



(11)

EP 3 438 584 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

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

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

(21) Numéro de dépôt: **18186654.2**

(22) Date de dépôt: **31.07.2018**

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

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

(71) Demandeur: **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)

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

(57) Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel de l'air est comprimé dans un compresseur (C2) et ensuite envoyé à un échangeur de chaleur (E), l'air refroidi dans l'échangeur étant envoyé à un clapet de retenue (CL3) en aval de l'échangeur de chaleur et ensuite à une turbine, le clapet étant positionné de sorte que l'air d'une conduite de court-circuitage (23) ne puisse remonter dans l'échangeur depuis le compresseur.

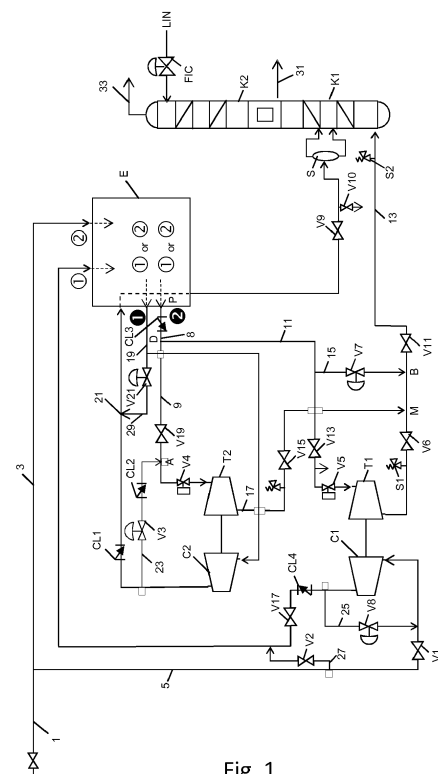


Fig. 1

EP 3 438 584 A1

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique.

[0002] 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 une ou deux turbines, dont au moins une couplée à un compresseur. Un compresseur d'air a une température d'entrée qui est une température intermédiaire de l'échangeur de chaleur, inférieure à 0°C, voire inférieure à -50°C. Il reçoit de l'air d'un niveau intermédiaire de l'échangeur de chaleur. Un autre compresseur d'air peut avoir une température d'entrée supérieure à 0°C.

[0003] L'usage d'un tel compresseur ayant une température d'entrée inférieure à 0°C, 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.

[0004] Il est connu de FR-A-2851330, qui décrit un procédé selon le préambule de la revendication 1, 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. Dans ce procédé, il existe un risque que l'air chaud du compresseur 5 passe via la vanne V1 vers l'échangeur, ce qui pourrait endommager l'échangeur.

[0005] Il est connu de fournir aux moins une partie des frigories nécessaires à la séparation d'air par détente d'air en une turbine ou deux turbines connectées en parallèle, alimentée(s) par de l'air provenant d'un compresseur ou d'un surpresseur.

[0006] L'air détendu est envoyé à une colonne moyenne pression d'une double colonne de distillation et séparé pour former au moins un produit enrichi en oxygène ou en azote.

[0007] La présente invention peut permettre de réduire le coût de l'installation, de faciliter le redémarrage et le calcul des pressions requises pour l'installation.

[0008] Un clapet de retenue, aussi appelé clapet de non-retour, est une vanne qui permet aux fluides de s'écouler vers l'aval, mais qui se ferme automatiquement pour bloquer tout fluide qui remonterait en amont.

[0009] Dans le contexte d'un appareil comprenant un surpresseur froid d'air pris à un niveau intermédiaire de l'échangeur de chaleur, il est proposé de rajouter une conduite supplémentaire afin d'envoyer ponctuellement au moins une partie, voire tout l'air du surpresseur froid à l'entrée d'au moins une turbine de détente d'air sans

passer par l'échangeur.

[0010] Dans ce cas, il est nécessaire de définir la pression à supporter par l'échangeur de chaleur en fonction de la pression d'équilibrage de la vanne en sortie du surpresseur froid envoyant l'air vers la turbine. Cette pression étant supérieure à celle d'entrée de turbine pour un appareil sans cette conduite supplémentaire. Ceci pourrait imposer un changement d'ondes et donc un surcoût sur l'échangeur.

[0011] Afin de réduire le prix de l'échangeur, l'invention propose de disposer un clapet de retenue sur la conduite alimentant les deux turbines en air provenant d'un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur principal. Ce clapet est disposé de sorte que l'air arrivant du surpresseur froid depuis la conduite supplémentaire est empêché d'arriver dans l'échangeur de chaleur. Le clapet se ferme automatiquement pour empêcher de l'air de couler vers l'échangeur. En fonctionnement normal, elle laisse passer l'air de l'échangeur vers la ou les turbines de détente.

[0012] Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel :

i) de l'air comprimé et épuré est refroidi dans un échangeur de chaleur, une première partie de l'air est comprimée à une température intermédiaire de l'échangeur de chaleur dans un compresseur et renvoyée à l'échangeur de chaleur où il se refroidit, la première partie de l'air se trouve liquéfiée et est envoyée à au moins une première colonne d'une double colonne, la double colonne comprenant la première colonne et une deuxième colonne, la deuxième colonne fonctionnant à plus basse pression que la première colonne,

ii) des liquides enrichis en oxygène et en azote sont envoyés de la première colonne vers la deuxième colonne, un fluide enrichi en oxygène est soutiré en cuve de la deuxième colonne et un fluide enrichi en azote est soutiré de la tête de la deuxième colonne et se réchauffe dans l'échangeur de chaleur,

iii) une deuxième partie de l'air sort de l'échangeur de chaleur à une température intermédiaire de celui-ci et éventuellement est ensuite divisée en une première et une deuxième fractions à un point de division, la deuxième partie de l'air ou au moins une partie de la première fraction est détendue dans une première turbine et envoyée à la première colonne, éventuellement au moins une partie de la deuxième fraction est détendue dans une deuxième turbine et envoyée à la première colonne, et

iv) le refoulement du compresseur est relié à l'entrée de la turbine ou d'au moins une des première et deuxième turbines à travers une conduite et un point d'arrivée qui permet d'envoyer de l'air du compresseur à la turbine ou une des turbines sans passer par l'échangeur de chaleur,

caractérisé en ce que la deuxième partie de l'air est en-

voyée à un clapet de retenue en aval de l'échangeur de chaleur et éventuellement en amont du point de division pour le cas avec deux turbines, le clapet servant à empêcher l'air de passer dans le sens contraire de celui de l'opération normale et d'arriver depuis le point d'arrivée dans l'échangeur, étant disposé sur une conduite entre le point d'arrivée et l'échangeur.

[0013] Les termes « en aval » et « en amont » dans cette revendication font référence au sens d'écoulement de l'air en opération normale du procédé.

[0014] Selon d'autres aspects facultatifs :

- pendant le démarrage, on envoie de l'air du compresseur à la turbine ou une des turbines en passant par le point d'arrivée mais sans passer par l'échangeur de chaleur, l'air étant refoulé par le clapet de retenue.
- l'au moins une partie de la deuxième fraction est détendue dans la deuxième turbine et envoyée à la première colonne, l'au moins une partie de la première fraction détendue dans la première turbine et l'au moins une partie de la deuxième fraction détendue dans la deuxième turbine sont mélangées à un point de mélange et ensuite envoyées comme un seul débit à la première colonne.
- une partie de la première et/ou de la deuxième fraction n'est pas détendue dans une turbine mais dans une vanne et ensuite est envoyée au système de colonnes.
- pendant le démarrage et/ou une marche de débit réduit dans la colonne et/ou la dépressurisation, une partie de la première et/ou de la deuxième fraction n'est pas détendue dans une turbine mais dans une vanne et ensuite est envoyée au système de colonnes.
- une partie de la deuxième partie de l'air n'est pas détendue dans la turbine mais dans une vanne et ensuite est envoyée au système de colonnes.
- pendant le démarrage et/ou une marche de débit réduit dans la colonne et/ou la dépressurisation, une partie de la deuxième partie de l'air n'est pas détendue dans la turbine mais dans une vanne et ensuite est envoyée au système de colonnes.
- la partie de la première et/ou deuxième fraction détendue dans la vanne est mélangée avec le seul débit envoyé à la première colonne en aval du point de mélange.
- de l'air est refroidi dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celle-ci, comprimé dans le compresseur et renvoyé à l'échangeur de chaleur, le compresseur étant entraîné par la première ou la deuxième turbine.
- la température d'entrée du compresseur est inférieure à 0°C, voire inférieure à -50°C.

[0015] Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un échangeur de chaleur, une double

colonne de séparation comprenant une première colonne et une deuxième colonne, la deuxième colonne fonctionnant à plus basse pression que la première colonne, des moyens pour envoyer de l'air comprimé et épuré se refroidir dans l'échangeur de chaleur, un compresseur, des moyens pour soutirer une première partie à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur de l'air à une température intermédiaire et pour l'envoyer au compresseur, des moyens pour renvoyer de l'air comprimé dans le compresseur dans l'échangeur de chaleur où il se refroidit, des moyens pour envoyer de l'air liquéfiée à au moins la première colonne, des moyens pour envoyer des liquides enrichis en oxygène et en azote de la première colonne vers la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en oxygène en cuve de la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en azote de la tête de la deuxième colonne et des moyens pour envoyer le fluide enrichi en azote se réchauffer dans l'échangeur de chaleur, une conduite de soutirage pour sortir une deuxième partie de l'air de l'échangeur de chaleur à une température intermédiaire de celui-ci et à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur, éventuellement des moyens pour diviser la deuxième partie en une première et une deuxième fractions à un point de division, une première turbine et éventuellement une deuxième turbine, des moyens pour envoyer au moins une partie de la première fraction se détendre dans la première turbine et ensuite à la première colonne, éventuellement des moyens pour envoyer au moins une partie de la deuxième fraction se détendre dans la deuxième turbine et ensuite à la première colonne et des moyens pour envoyer de l'air du refoulement du compresseur à une entrée de la turbine ou d'une des turbines sans passer par l'échangeur de chaleur, ces moyens étant reliés à un point d'arrivée (A) caractérisé en ce qu'il comprend un clapet de retenue disposé sur la conduite de soutirage en aval de l'échangeur de chaleur et éventuellement en amont du point de division, le clapet étant disposé sur une conduite entre le point d'arrivée et l'échangeur et étant capable d'empêcher l'arrivée d'air depuis le point d'arrivée vers l'échangeur.

[0016] Les termes « en aval » et « en amont » dans cette revendication font référence au sens d'écoulement de l'air en opération normale de l'appareil.

[0017] Selon d'autres aspects facultatifs :

- l'appareil comprend des moyens pour mélanger l'au moins une partie de la première fraction détendue dans la première turbine et l'au moins une partie de la deuxième fraction détendue dans la deuxième turbine à un point de mélange et des moyens pour les envoyer comme un seul débit à la première colonne.
- l'appareil comprend une vanne de détente reliée au clapet de retenue à travers le point de division et reliée au système de colonnes, de sorte que de l'air puisse passer du clapet au système de colonnes sans passer par une turbine.
- dans le cas où l'appareil comprend deux turbines,

les moyens pour envoyer de l'air du refoulement du compresseur à une entrée d'une des turbines sans passer par l'échangeur de chaleur sont reliés à un point d'arrivée entre le point de division et l'entrée de la turbine.

- l'appareil comprend la deuxième turbine et une vanne entre le point d'arrivée et le point de division.

[0018] 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.

[0019] 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. 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.

[0020] L'appareil comprend une première turbine de détente d'air T1, une deuxième turbine de détente d'air T2, un premier compresseur d'air C1 couplé à la première turbine et un deuxième compresseur d'air C2 couplé à la deuxième turbine. L'air comprimé 1 à une pression P provenant d'un autre compresseur (non-illustré) est divisé en deux portions, dont une première portion 3 est envoyée à l'échangeur de chaleur E sans avoir été comprimé à une pression au-delà de la pression P. Une deuxième portion 5 est envoyée au premier compresseur C1 où elle est comprimée à une pression supérieure à celle (P) de la première portion 3. La sortie du premier compresseur C1 est reliée à l'entrée de ce compresseur par une conduite 25 à travers une vanne V8.

[0021] La température d'entrée du compresseur C2 est inférieure à 0°C, voire inférieure à -50°C.

[0022] Selon une première variante, la première portion 3 est refroidie dans l'échangeur de chaleur E jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci et un point intermédiaire P de l'échangeur 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, l'air étant divisé en deux à un point de division D pour envoi vers les deux turbines T1, T2.

[0023] La deuxième portion 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 C1. Ensuite elle est envoyée vers le deuxième compresseur C2.

[0024] En marche normale, l'air détendu provenant des première et deuxième turbines est envoyé à la pre-

mière colonne K1 pour être séparé à travers les vannes V6, V15, V11 et la conduite 13. La deuxième portion 5 est comprimée dans le deuxième compresseur C2, 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.

[0025] En phase de démarrage, on craint que l'air provenant du compresseur C2 n'arrive trop chaud à l'entrée de l'échangeur E en sortie de C2, par exemple à une température plus haute que les 65°C de température de tenue mécanique de l'échangeur. Pour éviter cela, la vanne V9 est fermée et la vanne V3 ouverte.

[0026] Ainsi l'air provenant du compresseur C2 ne passe plus vers l'échangeur de chaleur E mais vers l'entrée de la deuxième turbine T2 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.

[0027] 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. Il est également possible d'envoyer l'air provenant du compresseur C2 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 de préférence dans les turbines et passe directement à la colonne de distillation. Le clapet CL3 empêche l'air 23 de passer dans le sens contraire de celui de l'opération normale et d'arriver dans l'échangeur au point intermédiaire P. L'air envoyé à la turbine pendant le démarrage à travers la conduite 23 arrive à un point d'arrivée A en amont des turbines T1, T2, de préférence en aval du point de division D, mais en aval de l'échangeur de chaleur E et du clapet de retenue CL3.

[0028] Le clapet est disposé sur la conduite de soutirage 8 de préférence entre le point P de soutirage d'air destiné aux turbines et le point de division D des fractions 9 et 11 où l'air est partagé entre les deux turbines. Ce point de division peut également servir à diviser l'air destiné à la conduite de court-circuitage.

[0029] Le clapet doit se trouver entre le point d'arrivée A de l'air provenant de la conduite 23 et le point intermédiaire P de l'échangeur E.

[0030] Dans une version moins performante, le clapet peut être placé sur la conduite 9 si la conduite 23 débouche dans la conduite 9 ou sur la conduite 11 si la conduite 23 débouche sur la conduite 11.

[0031] 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).

[0032] Ceci permet le démarrage à chaud du compres-

seur froid C2 quelle que soit la température et sans conséquence sur les températures de calcul des équipements en aval du compresseur C2. 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 portion 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 portion 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 et est soutirée à un point intermédiaire P de l'échangeur par une conduite de soutirage 8. Ensuite elle est envoyée vers la première et la deuxième turbines. Dans ce cas, c'est la première portion 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. Le clapet CL3 empêche cet air 23 de passer dans le sens contraire de celui de l'opération normale et d'arriver dans l'échangeur au point intermédiaire P. L'air envoyé à la turbine pendant le démarrage à travers la conduite 23 arrive à un point d'arrivée A en amont des turbines T1,T2, de préférence en aval du point de division D, mais en aval de l'échangeur de chaleur E et du clapet de retenue CL3.

[0036] Le clapet est disposé sur la conduite de soutirage 8 de préférence entre le point P de soutirage d'air destiné aux turbines et le point de division D des fractions 9 et 11 où l'air est partagé entre les deux turbines. Ce point de division peut également servir à diviser l'air destiné à la conduite de court-circuitage.

[0037] Le clapet doit se trouver entre le point d'arrivée A de l'air provenant de la conduite 23 et le point intermédiaire P de l'échangeur E.

[0038] Dans une version moins performante, le clapet peut être placé sur la conduite 9 si la conduite 23 débouche dans la conduite 9 ou sur la conduite 11 si la conduite 23 débouche sur la conduite 11.

[0039] L'invention s'applique également au cas dans lequel l'appareil ne comprend qu'une seule turbine d'air couplée à un compresseur froid. Dans ce cas, l'air est envoyé en service normal du compresseur froid vers l'échangeur de chaleur. L'air peut ensuite passer directement dans le système de colonne après détente ou sinon peut être envoyé au moins en partie à la seule turbine.

[0040] Pendant le démarrage, l'air du compresseur froid peut éviter l'échangeur de chaleur en passant par une conduite de court-circuitage relié en amont de l'entrée de l'unique turbine. L'air peut également être envoyé

depuis cette conduite de court-circuitage à une autre conduite de court-circuitage qui permet d'envoyer de l'air du compresseur froid au système de colonnes, sans passer par la turbine, en le détendant dans une vanne.

[0041] L'air envoyé à la turbine pendant le démarrage à travers la conduite 23 arrive à un point d'arrivée A en amont de la turbine mais en aval de l'échangeur de chaleur E et du clapet de retenue CL3. Le clapet CL3 ferme la conduite de soutirage 8 et ainsi empêche l'air provenant de la conduite 23 de monter vers l'échangeur.

[0042] La position du clapet de retenue CL3 sur la conduite de soutirage 8 entre l'arrivée A d'air du compresseur C2 et le point intermédiaire P de l'échangeur permet de diminuer la pression de calcul de l'échangeur E, ce qui a un impact sur le coût de l'appareil.

[0043] En l'absence d'un clapet CL3 sur la conduite de soutirage 8, la pression de la ligne d'échange E allant vers l'aspiration de la turbine ou des turbines T1,T2 devrait être définie en fonction de la pression d'équilibrage due à la connexion de la vanne anti-pompage V3 de la sortie booster froid C2 vers l'aspiration de la turbine T2 dans la variante de la figure. Cette pression d'équilibrage est forcément plus élevée que la pression de la source normale venant à la turbine. Dans certains cas, cela pourrait imposer un changement d'ondes et donc un surcoût sur l'échangeur.

[0044] Avec le clapet, la conception de l'échangeur ne prend pas en compte la pression d'équilibrage et on utilise juste une soupape de débit PSV définie sur le scénario d'une fuite du clapet CL3 placée entre la sortie P de l'échangeur et le clapet CL3.

[0045] Pour la variante avec deux turbines, la position du clapet de retenue CL3 en amont du point de division D divisant les conduites alimentant les deux turbines permet d'avoir un moyen rapide de dépressuriser l'aspiration des turbines avant redémarrage si l'implantation (point de division D) de la conduite supplémentaire 11, 15 de contournement de turbines est en aval de ce clapet commun CL3.

[0046] Dans le cas où on aurait le clapet CL3 non pas sur la ligne commune 8 allant de l'échangeur E vers les deux turbines T1, T2 mais sur uniquement la ligne 9 alimentant la seule turbine T2, après chaque arrêt et donc pour chaque redémarrage on aurait à l'entrée de cette turbine la pression d'équilibrage (supérieure voire très supérieure à la pression opératoire). Comme dans cette configuration on se trouve "en cul de sac", on ne peut dépressuriser ce bout de tuyau soit en passant par la turbine mais cela nécessiterait la prise en compte d'un cas de démarrage à une pression aspiration plus élevée avec des impacts design voire une impossibilité technique (rapport de détente trop élevée) soit l'obligation d'ajouter un artifice de dépressurisation. Dans le cas de l'invention où le clapet est disposé sur la ligne commune alimentant les deux turbines, la pression montera moins haut dû à l'équilibrage dans un volume de tuyau plus élevé et il y aura toujours le moyen de dépressuriser à distance avant redémarrage par la vanne de contournement.

ment V7 vers la colonne K1.

[0047] La position du clapet de retenue CL3 en amont du point de division D divisant les conduites alimentant les deux turbines permet de s'affranchir d'un dimensionnement pénalisant, par rapport à la pression d'équilibrage du compresseur C2, pour la ligne d'échange E en surdimensionnement légèrement la pression à appliquer sur les turbines T1, T2. Ce surdimensionnement est négligeable au regard sur surcoût que l'on devrait appliquer sur la ligne d'échange E s'il n'y avait pas le clapet CL3.

[0048] Dans le cadre de l'invention, les pressions de fonctionnement de la ou deux turbines ou de l'échangeur (dans l'exemple, de la turbine T2 reliée au compresseur C2 et de la ligne d'échange E) peuvent être définies sans attendre la conception finale des tuyauteries pour calculer et connaître les volumes effectifs à prendre en compte dans un calcul traditionnel. Ceci implique un gain de temps.

[0049] La pression de calcul de la ligne d'échange E est donc totalement indépendante de la pression d'équilibrage grâce au clapet CL3 et une soupape de protection de la fuite du clapet CL3, on peut donc définir sa pression de calcul très tôt dans le projet indépendamment de la turbine T2. Comme la pression de calcul sur la turbine T2 n'a pas de gros impact sur son coût, on peut faire des approximations de volume pour définir de façon conservatrice la pression d'équilibrage à prendre en compte sur la turbine sans avoir le tracé et le volume exact de tuyauterie qui permettrait de calculer finement la pression d'équilibrage.

Revendications

1. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel :

- i) de l'air comprimé et épuré est refroidi dans un échangeur de chaleur (E), une première partie (19) de l'air est comprimée à une température intermédiaire de l'échangeur de chaleur dans un compresseur (C2) et renvoyée à l'échangeur de chaleur où il se refroidit, la première partie de l'air se trouve liquéfiée et est envoyée à au moins une première colonne (K1) d'une double colonne, la double colonne comprenant la première colonne et une deuxième colonne (K2), la deuxième colonne fonctionnant à plus basse pression que la première colonne,
- ii) des liquides enrichis en oxygène et en azote sont envoyés de la première colonne vers la deuxième colonne, un fluide enrichi en oxygène (31) est soutiré en cuve de la deuxième colonne et un fluide enrichi en azote (33) est soutiré de la tête de la deuxième colonne et se réchauffe dans l'échangeur de chaleur,
- iii) une deuxième partie de l'air sort de l'échangeur de chaleur à une température intermédiaire

de celui-ci et éventuellement est ensuite divisée en une première et une deuxième fractions à un point de division (D), la deuxième partie de l'air ou au moins une partie de la première fraction (9) est détendue dans une première turbine (T2) et envoyée à la première colonne, éventuellement au moins une partie de la deuxième fraction est détendue dans une deuxième turbine (T1) et envoyée à la première colonne, et iv) le refoulement du compresseur est relié à l'entrée de la turbine ou d'au moins une des première et deuxième turbines à travers une conduite de courtcircuitage et un point d'arrivée (A) qui permet d'envoyer de l'air du compresseur à la turbine ou une des turbines sans passer par l'échangeur de chaleur,

caractérisé en ce que la deuxième partie de l'air est envoyée à un clapet de retenue (CL3) en aval de l'échangeur de chaleur et éventuellement en amont du point de division pour le cas avec deux turbines, le clapet servant à empêcher l'air de passer dans le sens contraire de celui de l'opération normale et d'arriver depuis le point d'arrivée dans l'échangeur, étant disposé sur une conduite entre le point d'arrivée et l'échangeur.

- 2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel pendant le démarrage, on envoie de l'air du compresseur (C2) à la turbine (T1) ou une des turbines en passant par le point d'arrivée mais sans passer par l'échangeur de chaleur, l'air étant refoulé par le clapet de retenue (CL3).
- 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel l'au moins une partie de la deuxième fraction est détendue dans la deuxième turbine (T2) et envoyée à la première colonne, l'au moins une partie de la première fraction détendue dans la première turbine (T2) et l'au moins une partie de la deuxième fraction détendue dans la deuxième turbine (T1) sont mélangées à un point de mélange et ensuite envoyées comme un seul débit à la première colonne.
- 4. Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel une partie (11, 15) de la première et/ou de la deuxième fraction n'est pas détendue dans une turbine mais dans une vanne (V7) et ensuite est envoyée au système de colonnes.
- 5. Procédé selon les revendications 2 et 3 dans lequel la partie de la première et/ou deuxième fraction détendue dans la vanne (V7) est mélangée avec le seul débit (13) envoyé à la première colonne en aval du point de mélange.
- 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le compresseur (C2) est entraîné par la

première ou la deuxième turbine.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la température d'entrée du compresseur est inférieure à 0°C, voire inférieure à -50°C.

8. Appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un échangeur de chaleur (E), une double colonne de séparation comprenant une première colonne et une deuxième colonne (K1, K2), la deuxième colonne fonctionnant à plus basse pression que la première colonne, des moyens pour envoyer de l'air comprimé et épuré se refroidir dans l'échangeur de chaleur, un compresseur (C2), des moyens pour soutirer une première partie à un point intermédiaire (P) de l'échangeur de chaleur de l'air à une température intermédiaire et pour l'envoyer au compresseur, des moyens pour renvoyer de l'air comprimé dans le compresseur dans l'échangeur de chaleur où il se refroidit, des moyens pour envoyer de l'air liquéfiée à au moins la première colonne, des moyens pour envoyer des liquides enrichis en oxygène et en azote de la première colonne vers la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en oxygène en cuve de la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en azote de la tête de la deuxième colonne et des moyens pour envoyer le fluide enrichi en azote se réchauffer dans l'échangeur de chaleur, une conduite de soutirage (8) pour sortir une deuxième partie de l'air de l'échangeur de chaleur à une température intermédiaire de celui-ci et à un point intermédiaire (P) de l'échangeur de chaleur, éventuellement des moyens pour diviser la deuxième partie en une première et une deuxième fractions à un point de division (D), une première turbine (T2) et éventuellement une deuxième turbine (T1), des moyens pour envoyer au moins une partie de la première fraction se détendre dans la première turbine et ensuite à la première colonne, éventuellement des moyens pour envoyer au moins une partie de la deuxième fraction se détendre dans la deuxième turbine et ensuite à la première colonne et des moyens (23, V3, CL2) pour envoyer de l'air du refoulement du compresseur à une entrée de la turbine ou d'une des turbines sans passer par l'échangeur de chaleur, ces moyens étant reliés à un point d'arrivée (A) **caractérisé en ce qu'il** comprend un clapet de retenue (CL3) disposé sur la conduite de soutirage (8) en aval de l'échangeur de chaleur et éventuellement en amont du point de division, le clapet étant disposé sur une conduite entre le point d'arrivée et l'échangeur et étant capable d'empêcher l'arrivée d'air depuis le point d'arrivée vers l'échangeur.

9. Appareil selon la revendication 8 comprenant des moyens pour mélanger l'au moins une partie de la première fraction détendue dans la première turbine

(T2) et l'au moins une partie de la deuxième fraction détendue dans la deuxième turbine (T1) à un point de mélange (M) et des moyens pour les envoyer comme un seul débit (13) à la première colonne.

10. Appareil selon la revendication 8 ou 9 comprenant une vanne de détente (V7) reliée au clapet de retenue (CL3) à travers le point de division (D) et reliée au système de colonnes (K1, K2), de sorte que de l'air puisse passer du clapet au système de colonnes sans passer par une turbine.
11. Appareil selon la revendication 8, 9 ou 10 comprenant une deuxième turbine (T2) dans lequel les moyens pour envoyer de l'air du refoulement du compresseur à une entrée d'une des turbines (T1, T2) sans passer par l'échangeur de chaleur sont reliés au point d'arrivée (A) entre le point de division et l'entrée de la turbine (T1, T2).
12. Appareil selon la revendication 11 comprenant une vanne (V19) entre le point d'arrivée (A) et le point de division (D).
13. Appareil selon l'une des revendications 8 à 12 dans lequel le clapet de retenue est capable de se fermer automatiquement.
14. Appareil selon l'une des revendications 8 à 13 dans lequel le compresseur (C2) est entraîné par la première ou la deuxième turbine.

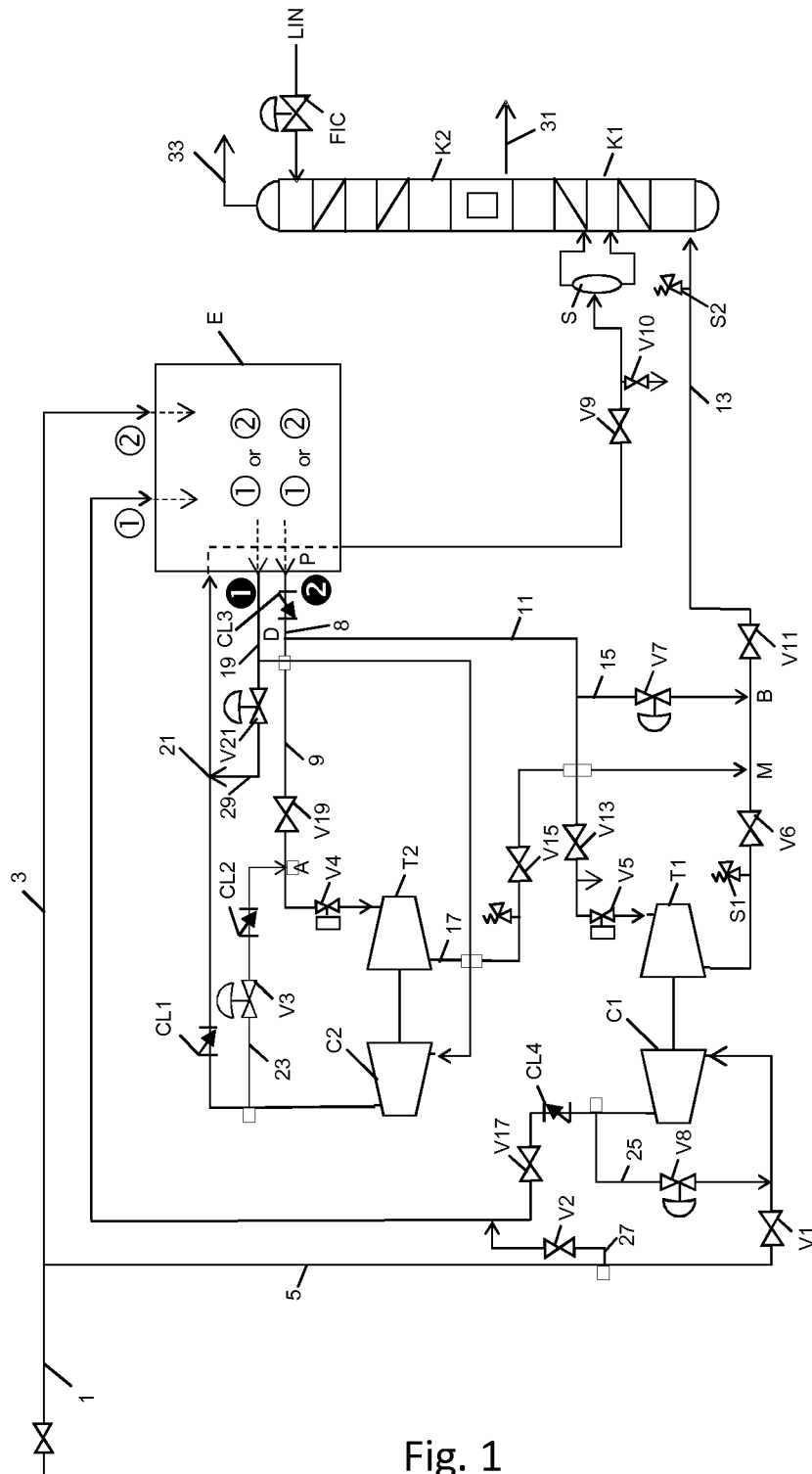


Fig. 1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 18 6654

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	FR 2 851 330 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 20 août 2004 (2004-08-20) * figure 2 *	1-14	INV. F25J3/04
A	GB 1 500 610 A (NUOVO PIGNONE SPA) 8 février 1978 (1978-02-08) * figure 3 *	1,8	
A	CN 201 173 660 Y (HANGZHOU FUSIDA GAS EQUIPMENT [CN]) 31 décembre 2008 (2008-12-31) * figure 5 *	1,8	
A	EP 2 482 016 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 1 août 2012 (2012-08-01) * figure 1 *	1,8,12	
A	WO 2015/082860 A2 (AIR LIQUIDE [FR]) 11 juin 2015 (2015-06-11) * figures 1,2 *	3,9	
A	DE 10 2013 002094 A1 (LINDE AG [DE]) 7 août 2014 (2014-08-07) * alinéa [0044]; figure 1 *	4,5,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F25J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 10 décembre 2018	Examineur Göritz, Dirk
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 18 18 6654

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

10-12-2018

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

FR 2851330 A1 20-08-2004 CN 1521121 A 18-08-2004

EP 1447634 A1 18-08-2004

ES 2685794 T3 11-10-2018

FR 2851330 A1 20-08-2004

US 2004221612 A1 11-11-2004

US 2006254312 A1 16-11-2006

20

GB 1500610 A 08-02-1978 AR 216741 A1 31-01-1980

AU 8201675 A 16-12-1976

BR 7503975 A 06-07-1976

CA 1018055 A 27-09-1977

DE 2526350 A1 29-01-1976

ES 439401 A1 01-02-1977

25

FR 2278047 A1 06-02-1976

GB 1500610 A 08-02-1978

IN 143876 B 18-02-1978

IT 1019710 B 30-11-1977

JP S5148793 A 27-04-1976

ZA 7504104 B 30-06-1976

30

CN 201173660 Y 31-12-2008 AUCUN

35

EP 2482016 A1 01-08-2012 CA 2825090 A1 02-08-2012

EP 2482016 A1 01-08-2012

KR 20130141656 A 26-12-2013

RU 2013139357 A 10-03-2015

US 2013305750 A1 21-11-2013

WO 2012101502 A2 02-08-2012

40

WO 2015082860 A2 11-06-2015 FR 3014545 A1 12-06-2015

WO 2015082860 A2 11-06-2015

45

DE 102013002094 A1 07-08-2014 AUCUN

50

55

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 2851330 A [0004]