



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.04.2012 Bulletin 2012/17

(51) Int Cl.:
F25B 1/10 (2006.01) F25B 9/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11184054.2**

(22) Date de dépôt: **06.10.2011**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(30) Priorité: **22.10.2010 FR 1058632**

(71) Demandeur: **L'Air Liquide Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude**
75007 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Bernhardt, Jean-Marc**
38500 LA BUISSE (FR)
• **Delcayre, Franck**
RIVES SUR FURE 38140 (FR)
• **Grillot, David**
38140 RIVES (FR)

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

(54) **Procédé et dispositif de refroidissement/liquéfaction à basse température**

(57) Procédé de refroidissement/liquéfaction à basse température d'un gaz de travail à faible masse molaire, le procédé utilisant un premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) comprenant une station (2) de compression du gaz de travail et une boîte froide (3) destinée à refroidir le gaz de travail en sortie de la station (2) de compression, le procédé comportant :

- une étape de compression,
- une étape de refroidissement du gaz de travail comprimé lors de l'étape de compression,

l'étape de compression utilisant à la fois des machines de compression du type à vis lubrifiées (EC1, EC2) et de machines de compression de type centrifuge (EC3, EC4), le procédé étant caractérisé en ce que l'étape de compression utilise sélectivement au moins une machine de compression (EC3) appartenant à une station de compression (12) d'un second réfrigérateur/liquéfacteur (11) distinct dudit premier réfrigérateur/liquéfacteur (1), le second réfrigérateur/liquéfacteur (11) utilisant un fluide de travail de même nature que celui du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1).

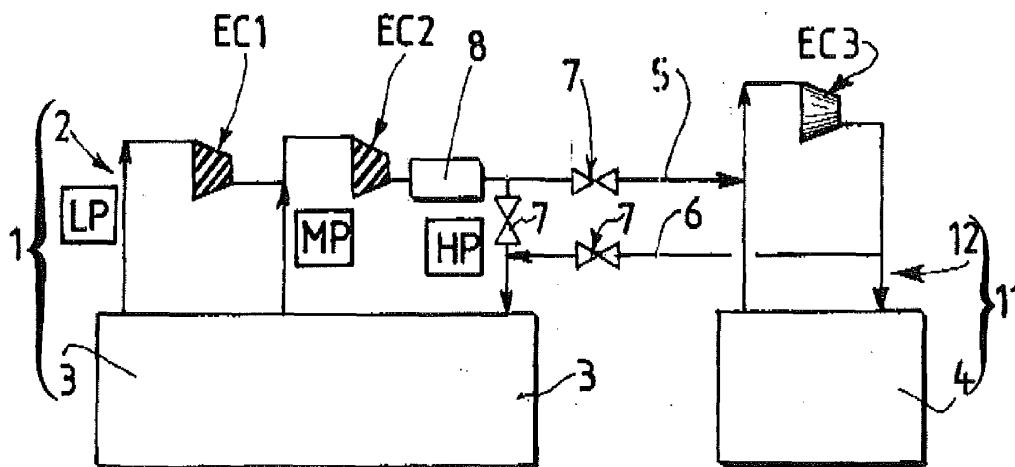


FIG.3

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et une installation de refroidissement/liquéfaction à basse température.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un procédé et une installation de refroidissement/liquéfaction à très basse température (par exemple jusqu'à 4,5K).

[0003] L'invention concerne notamment un procédé de réfrigération à basse température dans lequel un gaz de faible masse molaire (par exemple l'hydrogène ou l'hélium) est utilisé comme fluide réfrigérant pour atteindre des températures de réfrigération très basses (par exemple 4,5 K pour l'hélium). L'obtention d'une réfrigération à des températures de 30 K et plus basses nécessite généralement l'utilisation d'un réfrigérant tel que l'hélium. L'hélium est comprimé à une extrémité chaude d'une boucle ou circuit, puis refroidi et détendu dans la partie froide de la boucle. La majeure partie du réfrigérant est réchauffée par échange et recyclée dans l'étape de compression. Dans certaines applications, une fraction du gaz de travail peut être liquéfiée.

[0004] L'invention concerne en particulier un procédé de refroidissement/liquéfaction à basse température d'un gaz de travail à faible masse molaire, c'est-à-dire ayant une masse molaire globale moyenne inférieure à 10g/mol tel que l'hélium gazeux pur, le procédé utilisant un premier réfrigérateur/liquéfacteur comprenant une station de compression du gaz de travail et une boîte froide destinée à refroidir le gaz de travail en sortie de la station de compression, le procédé comportant :

- une étape de compression durant laquelle le gaz de travail est comprimé dans la station de compression selon plusieurs étages de compression) utilisant chacun une ou plusieurs machines de compression,
- une étape de refroidissement du gaz de travail comprimé lors de l'étape de compression dans la boîte froide jusqu'à une température froide déterminée, l'étape de compression utilisant à la fois des machines de compression du type à vis lubrifiées et de machines de compression de type centrifuge.

[0005] La compression des cycles de liquéfaction/réfrigération utilisant l'hélium comme gaz de travail est généralement réalisée via un ou plusieurs étages de compresseur de type à vis lubrifiées. Le gaz comprimé est ensuite traité dans un système de déshuilage.

[0006] Après sa compression et son déshuilage le gaz de faible masse molaire est refroidi et détendu dans des turbines de détente cryogéniques pour atteindre le niveau de température requis. Les frigories non utilisées par l'utilisateur du réfrigérateur/liquéfacteur sont ensuite transmises au fluide de travail à haute pression pour le refroidir dans les échangeurs de chaleur. Le gaz de travail à basse et moyenne pression du circuit retourne à l'aspiration des compresseurs.

[0007] La demande FR2919716A1 décrit l'utilisation

de compresseurs de types centrifuges pour remplacer tout ou partie des compresseurs du type à vis lubrifiées dans ces stations de compressions.

[0008] Le taux de compression des compresseurs de type centrifuge est cependant limité. Par exemple, il est difficile de dépasser une pression 17 bar avec uniquement deux compresseurs multi-étagés.

[0009] De plus, le coût d'un compresseur multi-étagé est relativement important ce qui limite son utilisation aux très grands systèmes de liquéfaction/réfrigération. Certains liquéfacteurs/réfrigérateurs de grande taille existants ont cependant des pressions de fonctionnement autour de 20 à 21 bar. La régulation en débit et en pression d'un compresseur de type centrifuge est par ailleurs limitée en amplitude. Ceci peut être pénalisant en ce qui concerne la consommation d'énergie lors des fonctionnements à marche réduite.

[0010] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

[0011] A cette fin, le procédé selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que l'étape de compression utilise sélectivement au moins une machine de compression appartenant à une station de compression d'un second réfrigérateur/liquéfacteur distinct dudit premier réfrigérateur/liquéfacteur, le second réfrigérateur/liquéfacteur utilisant un fluide de travail de même nature que celui du premier réfrigérateur/liquéfacteur.

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

- la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur comprend des machines de compression du type à vis lubrifiées, la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur comprenant au moins une machine de compression du type à compression centrifuge,
- la sortie de la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur est reliée fluidiquement sélectivement avec l'entrée et avec la sortie d'un étage de compression de la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur via un système de conduites et de vannes,
- l'étape de compression utilise sélectivement au moins une machine de compression tampon disposé en série entre la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur et la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur,

[0013] L'invention concerne également une installation comprenant deux réfrigérateurs/liquéfacteurs distincts destinés à fournir des frigories à deux applications consommatrices distinctes, les deux réfrigérateurs/liquéfacteurs utilisant un gaz de travail de même nature ayant une faible masse molaire, c'est-à-dire ayant une masse

molaire globale moyenne inférieure à 10g/mol tel que l'hélium gazeux pur, chaque réfrigérateur/liquéfacteur comprenant sa propre station de compression du gaz de travail et sa propre boîte froide destinée à refroidir le gaz de travail en sortie de la station de compression, la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur comprenant des machines de compression du type à vis lubrifiées, la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur comprenant au moins une machine de compression du type à compression centrifuge, la sortie de la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur étant reliée fluidiquement, via une boucle de dérivation, à un étage de compression de la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur comprenant au moins une machine de compression du type à compression centrifuge, de sorte que la machine de compression du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur est disposée en série avec les machines de compression de la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur, pour suppléer sélectivement la compression réalisée par la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur avant l'entrée du gaz de travail dans la boîte froide du premier réfrigérateur/liquéfacteur.

[0014] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- une première conduite relie fluidiquement la sortie de la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur à une entrée d'une machine de compression du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur, une seconde conduite reliant la sortie de ladite machine de compression du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur à l'entrée de la boîte froide du premier réfrigérateur/liquéfacteur, l'installation comprenant un système de vannes commandés pour utiliser sélectivement ladite machine de compression du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur dans le cycle de travail du premier réfrigérateur/liquéfacteur,
- l'installation comprend une machine de compression tampon disposée en série entre la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur et la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur,
- l'entrée de la machine de compression tampon est raccordée à la première conduite, la sortie de la machine de compression tampon étant raccordée à la seconde conduite,
- la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur comprend un premier étage de compression du gaz de travail ayant un taux de compression compris entre quatre et cinq et un second étage de compression ayant un taux de compression compris entre trois et quatre,
- les deux réfrigérateurs/liquéfacteurs sont dimen-

sionnés pour fonctionner à des températures de réfrigération/liquéfaction différentes,

- la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur comprend uniquement des machines de compression du type à vis lubrifiées,
- la station de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur comprend un appareil de déshuilage du gaz de travail, ledit appareil de déshuilage étant situé dans le cycle, en aval des machines de compression de type à vis lubrifiées du premier réfrigérateur/liquéfacteur et en amont de la machine de compression de la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur,
- chaque réfrigérateur/liquéfacteur soumet son gaz de travail à cycle comprenant une étape de refroidissement à basse température d'au moins un organe utilisateur respectif par échange thermique entre le gaz de travail refroidi, le gaz de travail ayant échangé thermiquement avec son organe utilisateur étant ensuite renvoyé au moins en partie vers la station de compression correspondante,
- la machine de compression tampon comprend une ou des machines de compression du type à compression centrifuge.

[0015] L'invention peut concerner également tout dispositif ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous.

[0016] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

- la figure 1 représente une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un premier exemple de réfrigérateur/liquéfacteur,
- la figure 2 représente une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un second exemple de réfrigérateur/liquéfacteur,
- la figure 3 représente une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un premier exemple d'installation de réfrigérateurs/liquéfacteurs selon l'invention,
- la figure 4 représente une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un second exemple d'installation de réfrigérateurs/liquéfacteurs selon l'invention.

[0017] Les figures 1 et 2 illustrent des exemples possibles de réfrigérateurs/liquéfacteurs de mise en oeuvre de la solution décrite dans la demande FR2919716A1. Ces réfrigérateurs/liquéfacteurs 1 combinent, au sein de leur station de compression 2, des compresseurs de type à vis lubrifiées EC1, EC2 et des compresseurs de type à compression centrifuge EC3. Ces deux types de compresseurs pouvant fonctionner de manière indépendante ou combinée. Le fluide en aspiration du compresseur de type à compression centrifuge est toujours exempt d'huile.

[0018] Dans l'exemple de la figure 1, la station 2 de compression comprend deux étages de compression (le gaz est comprimé dans le premier étage de la pression basse LP à une pression moyenne MP puis le gaz est comprimé dans le second étage de compression de la pression moyenne MP à la pression haute HP). Le premier étage comprend deux compresseurs montés en parallèle (un compresseur de type centrifuge EC3 et un compresseur de type à vis EC1). Le compresseur centrifuge EC3 est de préférence multi-étagé pour permettre un taux de compression similaire aux niveaux de pression existants (en général de 1,05 bar jusqu'à 4 à 5 bar). Cette solution permet de réduire la puissance électrique consommée de la partie basses pression du cycle de compression

[0019] Le deuxième étage de compression comprend un compresseur EC2 de type à vis lubrifiées. En sortie du second étage de compression un organe 8 de déshuilage purifie le gaz avant son entrée dans la boîte froide 3.

[0020] Dans l'exemple de la figure 2, la station 2 de compression comprend deux étages de compression de type à vis lubrifiées EC1, EC2 en série avec un compresseur EC3 du type centrifuge. Un organe 8 de déshuilage est disposé entre d'une part les deux étages de compression à vis lubrifiées EC1, EC2 et, d'autre part, le compresseur du type centrifuge EC3.

[0021] Le compresseur EC3 centrifuge est par exemple à simple étage ou multi-étagé en fonction du taux de compression requis. Si l'on souhaite augmenter la capacité du liquéfacteur/réfrigérateur, le taux de compression de l'étage supplémentaire centrifuge EC3 peut être faible et un seul étage de compression peut être suffisant. Si l'on souhaite en revanche réduire la consommation électrique, le taux de compression sera choisi en fonction du prix d'investissement et gain énergétique sur l'ensemble combinant les deux types de compression (vis+ centrifuge). En effet, à puissance de réfrigérateur égale, l'ajout d'un étage de compression centrifuge nécessite une réduction du taux de compression de l'étage de compression à vis. Les composants existants de la station de compression à vis étant optimisés pour une utilisation déterminée, la possibilité de réduction du taux de compression de cet étage peut donc être limitée.

[0022] Il est également possible d'ajouter un compresseur de type centrifuge en parallèle avec de la partie haute pression de la station de compression existante. Ceci nécessite cependant un compresseur centrifuge multi-étagé avec un taux de compression élevé et l'ajout d'un système de déshuilage sur la sortie des compresseurs de type à vis de la partie basse pression. Cette dernière possibilité semble cependant plus coûteuse en terme d'investissement que les précédentes solutions.

[0023] Les compresseurs de type centrifuge sont ainsi installés de préférence soit après le déshuilage final de la station de compression à vis lubrifiées, soit avant le premier étage de compression à vis lubrifiées afin d'éviter toute migration de l'huile vers le système de compression

centrifuge.

[0024] Comme visible aux figures 1 et 2, un compresseur EC3 de type centrifuge peut donc être installé en parallèle ou en supplément d'un étage de compression de type à vis. Ceci permet de réduire la consommation électrique de l'unité. En effet, le rendement global de la compression est bien meilleur avec la compression de type centrifuge.

[0025] L'installation représentée à la figure 3 comprend deux réfrigérateurs/liquéfacteurs 1, 11 distincts destinés à fournir des frigories à deux applications consommatrices distinctes. Par exemple, les deux réfrigérateurs/liquéfacteurs 1, 11 fonctionnent à des températures, pressions et débits différents. Les deux réfrigérateurs/liquéfacteurs 1, 11 utilisent un gaz de travail de même nature, par exemple de l'hélium pur.

[0026] Chaque réfrigérateur/liquéfacteur 1, 11 comprenant sa propre station 2, 12 de compression du gaz de travail et sa propre boîte froide 3, 4.

[0027] La station 2 de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1 comprend par exemple deux étages de compression utilisant des machines de compression du type à vis lubrifiées EC1, EC2. Un système de déshuilage 8 est prévu à la sortie du second étage de compression EC2.

[0028] La station de compression 12 du second réfrigérateur/liquéfacteur 11 comprend quant à elle au moins une machine de compression EC3 du type à compression centrifuge.

[0029] Selon une particularité avantageuse, la station de compression 2 du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1 est reliée fluidiquement en série, via une boucle de dérivation, à la machine de compression EC3 du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur 11.

[0030] Par exemple, une première conduite 5 relie fluidiquement la sortie de l'organe 8 de déshuilage à une entrée d'une machine de compression EC3 du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur 11.

[0031] Une seconde conduite 6 relie quant à elle la sortie de ladite machine de compression EC3 du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur 11 à l'entrée de la boîte froide 3 du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1. Un système de vannes 7 commandées disposées sur les conduites 5, 6 permet de réguler sélectivement le flux de gaz de travail vers ladite machine de compression EC3 du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur 11. De cette façon, on contrôle l'utilisation de la machine de compression EC3 du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur 11 dans le cycle de travail du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1.

[0032] Cette architecture permet de réduire le nombre de compresseurs nécessaires, notamment par rapport à l'architecture des figures 1 et 2 car aucun compresseur n'est ajouté, seule la taille d'un compresseur préexistant est éventuellement augmentée.

[0033] La station 2 de compression à vis (du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1) peut ainsi être optimisée pour un taux de compression plus faible que celui qui serait requis sans l'utilisation de l'appoint fourni par le compresseur EC3 du réfrigérateur/liquéfacteur 11.

[0034] Habituellement le premier étage de compression nécessite un ratio de compression de quatre ou cinq (EC1, compression de la basse pression LP à la moyenne pression MP) et le second étage de compression nécessite un ratio de compression de trois et demi à quatre sur (EC2, compression de la moyenne pression MP à la haute pression HP).

[0035] Le compresseur centrifuge EC3 du second réfrigérateur/liquéfacteur 11 assure alors le complément de compression avec le taux de compression fixé par l'application.

[0036] Cette solution bien qu'avantageuse présente un inconvénient lorsque le point de fonctionnement ne nécessite pas l'appoint du compresseur centrifuge EC3 du second réfrigérateur/liquéfacteur 11 (en cas de réduction du débit de gaz de travail par exemple).

[0037] Le mode de réalisation de la figure 4 se distingue de celui de la figure 3 uniquement en ce qu'une machine de compression EC4 tampon supplémentaire est disposée en série entre la station de compression 2 du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1 et la station de compression 12 du second réfrigérateur/liquéfacteur 11. Par soucis de concision, les éléments identiques à ceux décrits ci-dessus sont désignés par les mêmes références numériques et ne sont pas décrits une seconde fois.

[0038] La machine de compression EC4 tampon est de préférence du type à compression centrifuge. L'entrée de la machine de compression EC4 tampon est raccordée à la première conduite 5. La sortie de la machine de compression EC4 tampon est raccordée à la seconde conduite 6.

[0039] Cette configuration permet de réaliser une station de compression centrifuge (second réfrigérateur/liquéfacteur 11) en série avec la station de compression de type à vis du premier liquéfacteur/réfrigérateur 1. Cette configuration permet de prévoir des tailles compresseurs et des taux de compression compatibles d'un réfrigérateur/liquéfacteur à l'autre.

[0040] Dans cette solution, les deux compresseurs de type centrifuge EC3, EC4 sont indépendants. Si le réfrigérateur EC3 du second réfrigérateur/liquéfacteur doit réduire sa charge, le taux de compression des stations de compression de type vis EC1, EC2 et du compresseur tampon EC4 centrifuge peuvent être ajustés. La station de compression 12 du second réfrigérateur/liquéfacteur 11 reste indépendante du fonctionnement du premier réfrigérateur/liquéfacteur 1.

[0041] En revanche, si un problème survient sur la station de compression du second réfrigérateur/liquéfacteur 11, le compresseur centrifuge tampon EC4 peut se substituer à celui du second réfrigérateur/liquéfacteur 11, par exemple le temps de la réparation.

[0042] L'invention permet ainsi de combiner avanta-

geusement deux types de compression sur un même cycle : une compression à vis lubrifiée et une compression centrifuge.

[0043] L'invention permet une amélioration du rendement globale de la station 2 de compression avec un investissement raisonnable.

[0044] La combinaison de station de compression à vis 2 et centrifuge 12 sur un même site prévues pour des applications différentes permet d'ajouter un ou plusieurs étages de compression centrifuge à un réfrigérateur/liquéfacteur 1 utilisant des compresseurs du type à vis.

[0045] De même, l'invention permet de remplacer un étage de compression à vis d'un premier réfrigérateur/liquéfacteur 1 par un ou plusieurs étages de compression centrifuge d'un second réfrigérateur/liquéfacteur 11.

[0046] La station de compression centrifuge ainsi utilisée permet une régulation de pression de refoulement plus simple et plus rapide que la technologie à vis et permet au réfrigérateur/liquéfacteur de répondre plus rapidement à des charges pulsées de l'application qui nécessite les frigories.

[0047] L'invention peut s'appliquer notamment à toute unité de réfrigération/liquéfaction de grande capacité de liquéfaction ou de réfrigération utilisant de l'hélium ou un gaz rare.

Revendications

1. Procédé de refroidissement/liquéfaction à basse température d'un gaz de travail à faible masse molaire, c'est-à-dire ayant une masse molaire globale moyenne inférieure à 10g/mol tel que l'hélium gazeux pur, le procédé utilisant un premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) comprenant une station (2) de compression du gaz de travail et une boîte froide (3) destinée à refroidir le gaz de travail en sortie de la station (2) de compression, le procédé comportant :

- une étape de compression durant laquelle le gaz de travail est comprimé dans la station (2) de compression selon plusieurs étages de compression (EC1, EC2, EC3, EC4) utilisant chacun une ou plusieurs machines de compression,
- une étape de refroidissement du gaz de travail comprimé lors de l'étape de compression dans la boîte froide (3) jusqu'à une température froide déterminée,

l'étape de compression utilisant à la fois des machines de compression du type à vis lubrifiées (EC1, EC2) et de machines de compression de type centrifuge (EC3, EC4), le procédé étant **caractérisé en ce que** l'étape de compression utilise sélectivement au moins une machine de compression (EC3) appartenant à une station de compression (12) d'un second réfrigérateur/liquéfacteur (11) distinct dudit premier réfrigérateur/liquéfacteur (1), le second réfrigérateur/li-

quéfacteur (11) utilisant un fluide de travail de même nature que celui du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) comprend des machines de compression du type à vis lubrifiées (EC1, EC2), la station de compression (12) du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) comprenant au moins une machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge. 5
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la sortie de la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) est reliée fluidiquement sélectivement avec l'entrée et avec la sortie d'un étage de compression (EC3) de la station de compression (12) du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) via un système de conduites (5, 6) et de vannes (7). 10 15 20
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'étape de compression utilise sélectivement au moins une machine de compression (EC4) tampon disposé en série entre la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) et la station de compression (12) du second réfrigérateur/liquéfacteur (11). 25 30
5. Installation comprenant deux réfrigérateurs/liquéfacteurs (1, 11) distincts destinés à fournir des frigories à deux applications consommatrices distinctes, les deux réfrigérateurs/liquéfacteurs (1, 11) utilisant un gaz de travail de même nature ayant une faible masse molaire, c'est-à-dire ayant une masse molaire globale moyenne inférieure à 10g/mol tel que l'hélium gazeux pur, chaque réfrigérateur/liquéfacteur (1, 11) comprenant sa propre station (2, 12) de compression du gaz de travail et sa propre boîte froide (3, 4) destinée à refroidir le gaz de travail en sortie de la station (2, 12) de compression, la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) comprenant des machines de compression du type à vis lubrifiées (EC1, EC2), la station de compression (12) du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) comprenant au moins une machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge, **caractérisée en ce que** la sortie de la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) est reliée fluidiquement, via une boucle de dérivation, à un étage de compression (EC3) de la station de compression (12) du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) comprenant au moins une machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge, de sorte que la machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) est disposée en série avec les ma-

chines de compression (EC1, EC2) de la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1), pour suppléer sélectivement la compression réalisée par la station (2, 12) de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) avant l'entrée du gaz de travail dans la boîte froide (3) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1).

6. Installation selon la revendication 5, **caractérisée en ce qu'**une première conduite (5) relie fluidiquement la sortie de la station (2) de compression du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) à une entrée d'une machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur (11), une seconde conduite (6) reliant la sortie de ladite machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) à l'entrée de la boîte froide (3) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1), l'installation comprenant un système de vannes (7) commandés pour utiliser sélectivement ladite machine de compression (EC3) du type à compression centrifuge du second réfrigérateur/liquéfacteur (11) dans le cycle de travail du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1). 10 15 20 25 30
7. Installation selon la revendication 5 ou 6, **caractérisée en ce qu'**elle comprend une machine de compression (EC4) tampon disposée en série entre la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) et la station de compression (12) du second réfrigérateur/liquéfacteur (11). 35
8. Installation selon les revendications 6 et 7, **caractérisée en ce que** l'entrée de la machine de compression (EC4) tampon est raccordée à la première conduite (5), la sortie de la machine de compression (EC4) tampon étant raccordée à la seconde conduite (6). 40
9. Installation selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, **caractérisée en ce que** la station de compression (2) du premier réfrigérateur/liquéfacteur (1) comprend un premier étage de compression du gaz de travail ayant un taux de compression compris entre quatre et cinq et un second étage de compression ayant un taux de compression compris entre trois et quatre. 45 50
10. Installation selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, **caractérisée en ce que** les deux réfrigérateurs/liquéfacteurs (1, 11) sont dimensionnés pour fonctionner à des températures de réfrigération/liquéfaction différentes. 55

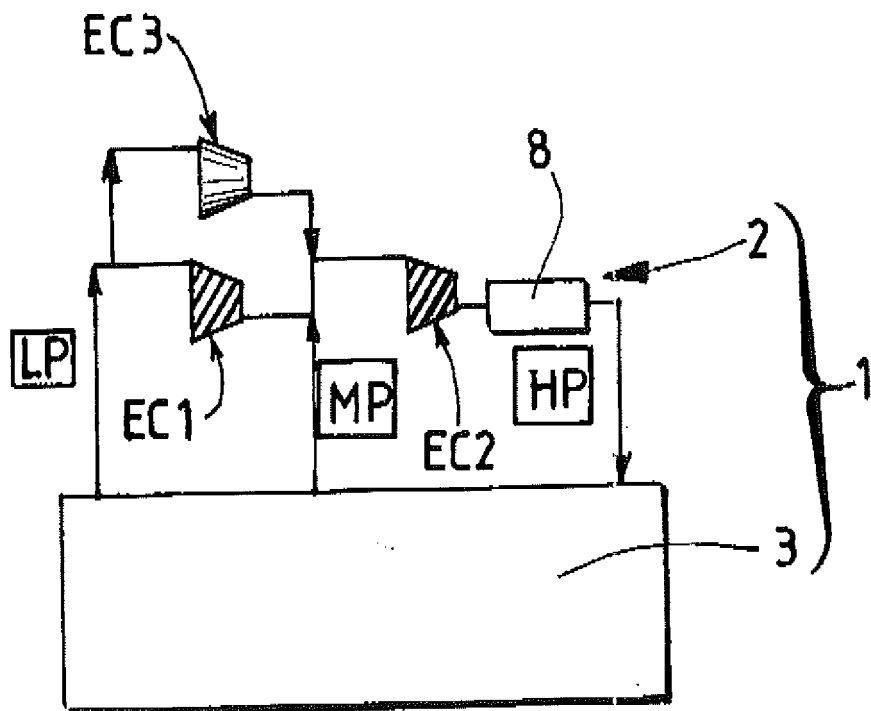


FIG.1

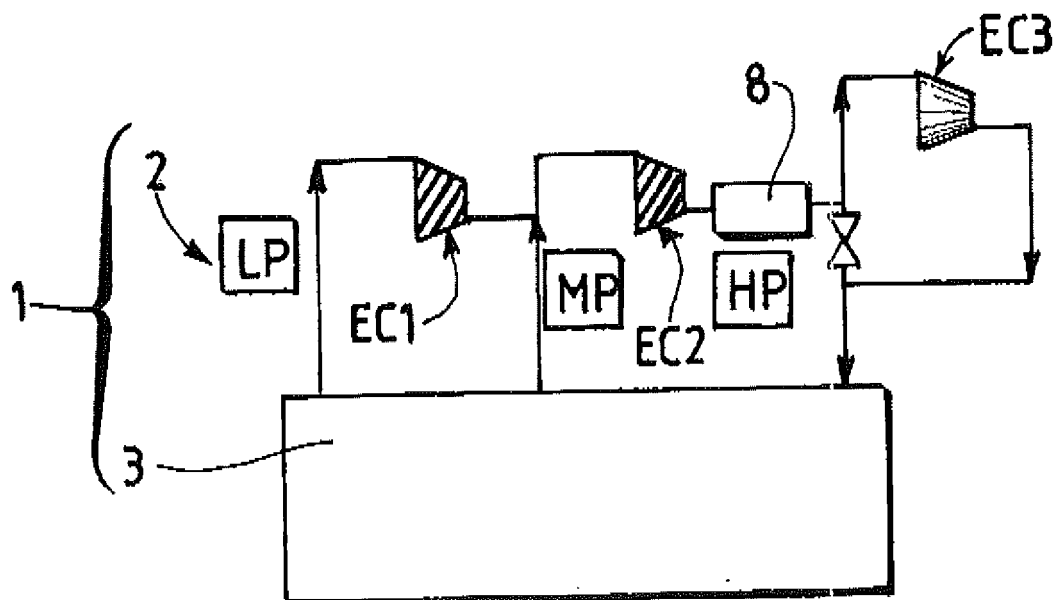


FIG.2

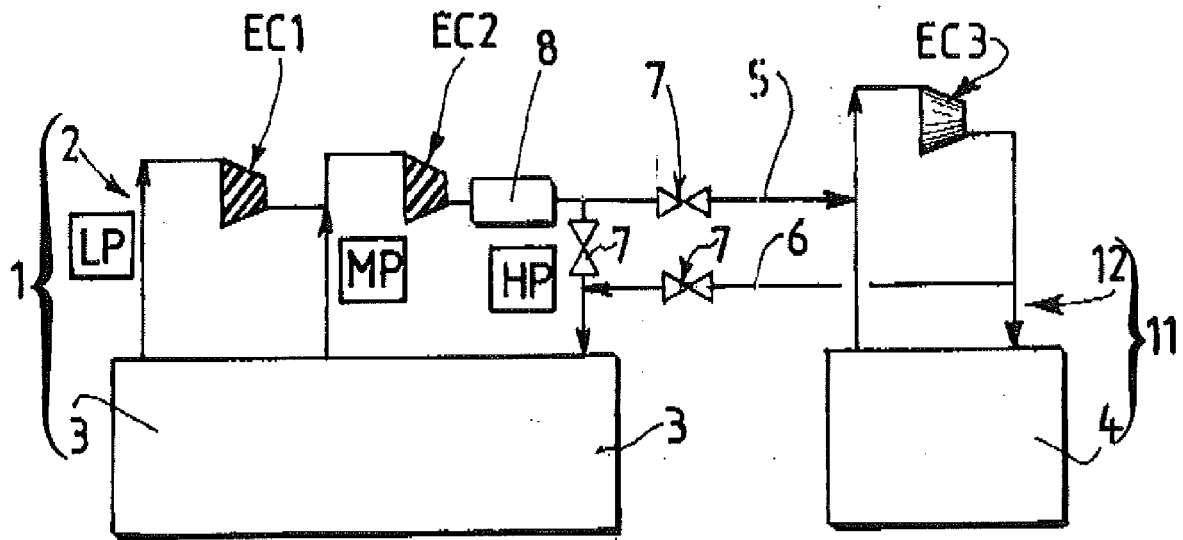


FIG. 3

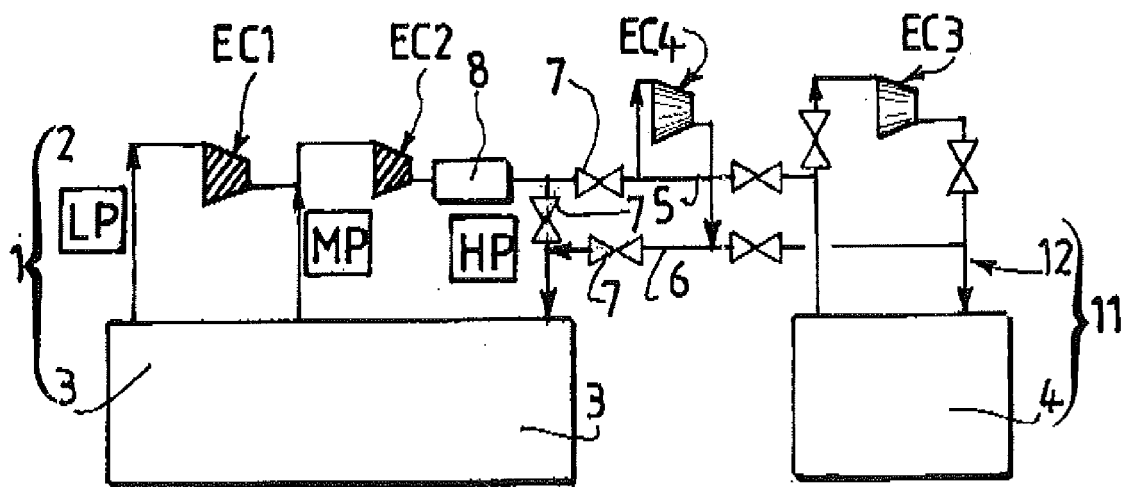


FIG. 4

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

- FR 2919716 A1 [0007] [0017]