

(19)



(11)

**EP 3 438 587 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**08.04.2020 Bulletin 2020/15**

(51) Int Cl.:  
**F25J 3/04 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **18187381.1**

(22) Date de dépôt: **03.08.2018**

(54) **APPAREIL ET PROCÉDÉ DE SÉPARATION D'AIR PAR DISTILLATION CRYOGÉNIQUE**

GERÄT UND VERFAHREN ZUR TRENNUNG VON LUFT DURCH KRYOGENE DESTILLATION  
METHOD AND DEVICE FOR AIR SEPARATION BY CRYOGENIC DISTILLING

(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**

(30) Priorité: **03.08.2017 FR 1757497**  
**03.08.2017 FR 1757493**  
**03.08.2017 FR 1757495**  
**03.08.2017 FR 1757498**

(43) Date de publication de la demande:  
**06.02.2019 Bulletin 2019/06**

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

(72) Inventeurs:

- **CAVAGNE, Patrice**  
**94170 LE PERREUX SUR MARNE (FR)**
- **DOS SANTOS, Bénédicte**  
**77410 ANNET SUR MARNE (FR)**
- **LEMAIRE, Yann-Pierrick**  
**92160 ANTONY (FR)**

(74) Mandataire: **Mercey, Fiona Susan**  
**L'Air Liquide SA**  
**Direction de la Propriété Intellectuelle**  
**75, Quai d'Orsay**  
**75321 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:

|                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| <b>EP-A1- 0 611 936</b>     | <b>WO-A2-2015/082860</b> |
| <b>DE-A1-102013 002 094</b> | <b>FR-A1- 2 851 330</b>  |
| <b>FR-A1- 2 913 759</b>     | <b>GB-A- 1 500 610</b>   |

**EP 3 438 587 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** L'invention est relative à un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique, en particulier à un appareil utilisant un échangeur de chaleur pour refroidir tout l'air destiné à la distillation. L'appareil est tenu en froid au moins partiellement par deux turbines, chacune couplée à un compresseur. L'un des compresseurs a une température d'entrée supérieure à 0°C et l'autre a une température d'entrée qui est une température intermédiaire de l'échangeur de chaleur, inférieure à 0°C, voire inférieure à -50°C.

**[0002]** L'usage d'un tel compresseur connu sous le nom « compresseur froid », car ayant une température d'entrée très froide, pose des problèmes. Au moment du démarrage l'air chauffé dans le compresseur froid peut se trouver à une température supérieure à celles supportées par l'échangeur de chaleur.

**[0003]** Il est connu de FR-A-2851330 de relier la sortie d'un compresseur froide à l'entrée d'une turbine par des conduites en parallèle, une passant pas l'échangeur de chaleur principal de l'appareil de séparation d'air et l'autre n'y passant pas. Ainsi lors du démarrage des machines, il est préconisé d'envoyer l'air comprimé dans le compresseur froid à la turbine sans passer par l'échangeur de chaleur, afin d'éviter d'y envoyer de l'air trop chaud.

**[0004]** Ceci peut amener à envoyer de grandes quantités d'air chaud à l'entrée de la turbine.

**[0005]** La présente invention propose de pallier ce problème pour un procédé utilisant deux turbines, en installant une conduite de court-circuitage commune reliées aux entrées des deux turbines et éventuellement aux sorties des deux turbines, la conduite étant équipée d'une vanne de détente. De cette manière, il est possible de démarrer le procédé plus rapidement en envoyant une partie de l'air du compresseur froid à la colonne, sans passer ni par l'échangeur de chaleur ni par les turbines.

**[0006]** Selon un objet de l'invention, il est prévu un appareil selon la revendication 1. Un appareil selon le préambule de la revendication 1 est connu de WO2015/082860. Selon d'autres objets facultatifs :

- la conduite de court-circuitage est reliée au refoulement du deuxième compresseur et
  - i) à l'entrée de la première turbine et à la sortie de la première turbine ou
  - ii) l'entrée de la deuxième turbine et à la sortie de la deuxième turbine ou
  - iii) à la sortie des première et deuxième turbines.

**[0007]** Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un procédé selon la revendication 3.

**[0008]** Selon d'autres aspects facultatifs :

- pendant le démarrage, on envoie de l'air du deuxième compresseur à l'entrée de la première turbine

sans passer par l'échangeur de chaleur.

- on démarre la première et la deuxième turbines simultanément.
- en marche normale au moins une partie de l'air du deuxième compresseur est envoyée à l'échangeur de chaleur et ensuite au système de colonnes à travers une première vanne et pendant au moins une partie du démarrage la première vanne est fermée.
- en marche normale, on envoie au moins une partie de l'air comprimé, et refroidi dans l'échangeur de chaleur à la première turbine par une première conduite et pendant le démarrage, on fait circuler l'air destiné au système de colonnes sans passer par l'échangeur ou la première ou la deuxième turbine en passant par la première conduite dans le sens contraire qu'en marche normale.
- pendant le démarrage, on fait circuler de l'air destiné au système de colonne dans une conduite de court-circuitage munie de la deuxième vanne et pendant la marche normale on ne fait pas circuler de l'air dans la conduite de court-circuitage
- pendant le démarrage selon une marche on n'envoie pas d'air vers la première turbine et/ou pendant le démarrage on n'envoie pas d'air vers la deuxième turbine.
- pendant le démarrage tout l'air est envoyé au système de colonne en passant par la conduite de court-circuitage.
- pendant le démarrage selon une marche on envoie de l'air se détendre dans la première turbine sans s'être refroidi dans l'échangeur de chaleur.

**[0009]** Le procédé de démarrage peut donc utiliser des conduites utilisées en marche normale mais en faisant circuler l'air dans le sens inverse qu'en marche normale. Ceci permet en particulier de réduire la longueur des circuits dédiés pour le démarrage et donc leur coût.

**[0010]** L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la figure qui illustre un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique selon l'invention.

**[0011]** L'appareil comprenant un système de colonnes comprenant une colonne opérant à une première pression K1 et une colonne opérant à une deuxième pression K2 inférieure à la première pression. Les colonnes sont reliées thermiquement à travers un rebouilleur de cuve de la deuxième colonne chauffé par de l'azote de tête de la première colonne. Des débits de reflux non-illustrés enrichis en azote et en oxygène sont envoyés de la colonne K1 à la colonne K2.

**[0012]** De l'oxygène liquide 31 est soutiré en cuve de la deuxième colonne K2 et de l'azote gazeux 33 est soutiré en tête de la deuxième colonne. De l'azote liquide est envoyé en tête de la deuxième colonne par certaines phases pour aider à tenir le procédé en froid. L'oxygène liquide 31 peut se vaporiser dans l'échangeur de chaleur E.

**[0013]** L'appareil comprend une première turbine de détente d'air T2, une deuxième turbine de détente d'air

T1, un premier compresseur d'air C2 couplé à la première turbine et un deuxième compresseur d'air C1 couplé à la deuxième turbine. L'air comprimé 1 à une pression P provenant d'un autre compresseur (non-illustré) est divisé en deux fractions, dont une première fraction 3 est envoyée à l'échangeur de chaleur E sans avoir été comprimé à une pression au-delà de la pression P.

**[0014]** Une deuxième fraction 5 est envoyée au premier compresseur C2 où elle est comprimée à une pression supérieure à celle (P) de la première fraction 3. La sortie du premier compresseur C2 est reliée à l'entrée de ce compresseur par une conduite 25 à travers une vanne V8.

**[0015]** Selon une première variante, la première fraction 3 est refroidie dans l'échangeur de chaleur E jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci et n'ayant pas été comprimée dans le premier compresseur est envoyée vers la première et la deuxième turbines à travers le clapet ouvert CL3 et les vannes ouvertes V5, V13, V4, V19.

**[0016]** La deuxième fraction 5 se refroidit dans l'échangeur de chaleur E jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci après avoir été comprimée dans le premier compresseur C2. Ensuite elle est envoyée vers le deuxième compresseur C1.

**[0017]** En marche normale, l'air détendu provenant des première et deuxième turbines est envoyé à la première colonne K1 pour être séparé à travers les vannes V6, V15, V11 et la conduite 13. La deuxième fraction 5 est comprimée dans le deuxième compresseur C1, passe par le clapet ouvert CL1 et ensuite se refroidit dans l'échangeur de chaleur avant d'être envoyé sous forme liquide à la première colonne K1 à travers la vanne V9. Les vannes V2 et V3 sont fermées.

**[0018]** En phase de démarrage, on craint que l'air provenant du compresseur C1 n'arrive trop chaud à l'entrée de l'échangeur E en sortie de C1, par exemple à une température plus haute que les 65°C de température de tenue mécanique de l'échangeur.

**[0019]** Pour éviter cela, la vanne V9 est fermée et la vanne V3 ouverte. Ainsi l'air provenant du compresseur C1 ne passe plus vers l'échangeur de chaleur E mais vers l'entrée de la deuxième turbine T1 à travers la conduite 23 et la vanne ouverte V3. Tout l'air ne peut pas passer dans la turbine donc la vanne V4 est ouverte, le débit passant par la turbine étant limitée par l'ouverture des aubages de la turbine et le reste de l'air provenant du compresseur C2 passe à la colonne à travers les conduites 11 et 15.

**[0020]** Il est également possible d'envoyer l'air de démarrage vers l'entrée des deux turbines. Ainsi l'air passe dans la conduite 11 et passe à la turbine T2 à travers les vannes V13, V5 et/ou à la conduite de court-circuitages 15 dans laquelle il est détendu par la vanne V7 pour obtenir une réduction de pression similaire à celle de la turbine T1. La vanne V2 reste fermée.

**[0021]** Il est également possible d'envoyer l'air provenant du compresseur C1 vers le refoulement de la turbine

T1 et/ou vers le refoulement de la turbine T2. Ainsi l'air ne circule ni dans l'échangeur de chaleur ni dans les turbines et passe directement à la colonne de distillation.

**[0022]** Lorsqu'on démarre les turbines T1, T2 et donc les compresseurs C1, C2, les vannes antipompage des compresseurs C1, C2 sont totalement ouvertes (vanne V8 pour C2 et vanne V3 pour C1).

**[0023]** Ceci permet le démarrage à chaud du compresseur froid C1 quelle que soit la température et sans conséquence sur les températures de calcul des équipements en aval du compresseur C1.

**[0024]** L'élévation de la température est extrêmement faible au démarrage, étant donné le taux de compression minimal sur le compresseur C1 grâce à la vanne d'anti pompage V3.

**[0025]** Selon une deuxième variante, la première fraction 3 est sortie de l'échangeur de chaleur à une température intermédiaire de celui-ci et n'ayant pas été comprimée dans le premier compresseur est envoyée vers le deuxième compresseur C1.

**[0026]** La deuxième fraction 5 se refroidit dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci après avoir été comprimée dans le premier compresseur C2. Ensuite elle est envoyée vers la première et la deuxième turbines. Dans ce cas, c'est la première fraction 3 de l'air qui est divertie, en cas de démarrage, pour ne plus passer par l'échangeur de chaleur E mais directement à l'entrée de la turbine T1 ou T2, voire les deux.

**[0027]** Comme décrit ci-dessus, il est recommandé d'envoyer une partie de l'air provenant de la conduite 23 dans la conduite 9 en ouvrant la vanne V19 et ensuite vers la conduite 11 et la conduite de court-circuitage 15 avec sa vanne V7.

**[0028]** Il est également possible d'envoyer l'air de démarrage vers l'entrée des deux turbines. Ainsi l'air passe dans la conduite 11 et passe à la turbine T1 à travers les vannes V13, V5 et/ou à la conduite de court-circuitages 15 dans laquelle il est détendu par la vanne V7 pour obtenir une réduction de pression similaire à celle de la turbine T1. La vanne V2 reste fermée.

**[0029]** Il est également possible d'envoyer l'air provenant du compresseur C1 vers le refoulement de la turbine T1 et/ou vers le refoulement de la turbine T2. Ainsi l'air ne circule ni dans l'échangeur de chaleur ni dans les turbines et passe directement à la colonne de distillation.

**[0030]** Lorsqu'on démarre les turbines T1, T2 et donc les compresseurs C1, C2, les vannes antipompage des compresseurs C1, C2 sont totalement ouvertes (vanne V8 pour C1 et vanne V3 pour C2).

**[0031]** Ceci permet le démarrage à chaud du compresseur froid C2 quelle que soit la température et sans conséquence sur les températures de calcul des équipements en aval du compresseur C2.

**[0032]** L'élévation de la température est extrêmement faible au démarrage, étant donné le taux de compression minimal sur le compresseur C1 grâce à la vanne d'anti pompage V3.

**[0033]** Selon une deuxième variante, la première fraction 3 est sortie d'un échangeur de chaleur à une température intermédiaire de celui-ci et n'ayant pas été comprimée dans le premier compresseur est envoyée vers le deuxième compresseur C2.

**[0034]** La deuxième fraction 5 se refroidit dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci après avoir été comprimée dans le premier compresseur C1. Ensuite elle est envoyée vers la première et la deuxième turbines. Dans ce cas, c'est la première fraction 3 de l'air qui est divertie, en cas de démarrage, pour ne plus passer par l'échangeur de chaleur E mais directement à l'entrée de la turbine T1 ou T2, voire les deux.

**[0035]** Comme décrit ci-dessus, il est recommandé d'envoyer une partie de l'air provenant de la conduite 23 dans la conduite 9 en ouvrant la vanne V19 et ensuite vers la conduite 11 et la conduite de court-circuitage 15 avec sa vanne V7.

**[0036]** Une marche différenciée est possible pour les deux turbines T1, T2. Afin d'arrêter la turbine T2 reliée au surpresseur chaud C2, il est possible d'isoler le surpresseur en fermant la vanne V1 et en ouvrant la vanne V2, de sorte que l'air puisse transiter de la conduite 5 par la conduite 27.

**[0037]** Dans ce cas, les vannes V6 et V13 sont fermées pour isoler la turbine T2 et les frigories nécessaires sont rajoutées par rajout d'azote liquide LIN en tête de la colonne basse pression K2.

**[0038]** Il est également possible de fonctionner avec le compresseur C1 et la turbine T1 à l'arrêt et le surpresseur C2 et la turbine T2 en marche. Cette marche dégradée qui n'est pas couverte par le procédé de l'invention donne un produit à pression et débit plus faibles.

## Revendications

1. Appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un système de colonnes (K1,K2), une première turbine (T2), un premier compresseur (C2) couplé à la première turbine, un échangeur de chaleur (E), une deuxième turbine (T1), un deuxième compresseur (C1) couplé à la deuxième turbine (T1), des moyens pour envoyer de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci vers le deuxième compresseur, des moyens (CL1) pour envoyer de l'air comprimé dans le deuxième compresseur à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur et ensuite au moins en partie au système de colonnes à travers une première vanne (V9), des moyens (9, V4, V19) pour envoyer une fraction d'air provenant du premier compresseur et refroidie dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire vers la deuxième turbine, des moyens (11,V13,V5) pour envoyer une fraction d'air refroidie dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de

celui-ci vers la première turbine, des moyens (13) pour envoyer de l'air détendu de la première turbine et de la deuxième turbine vers le système de colonnes, **caractérisé en ce qu'**il comprend des moyens (23,V3) pour envoyer de l'air comprimé dans le deuxième compresseur à l'entrée de la deuxième turbine à travers une deuxième vanne (V4) sans passer par l'échangeur de chaleur, ces derniers moyens étant également reliés à l'entrée de la première turbine, et des moyens (9,11,15, V7) pour envoyer de l'air du deuxième compresseur au système de colonnes sans passer ni par l'échangeur de chaleur ni par la première ou la deuxième turbine, ces moyens étant constitués par une conduite de court-circuitage (15) munie d'une troisième vanne (V7) qui est une vanne de détente.

2. Appareil selon la revendication 1 dans lequel la conduite de court-circuitage est reliée au refoulement du deuxième compresseur (C1) et

- a. à l'entrée de la première turbine (T2) et à la sortie de la première turbine ou
- b. l'entrée de la deuxième turbine (T1) et à la sortie de la deuxième turbine ou
- c. à la sortie des première et deuxième turbines (T1 ,T2).

3. Procédé de démarrage d'un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un premier compresseur (C2), une première turbine (T2) couplée au premier compresseur, un deuxième compresseur (C1) et une deuxième turbine (T1), la deuxième turbine étant couplée au deuxième compresseur dans lequel :

- a. en marche normale, on envoie de l'air à un échangeur de chaleur (E), on le refroidit, on sou-tire au moins une partie de l'air à une température intermédiaire de l'échangeur de chaleur, on le comprime dans le deuxième compresseur (C1), on envoie au moins une partie de l'air comprimé, éventuellement dans le deuxième compresseur, et refroidi dans l'échangeur de chaleur à la première turbine (T2) et on envoie l'air détendu dans la turbine au système de colonnes (K1,K2), on envoie de l'air comprimé dans le deuxième compresseur à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur et ensuite au moins en partie au système de colonnes à travers une première vanne (V9), on envoie de l'air au premier compresseur, on envoie une fraction d'air (9) provenant du premier compresseur se refroidir dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire et ensuite on l'envoie vers la deuxième turbine avant de l'envoyer au système de colonnes, et
- b. pendant le démarrage, on envoie de l'air du

deuxième compresseur au système de colonnes après détente dans une troisième vanne (V7), sans passer ni par l'échangeur de chaleur ni par la première ou la deuxième turbine, à travers une conduite de court-circuitage (15) munie de la troisième vanne (V7).

4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel on démarre la première turbine et la deuxième turbine (T2, T1) simultanément.
5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4 dans lequel en marche normale au moins une partie de l'air du deuxième compresseur (C1) est envoyée à l'échangeur de chaleur (E) et ensuite au système de colonnes (K1, K2) à travers la première vanne (V9) et pendant au moins une partie du démarrage cette première vanne est fermée.
6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5 dans lequel en marche normale, on envoie au moins une partie de l'air comprimé et refroidi dans l'échangeur de chaleur à la première turbine (T2) par une première conduite et pendant le démarrage, on fait circuler l'air destiné au système de colonnes (K1, K2) sans passer par l'échangeur de chaleur (E) ou la première ou la deuxième turbine (T2, T1) en passant par la première conduite dans le sens contraire qu'en marche normale
7. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6 dans lequel pendant la marche normale on ne fait pas circuler de l'air dans la conduite de court-circuitage (15).
8. Procédé selon l'une des revendications 3 à 7 dans lequel pendant le démarrage on n'envoie pas d'air vers la première turbine (T2) et/ou vers la deuxième turbine (T1).
9. Procédé selon la revendication 8 dans lequel pendant le démarrage tout l'air est envoyé au système de colonnes (K1, K2) en passant par la conduite de court-circuitage (15).
10. Procédé selon l'une des revendications 3 à 7 dans lequel pendant le démarrage on envoie de l'air se détendre dans la première turbine (T2) sans s'être refroidi dans l'échangeur de chaleur (E).

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Luftabscheidung durch kryogene Destillation, umfassend ein Säulensystem (K1, K2), eine erste Turbine (T2), einen ersten Kompressor (C2), der mit der ersten Turbine gekoppelt ist, einen Wärmeaustauscher (E), eine zweite Turbine (T1),

einen zweiten Kompressor (C1), der mit der zweiten Turbine (T1) gekoppelt ist, Mittel zum Transportieren der im Wärmeaustauscher bis auf eine Zwischentemperatur desselben abgekühlten Luft zu dem zweiten Kompressor, Mittel (CL1) zum Transportieren von im zweiten Kompressor komprimierter Luft an einen Zwischenort des Wärmeaustauschers und dann durch ein erstes Ventil (V9) mindestens teilweise zum Säulensystem, Mittel (9, V4, V19) zum Transportieren einer Luftfraktion, die aus dem ersten Kompressor stammt und im Wärmeaustauscher auf eine Zwischentemperatur abgekühlt ist, zur zweiten Turbine, Mittel (11, V13, V5) zum Transportieren einer im Wärmeaustauscher auf eine Zwischentemperatur desselben abgekühlten Luftfraktion zur ersten Turbine, Mittel (13) zum Transportieren von expandierter Luft aus der ersten Turbine und aus der zweiten Turbine zum Säulensystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel (23, V3) zum Transportieren der im zweiten Kompressor komprimierten Luft über ein zweites Ventil (V4) zum Eingang der zweiten Turbine umfasst, ohne den Wärmeaustauscher zu durchlaufen, wobei diese Mittel ebenfalls mit dem Eingang der ersten Turbine verbunden sind, und Mittel (9, 11, 15, V7) zum Transportieren von Luft aus dem zweiten Kompressor zum Säulensystem, ohne den Wärmeaustauscher, die erste oder die zweite Turbine zu durchlaufen, wobei diese Mittel aus einer Überbrückungsleitung (15) bestehen, die mit einem dritten Ventil (V7) versehen sind, bei dem es sich um ein Druckminderventil handelt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, wobei die Überbrückungsleitung mit dem Auslass des zweiten Kompressors (C1) verbunden ist, und
  - a. mit dem Eingang der ersten Turbine (T2) und dem Ausgang der ersten Turbine oder
  - b. mit dem Eingang der zweiten Turbine (T1) und dem Ausgang der zweiten Turbine oder
  - c. mit dem Ausgang der ersten und der zweiten Turbine (T1, T2).

3. Verfahren zum Starten einer Einrichtung zur Luftabscheidung durch kryogene Destillation, umfassend einen ersten Kompressor (C2), eine erste Turbine (T2), die an den ersten Kompressor gekoppelt ist, einen zweiten Kompressor (C1) und eine zweite Turbine (T1), wobei die zweite Turbine an den zweiten Kompressor gekoppelt ist, wobei:

- a. im Normalbetrieb Luft zu einen Wärmeaustauscher (E) transportiert wird, abgekühlt wird, mindestens ein Teil der Luft bei einer Zwischentemperatur des Wärmeaustauscher abgezogen wird, in dem zweiten Kompressor (C1) komprimiert wird, mindestens ein Teil der in dem Wärmeaustauscher der ersten Turbine (T2) abge-

- kühlten Druckluft gegebenenfalls zu dem zweiten Kompressor transportiert wird und die in der Turbine expandierte Luft zum Säulensystem (K1, K2) transportiert wird, im zweiten Kompressor komprimierte Luft an einen Zwischenort des Wärmeaustauschers und dann über ein erstes Ventil (V9) wenigstens teilweise zum Säulensystem transportiert wird, Luft zum ersten Kompressor transportiert wird, eine Luftfraktion (9), die aus dem ersten Kompressor stammt, zwecks Abkühlung auf eine Zwischentemperatur in den Wärmeaustauscher transportiert wird und dann vor dem Transport zum Säulensystem zur zweiten Turbine transportiert wird,
- b. während des Startens die Luft aus dem zweiten Kompressor nach dem Expandieren in einem dritten Ventil (V7) über eine Überbrückungsleitung (15), die mit einem dritten Ventil (V7) ausgestattet ist, zum Säulensystem transportiert wird, und zwar ohne den Wärmeaustauscher, die erste oder die zweite Turbine zu durchlaufen.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die erste Turbine und die zweite Turbine (T2, T1) gleichzeitig gestartet werden.
  5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei in Normalbetrieb mindestens ein Teil der Luft aus dem zweiten Kompressor (C1) an den Wärmeaustauscher (E) und dann über das erste Ventil (V9) an das Säulensystem (K1, K2) transportiert wird und wobei mindestens bei einem Abschnitt des Startens dieses erste Ventil geschlossen ist.
  6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei im Normalbetrieb mindestens ein Teil der komprimierten und im Wärmeaustauscher abgekühlten Luft über eine erste Leitung an die erste Turbine (T2) transportiert wird und wobei man während des Startens die für das Säulensystem (K1, K2) bestimmte Luft zirkulieren lässt, und zwar ohne den Wärmeaustauscher (E), die erste oder die zweite Turbine (T2, T1) zu durchlaufen, jedoch mit Durchlaufen der ersten Leitung in der im Normalbetrieb entgegengesetzten Richtung.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei man im Normalbetrieb die Luft nicht in der Überbrückungsleitung (15) zirkulieren lässt.
  8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei während des Startens keine Luft zu der ersten Turbine (T2) und/ oder zu der zweiten Turbine (T1) transportiert wird.
  9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei während des Startens die gesamte Luft zu dem Säulensystem (K1, K2) transportiert wird, und zwar durch die Überbrückungsleitung (15).
  10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei während des Startens die Luft zum Expandieren in die erste Turbine (T2) transportiert wird, ohne im Wärmeaustauscher (E) abgekühlt zu werden.
- ### Claims
1. Apparatus for separating air by cryogenic distillation, comprising a system of columns (K1, K2), a first turbine (T2), a first compressor (C2) coupled to the first turbine, a heat exchanger (E), a second turbine (T1), a second compressor (C1) coupled to the second turbine (T1), means for sending air cooled in the heat exchanger to an intermediate temperature thereof to the second compressor, means (CL1) for sending air compressed in the second compressor to an intermediate point of the heat exchanger and then at least partly to the system of columns through a first valve (V9), means (9, V4, V19) for sending a fraction of air coming from the first compressor and cooled in the heat exchanger to an intermediate temperature to the second turbine, means (11, V13, V5) for sending a fraction of air cooled in the heat exchanger to an intermediate temperature thereof to the first turbine, means (13) for sending expanded air from the first turbine and from the second turbine to the system of columns, **characterised in that** it comprises means (23, V3) for sending air compressed in the second compressor to the inlet of the second turbine through a second valve (V4) without passing through the heat exchanger, the latter means also being connected to the inlet of the first turbine, and means (9, 11, 15, V7) for sending air from the second compressor to the system of columns without passing either through the heat exchanger or through the first or second turbine, these means being formed by a short-circuiting conduit (15) provided with a third valve (V7) that is a pressure-reducing valve.
  2. Apparatus according to claim 1, wherein the short-circuiting conduit is connected to the discharge of the second compressor (C1) and
    - a. to the inlet of the first turbine (T2) and to the outlet of the first turbine or
    - b. the inlet of the second turbine (T1) and to the outlet of the second turbine or
    - c. to the outlet of the first and second turbines (T1, T2).
  3. Method for starting an apparatus for separation of air by cryogenic distillation comprising a first compressor (C2), a first turbine (T2) coupled to the first compressor, a second compressor (C1) and a sec-

ond turbine (T1), the second turbine being coupled to the second compressor, wherein:

- a. in normal operation, air is sent to a heat exchanger (E), it is cooled, at least part of the air is drawn off at an intermediate temperature from the heat exchanger, it is compressed in the second compressor (C1), at least part of the air compressed, optionally in the second compressor, and cooled in the heat exchanger, is sent to the first turbine (T2), and the air expanded in the turbine is sent to the system of columns (K1, K2), air compressed in the second compressor is sent to an intermediate point of the heat exchanger and then at least partly to the system of columns through a first valve (V9), air is sent to the first compressor, a fraction of air (9) coming from the first compressor is sent to be cooled in the heat exchanger to an intermediate temperature, and then it is sent to the second turbine before sending it to the system of columns, and
  - b. during start-up, air is sent from the second compressor to the system of columns after expansion in a third valve (V7), without passing either through the heat exchanger or through the first or second turbine, through a short-circuiting conduit (15) provided with the third valve (V7).
4. Method according to claim 3, wherein the first turbine and the second turbine (T2, T1) are started simultaneously.
5. Method according to either claim 3 or claim 4, wherein, in normal operation, at least part of the air from the second compressor (C1) is sent to the heat exchanger (E) and then to the system of columns (K1, K2) through the first valve (V9) and, during at least part of the start-up, this first valve is closed.
6. Method according to one of claims 3 to 5, wherein, in normal operation, at least part of the compressed air cooled in the heat exchanger is sent to the first turbine (T2) through a first conduit and, during start-up, the air intended for the system of columns (K1, K2) is circulated without passing through the heat exchanger (E) or the first or second turbine (T2, T1), passing through the first conduit in the opposite direction to normal operation.
7. Method according to one of claims 3 to 6, wherein, in normal operation, air is not circulated in the short-circuiting conduit (15).
8. Method according to one of claims 3 to 7, wherein, during start-up, air is not sent to the first turbine (T2) and/or to the second turbine (T1).

9. Method according to claim 8, wherein, during start-up, all the air is sent to the system of columns (K1, K2), passing through the short-circuiting conduit (15).
10. Method according to one of claims 3 to 7, wherein, during start-up, air is sent to expand in the first turbine (T2) without being cooled in the heat exchanger (E).

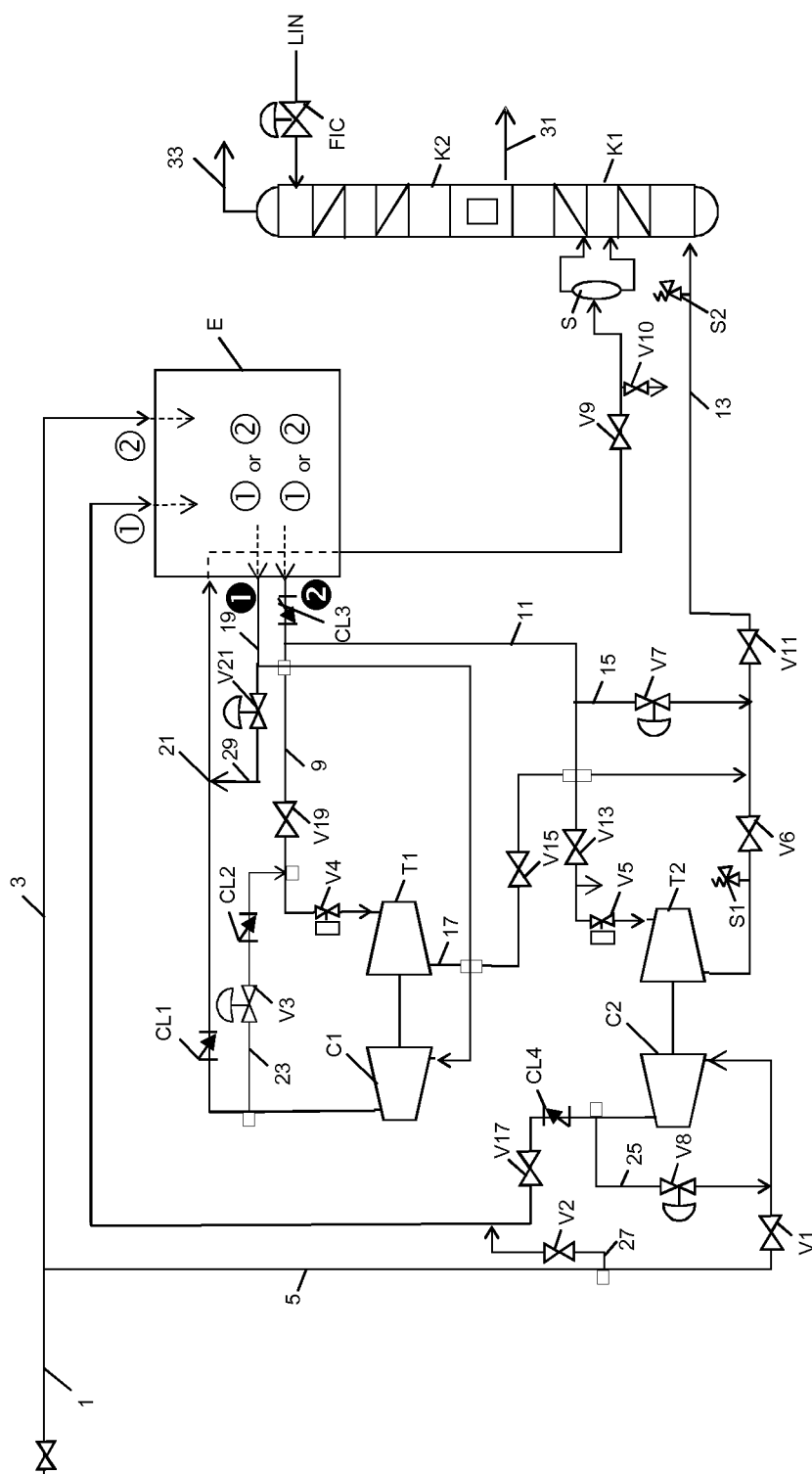


Fig. 1



**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 2851330 A [0003]
- WO 2015082860 A [0006]