étages de compression (montés sur un même arbre de sortie par exemple). De même une ou des turbines 17 pourraient être montée(s) sur l'arbre d'un moteur 18 qui entraîne un ou des étage(s) de compression.
- [0043] L'un au moins des moteurs 18 peut être refroidi par un flux de gaz de cycle.
- [0044] Comme illustré au moins une conduite 4, 5, 9 de dérivation peut être prévue pour prélever une fraction du flux de gaz cycle alimentant le mécanisme de compression. La conduite de dérivation 4 peut comprendre une extrémité amont raccordée à la sortie de l'un au moins des étages 15 de compression (par exemple en aval du premier étage de compression 15, notamment après refroidissement 7) pour prélever une fraction du flux de gaz de cycle.
- [0045] L'extrémité aval de la conduite de dérivation peut être raccordée à l'entrée d'un autre étage de compression après son passage et échange de chaleur avec au moins un moteur 18 (par exemple en amont du premier étage de compression 15 dans cet

exemple).

- [0046] La conduite 4 de dérivation peut comprendre, entre son extrémité amont et son extrémité aval, au moins une subdivision en au moins deux branches distinctes 5, 9 alimentant respectivement des moteurs distincts 18 en vue de leur refroidissement. C'est-à-dire qu'un circuit de refroidissement peut ainsi être prévu pour refroidir tout ou partie des moteurs 18.
- [0047] Ainsi, tout ou partie des moteurs 18 peut être refroidi par le gaz de cycle piqué à différents niveaux de pression du circuit.
- [0048] Comme illustré, les au moins deux branches distinctes 5, 9 formées par la subdivision d'une conduite 4 de dérivation peuvent comporter une jonction aval au sein d'une même portion de conduite.
- [0049] La au moins une conduite de dérivation peut comprendre au moins un organe 8 de refroidissement du gaz de cycle, par exemple au moins un échangeur 8 de chaleur de refroidissement pour refroidir le flux après l'échange thermique avec au moins un moteur 18.
- [0050] De façon avantageuse, la vitesse de rotation des (deux) derniers étages de compression (roues de compression) peut être diminuée relativement aux autres étages pour limiter leur taux de compression et le réchauffement du fluide de cycle. Ceci permet d'éviter d'atteindre des températures trop importantes susceptibles d'endommager les équipements.
- [0051] Cette invention est particulièrement adaptée aux réfrigérateurs dont le gaz de cycle est un gaz léger c'est-à-dire ayant une masse molaire comprise entre 2 et 30g/mol et de préférence entre 2 et 20g/mol. En effet, dans ce cas, la baisse en performance de compression résultant de l'absence de refroidissement inter-étage de compression est largement compensée par le gain structurel, en coût et par la simplicité d'implémentation.
- [0052] Bien entendu, l'invention peut être utilisée avec un gaz de cycle plus lourd (dans ce cas les taux de compression de chaque étage de compression sont de préférence réduits).
- [0053] Comme illustré, le système de refroidissement du gaz de cycle peut comprendre un échangeur de chaleur, disposé à la sortie d'au moins une partie des turbines 17 à l'exclusion de la dernière turbine 17 en série selon le sens de circulation du gaz de cycle.
- [0054] Le dispositif 1 peut comporter plus d'étages de compression 15 que de turbines 17.

## Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide tel que du gaz naturel ou de l'hydrogène, comprenant un circuit (3) de fluide à refroidir ayant une extrémité amont destinée à être reliée à une source (2) de fluide gazeux et une extrémité aval (23) destinée à être reliée à un organe de collecte du fluide refroidi ou liquéfié, le dispositif (1) comprenant un ensemble d'échangeur(s) (6, 10) de chaleur en échange thermique avec le circuit (3) de fluide à refroidir, le dispositif (1) comprenant un réfrigérateur (20) en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) (6, 10) de chaleur, le réfrigérateur (20) étant du type à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle comprenant l'un au moins parmi : l'hélium, de l'hydrogène, de l'azote ou du néon, ledit réfrigérateur (20) comprenant, disposés en série dans un circuit (14) de cycle : un mécanisme (15) de compression du gaz de cycle, au moins un organe (7, 6, 10) de refroidissement du gaz de cycle, un mécanisme (17) de détente du gaz de cycle et au moins un organe (6, 10) de réchauffage du gaz de cycle détendu, dans lequel le mécanisme de compression comprend plusieurs étages de compression (15) en série composés d'un ensemble de compresseur(s) de type centrifuge, les étages de compressions (15) étant montés sur un ensemble d'arbres entraînés en rotation par un ensemble de moteur(s) (18), le au moins un organe (7, 6, 10) de refroidissement du gaz de cycle comprenant au moins un échangeur (7) de chaleur disposé à la sortie d'au moins un étage (15) de compression en échange thermique avec le circuit (14) de cycle, ledit échangeur (7) de chaleur étant refroidi par un fluide caloporteur, caractérisé en ce que le mécanisme de compression comprend au moins deux étages de compression (15) disposés successivement en série et dépourvus d'un organe de refroidissement du gaz de cycle tel qu'un échangeur (7) de chaleur entre eux.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mécanisme de compression comprend quatre étages de compression (15) en série, l'organe de refroidissement du gaz de cycle comprenant trois échangeurs (7) de chaleur de refroidissement disposés respectivement entre le premier et le second étage de compression (15), entre le second et le troisième étage de compression (15) et à la sortie du quatrième étage de compression (15).
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des

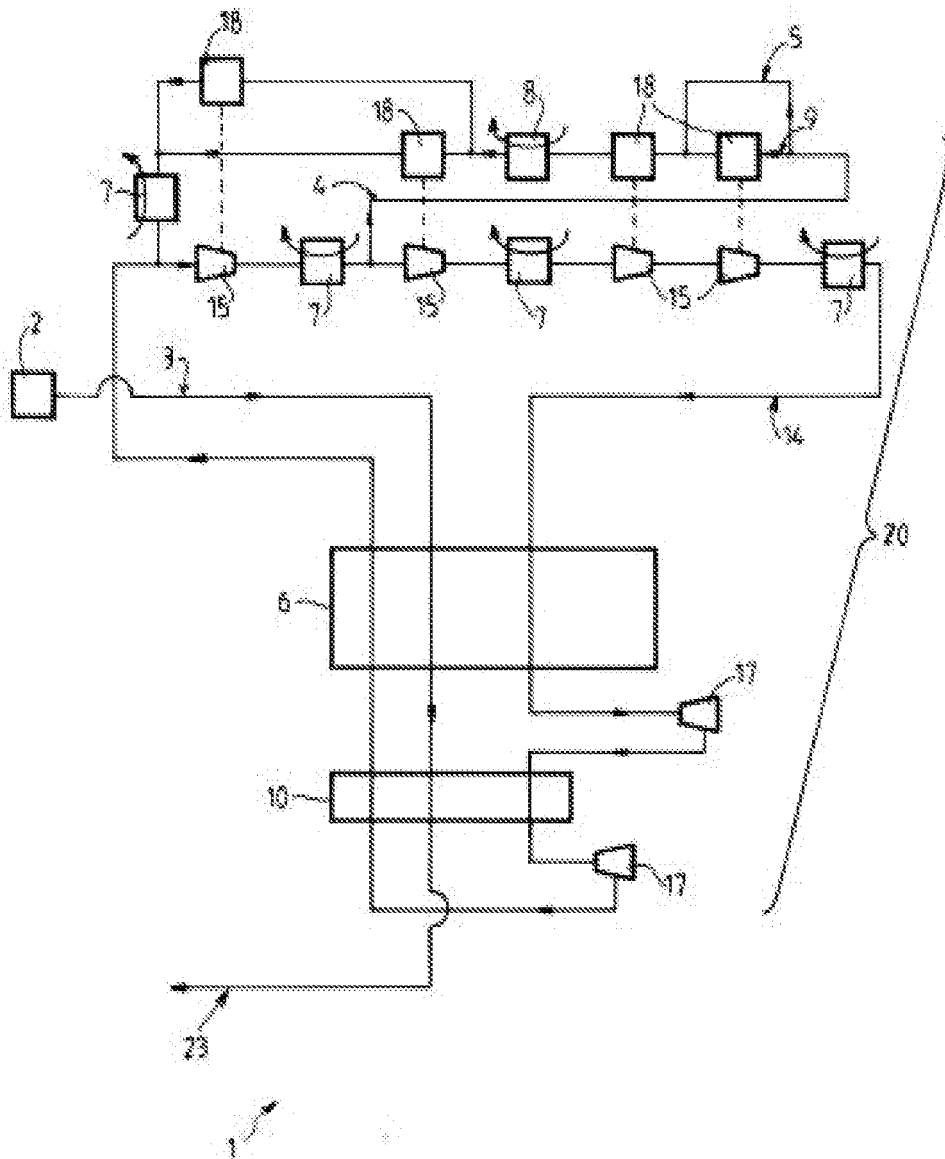
- échangeurs (7) de chaleur de refroidissement disposés uniquement tous les deux étages de compression (15) en série.
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'ensemble des moteur(s) (18) comprend plusieurs moteurs d'entraînement des étages de compression.
- [Revendication 5] Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'ensemble de moteur(s) (18) comprend un moteur (18) respectif distinct pour chaque étage de compression (15).
- [Revendication 6] Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que l'un au moins des moteurs (18) est refroidi par un flux de gaz de cycle via au moins une conduite (4, 5, 9) de dérivation d'une fraction du flux de gaz cycle alimentant le mécanisme de compression, la conduite de dérivation (4, 5, 9) comprenant une extrémité amont raccordée à la sortie de l'un au moins des étages (15) de compression pour prélever une fraction du flux de gaz de cycle.
- [Revendication 7] Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une extrémité aval d'au moins une conduite (4, 5, 9) de dérivation est raccordée à l'entrée d'un étage de compression après son passage et échange de chaleur avec au moins un moteur (18).
- [Revendication 8] Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la au moins une conduite (4, 5) de dérivation comprend, entre son extrémité amont et son extrémité aval, une subdivision en au moins deux branches distinctes (5, 9) alimentant respectivement des moteurs distincts (18) en vue de leur refroidissement.
- [Revendication 9] Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les au moins deux branches distinctes (5, 9) formées par la subdivision d'une conduite (4) de dérivation comportent une jonction aval au sein d'une même portion de conduite.
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendication 6 à 9, caractérisé en ce que la au moins une conduite (4, 5, 9) de dérivation comprend au moins un organe (8) de refroidissement du gaz de cycle.
- [Revendication 11] Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le au moins un organe (8) de refroidissement du gaz de cycle de la au moins une conduite (4, 5, 9) de dérivation comprend un échangeur (8) de chaleur de refroidissement.
- [Revendication 12] Procédé de réfrigération ou de liquéfaction d'un fluide utilisant un dispositif de réfrigération selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de mise en circulation

d'un fluide dans le circuit (3) de fluide à refroidir et une étape de refroidissement dudit fluide via le froid produit par le réfrigérateur (20).

[Revendication 13]

Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de pilotage de la vitesse de rotation des étages de compression selon des vitesses indépendantes dans lequel, pendant au moins une phase de fonctionnement déterminée, la vitesse de rotation des étages de compression (15) en série dépourvus d'un organe de refroidissement du gaz de cycle tel qu'un échangeur (7) de chaleur entre eux est maintenue à une vitesse inférieure à la vitesse de rotation des étages de compressions (15) munis à leur sortie d'un organe de refroidissement du gaz de cycle.

[Fig. 1]





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

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

N° d'enregistrement national

FA 888748  
FR 2101244

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	N. Saji ET AL: "Design of oil-free simple turbo type 65 K/6 KW helium and neon mixture gas refrigerator for high temperature superconducting power cable cooling",  15 mai 2002 (2002-05-15), pages 893-900, XP055598218, DOI: <a href="https://doi.org/10.1063/1.1472109">https://doi.org/10.1063/1.1472109</a> Extrait de l'Internet: URL: <a href="https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.1472109?class=pdf">https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.1472109?class=pdf</a> [extrait le 2019-06-20]	1,4,5,12	F25J1/02 F25B9/10
A	* figures 2,3 *	2,3	
A	JP H05 203343 A (CHODENDO HATSUDEN KANREN KIKI) 10 août 1993 (1993-08-10) * figure 1 *	2,3	
A	HANS QUACK ET AL: "Helium, a Refrigerant with High Potential for the Temperature Range between 27 and 70 K", PHYSICS PROCEDIA, vol. 67, 1 janvier 2015 (2015-01-01), pages 176-182, XP055629044, AMSTERDAM, NL ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/j.phpro.2015.06.031 * figure 2 *	2,3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  F25J
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 octobre 2021		Schopfer, Georg	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C35)

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

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

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement  
national

FA 888748  
FR 2101244

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	BERSTAD D O ET AL: "Large-scale hydrogen liquefier utilizing mixed-refrigerant pre-cooling", INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., BARKING, GB, vol. 35, no. 10, 1 mai 2010 (2010-05-01), pages 4512-4523, XP027028434, ISSN: 0360-3199 [extrait le 2010-04-24] * figure 3 *	2,3	
A	VALENTI GIANLUCA ET AL: "Proposal of an innovative, high-efficiency, large-scale hydrogen liquefier", INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., BARKING, GB, vol. 33, no. 12, 15 mai 2008 (2008-05-15), pages 3116-3121, XP029238020, ISSN: 0360-3199, DOI: 10.1016/J.IJHYDENE.2008.03.044 * figure 2 *	2,3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 octobre 2021		Schopfer, Georg	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION  
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

FA 888748  
FR 2101244

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-5, 12

quatre étages de compression en série, l'organe de refroidissement du gaz de cycle comprenant trois échangeurs de chaleur de refroidissement

---

2. revendications: 6-11

refroidissement des moteurs

---

3. revendication: 13

pilotage de la vitesse de rotation des étages de compression selon des vitesses indépendantes

---

La première invention a été recherchée.

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2101244 FA 888748**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-10-2021**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP H05203343	A	10-08-1993	AUCUN
-----			