



(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: **18186782.1**

(22) Date de dépôt: **01.08.2018**

(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)
• **CHAMONTIN, Nicolas**
75007 PARIS (FR)
• **DOS SANTOS, Bénédicte**
77410 ANNET SUR MARNE (FR)
• **RICHAUME, Laurent**
75007 PARIS (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) **APPAREIL ET PROCÉDÉ DE SÉPARATION D'AIR PAR DISTILLATION CRYOGÉNIQUE**

(57) Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel on surpresse au moins une partie de l'air à distiller dans un surpresseur d'air (C2), on détend dans au moins une turbine de détente (T2, T1) de l'air comprimé et si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur sans l'avoir refroidi entre le surpresseur et la détente et on envoie l'air surpressé détendu en amont ou en aval de l'au moins une turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé.

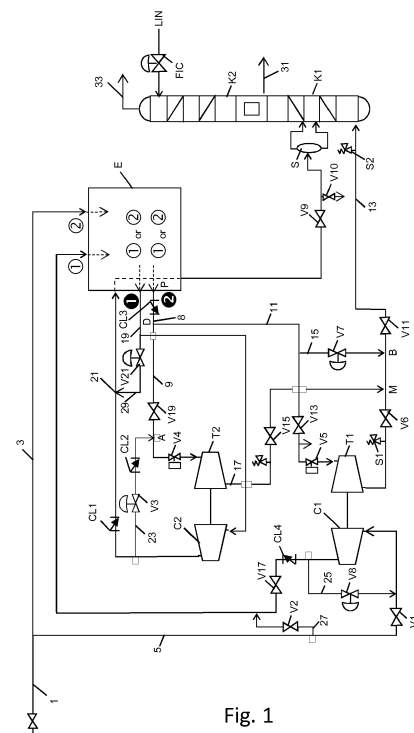


Fig. 1

Description

[0001] La présente invention est relative à un appareil et à un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique. Elle concerne en particulier les appareils utilisant un surpresseur d'air d'alimentation alimenté par de l'air provenant d'un niveau intermédiaire d'un échangeur principal de refroidissement d'air d'alimentation, donc à une température inférieure à 0°C. Cet air est ensuite surpressé dans le surpresseur et renvoyé à l'échangeur principal avant d'être envoyé à une colonne de distillation cryogénique.

[0002] Lorsque la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'un compresseur devient trop élevée, des instabilités que l'on appelle décollements apparaissent au niveau des aubes du compresseur. Le décrochage aérodynamique ne permet plus de pousser l'air dans le bon sens, et la partie « haute pression » du compresseur (la sortie) se vide dans sa partie « basse pression » (l'entrée). Dans certains cas extrêmes, une inversion du sens d'écoulement peut même se produire.

[0003] Ces grandes fluctuations de débit portent le nom de pompage, en raison de la nature de ce phénomène d'instabilité aérodynamique, qui donne naissance à des ondes longitudinales. Si, en augmentant la vitesse de rotation, la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'un compresseur augmente, cette augmentation de pression est limitée par ce phénomène de pompage. Lorsque le rapport de compression dépasse une valeur critique, le pompage apparaît et l'augmentation de la vitesse de rotation du compresseur n'influera presque plus sur le rapport de compression.

[0004] Si ce phénomène nivelle les performances des compresseurs, il est également parfois très destructeur pour les compresseurs.

[0005] Généralement quand l'approche du pompage est détectée, on renvoie une partie de l'air comprimé dans le compresseur en amont du compresseur après réfrigération suivie de détente dans une vanne.

[0006] Dans le cas d'un surpresseur froid, dans un but de réduire les coûts, il est souhaitable de supprimer le réfrigérant en aval de la surpression et en amont de l'échangeur de chaleur. Un tel appareil est connu de FR-A-2851330.

[0007] On pourrait envisager de renvoyer l'air surpressé dans le surpresseur froid à la propre aspiration en cas de pompage et de refroidir l'air surpressé à renvoyer à l'aspiration dans des passages dédiés de l'échangeur de chaleur, mais cette solution risque de coûter cher en compliquant l'échangeur.

[0008] La présente invention permet de résoudre le problème en ouvrant une vanne vers une turbine en aval du compresseur, afin d'augmenter le débit dans le compresseur et ainsi sortir de la zone de pompage.

[0009] Selon un objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un compresseur d'air pour comprimer tout l'air à distiller, un surpresseur d'air pour comprimer au

moins une partie de l'air à distiller, une turbine de détente pour recevoir de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne, un échangeur de chaleur, des moyens pour envoyer de l'air du compresseur à l'échangeur de chaleur ayant deux extrémités, des moyens pour prélever de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre les deux extrémités et pour l'envoyer au surpresseur, des moyens pour envoyer de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, des moyens pour envoyer de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur à la turbine, des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, des moyens pour soutirer du système de colonnes un débit enrichi en oxygène et un débit enrichi en azote, ces moyens étant reliés à l'échangeur de chaleur, des moyens pour détendre l'air surpressé dans le surpresseur, aucun moyen de refroidissement entre le refoulement du surpresseur et les moyens pour détendre l'air surpressé et des moyens pour envoyer de l'air, surpressé dans le surpresseur et détendu par les moyens de détente, en amont ou en aval de la turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour détecter la perte de charge ou le débit entre deux points du surpresseur ainsi que des moyens pour ouvrir les moyens de détente, par exemple une vanne, pour envoyer l'air surpressé en amont ou en aval de la turbine sans passer par l'échangeur de chaleur uniquement si la perte de charge ou du débit du surpresseur dépasse un seuil indiquant que le pompage est proche.

[0010] Le surpresseur peut être relié à l'entrée de la turbine de sorte que l'air surpressé puisse se détendre au moins en partie dans la turbine.

[0011] Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel on comprime tout l'air à distiller dans un compresseur d'air, on surpresse au moins une partie de l'air à distiller comprimé dans le compresseur d'air dans un surpresseur d'air, on détend dans au moins une turbine de détente de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, on sépare de l'air comprimé refroidi dans un échangeur de chaleur dans un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne, on prélève de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre ses deux extrémités pour envoyer au surpresseur, on envoie de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, on envoie de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur à la turbine, on envoie de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, on soutire du système de colonnes un débit enrichi en oxygène et un débit enrichi en azote et on réchauffe ces débits dans l'échangeur de chaleur caractérisé en ce que :

i) si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil indiquant que le

point de pompage est proche ou

ii) un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur indiquant que le point de pompage est proche,

on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur sans l'avoir refroidie entre le surpresseur et la détente et on envoie l'air surpressé détendu en amont ou en aval de l'au moins une turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé et pour le cas ii) on augmente le débit dans le surpresseur pour sortir de la zone de pompage.

[0012] Selon d'autres aspects facultatifs :

- si, de préférence uniquement si, la perte de charge entre les deux points est au dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur passe au-dessus du débit minimal du surpresseur, on envoie tout l'air du surpresseur à l'échangeur de chaleur pour se refroidir.
- si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en-dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur, on n'envoie aucune partie de l'air surpressé en amont du surpresseur.
- de l'air surpressé et détendu est détendu dans la turbine si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en dessous du seuil (et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur et de préférence aucun débit d'air provenant du surpresseur n'est détendu dans la turbine si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur passe au-dessus du débit minimal.
- si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal, l'air surpressé est détendu jusqu'à la pression d'une colonne du système de colonnes, est mélangé avec l'air provenant de la turbine et est envoyé à la colonne.
- le procédé de séparation s'effectue dans un appareil de séparation par distillation cryogénique.
- si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil ou débit du surpresseur est au-dessus du débit minimal, on envoie tout l'air surpressé se refroidir dans l'échangeur de chaleur.
- l'air surpressé détendu envoyé à la turbine est envoyé à une turbine couplée au surpresseur dont provient l'air.
- l'air surpressé détendu envoyé à la turbine est envoyé à une turbine recevant de l'air, voire tout l'air qu'elle détend, du surpresseur.
- la turbine reçoit de l'air du surpresseur uniquement dans le cas où la perte de charge entre les deux points du surpresseur est en dessous du seuil.
- si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du

surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur dans des moyens de détente autre qu'une turbine.

- 5 - si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur dans une vanne.
- 10 - si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur jusqu'à une pression d'entrée ou de sortie d'une turbine de l'appareil, voire jusqu'à la pression d'une colonne de l'appareil.
- 15 - le surpresseur d'air a une température d'entrée entre 0°C et -180°C, voire entre -60°C et -180°C.

20 **[0013]** L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant à la figure qui illustre un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique selon l'invention.

25 **[0014]** 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 deuxième 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 LIN est envoyé en tête de la deuxième colonne par certaines phases pour aider à tenir le procédé en froid. Un fluide riche en oxygène est envoyé se réchauffer à l'échangeur E, par exemple l'oxygène liquide 31 peut se vaporiser dans l'échangeur de chaleur E. Un fluide riche en azote est envoyé se réchauffer à l'échangeur E.

35 **[0015]** L'appareil comprend une première turbine de détente d'air T1, une deuxième turbine de détente d'air T2, un premier surpresseur d'air C1 couplé à la première turbine et un deuxième surpresseur d'air C2 couplé à la deuxième turbine.

40 **[0016]** 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. Une deuxième fraction 5 est envoyée au premier surpresseur C1 où elle est comprimée à une pression supérieure à celle (P) de la première fraction 3. La sortie du premier surpresseur C1 est reliée à l'entrée de ce surpresseur par une conduite 25 à travers une vanne V8.

55 **[0017]** 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 surpresseur est envoyée vers la première et la deuxième turbines à travers le clapet ouvert CL3 et les vannes ouvertes V5, V13, V4, V19.

[0018] 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 surpresseur C1. Ensuite elle est envoyée vers le deuxième surpresseur C2.

[0019] 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 surpresseur 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.

[0020] Si le surpresseur C1 s'approche de son point de pompage, une partie de l'air surpressé est prise après refroidissement dans un refroidisseur en aval du surpresseur, détendue par la vanne V8 et renvoyée à l'aspiration du surpresseur C1.

[0021] Si le surpresseur C2, alimenté par de l'air 19 provenant d'un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur E, s'approche de son point de pompage, aucune partie de l'air surpressé dans le surpresseur C2 n'est envoyée à l'aspiration du surpresseur C2. Le surpresseur C2 n'a pas de réfrigérant en aval du surpresseur. Si le débit surpressé en C2 passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche, une partie de l'air surpressé est envoyée par la conduite 23, détendue dans la vanne V3 et arrive à l'aspiration de la turbine T2 pour y être détendue et envoyée à la distillation.

[0022] Le seuil de détection de l'approche du point de pompage est défini en définissant un seuil de perte de charge entre deux points du surpresseur à ne pas dépasser. Tant que la perte de charge reste en dessous du seuil, on envoie tout l'air surpressé à l'échangeur de chaleur pour y liquéfier.

[0023] Une fois que la perte de charge a atteint le seuil, on ouvre la vanne permettant à l'air de passer vers la turbine.

[0024] Le reste de l'air surpressé est renvoyé à l'échangeur de chaleur E à travers le clapet CL1 et se liquéfie au moins partiellement dans l'échangeur avant d'être détendu dans la vanne V9 et envoyé à la colonne K1.

[0025] Alternativement, la partie de l'air envoyée à l'entrée de la turbine T2 peut être envoyée à la sortie de celle-ci arrivant dans la conduite 17. Dans ce cas, la vanne de détente de l'air détendra cette partie de l'air jusqu'à une pression légèrement au-dessus de la pression de la colonne K1.

[0026] Il est également possible d'envoyer la partie de l'air non pas vers la turbine T2 mais vers l'entrée ou la sortie de la turbine T1. L'air peut même être envoyé aux

deux turbines T1, T2, aux entrées des deux, aux sorties des deux ou à l'entrée d'une et à la sortie de l'autre.

[0027] 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 surpresseur est envoyée vers le deuxième surpresseur C2.

[0028] 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 surpresseur C1. Ensuite elle est envoyée vers la première et la deuxième turbines.

[0029] Dans ce cas aussi si le surpresseur C2, alimenté par de l'air 19 provenant d'un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur E, s'approche de son point de pompage, aucune partie de l'air surpressé dans le surpresseur C2 n'est envoyée à l'aspiration du surpresseur C2. Le surpresseur C2 n'a pas de réfrigérant en aval du surpresseur.

[0030] Si le débit surpressé en C2 passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche, une partie de l'air surpressé est envoyée par la conduite 23, détendue dans la vanne V3 et arrive à l'aspiration de la turbine T2, sans passer par l'échangeur E, pour être détendue dans la turbine T2 et envoyée à la distillation.

[0031] Le seuil de détection de l'approche du point de pompage est défini en définissant un seuil de perte de charge entre deux points du surpresseur à ne pas dépasser. Cette différence de pression est équivalente au débit minimal d'air dans le surpresseur sous lequel il ne faut pas passer. Tant que la perte de charge reste au-dessus du seuil, on envoie tout l'air surpressé à l'échangeur de chaleur pour y liquéfier.

[0032] Une fois que la perte de charge passe sous le seuil, on ouvre la vanne permettant à l'air de passer vers la turbine.

[0033] Il est aussi possible de déclencher l'ouverture de la vanne si le débit d'air dans le surpresseur passe en dessous d'un seuil.

[0034] Le reste de l'air surpressé est renvoyé à l'échangeur de chaleur E à travers le clapet CL1 et se liquéfie au moins partiellement dans l'échangeur avant d'être détendu dans la vanne V9 et envoyé à la colonne K1.

[0035] Alternativement, la partie de l'air envoyée à l'entrée de la turbine T2 peut être envoyée à la sortie de celle-ci arrivant dans la conduite 17. Dans ce cas, la vanne de détente de l'air détendra cette partie de l'air jusqu'à une pression légèrement au-dessus de la pression de la colonne K1.

[0036] Il est également possible d'envoyer la partie de l'air non pas vers la turbine T2 mais vers l'entrée ou la sortie de la turbine T1. L'air peut même être envoyé aux deux turbines T1, T2, aux entrées des deux, aux sorties des deux ou à l'entrée d'une et à la sortie de l'autre.

[0037] Un fluide riche en oxygène est envoyé se réchauffer à l'échangeur E, par exemple l'oxygène liquide 31 peut se vaporiser dans l'échangeur de chaleur E. Un

fluide riche en azote est envoyé se réchauffer à l'échangeur E.

[0038] L'invention s'applique également au cas dans lequel l'appareil ne comprend qu'une seule turbine d'air couplée à un surpresseur froid.

[0039] Dans ce cas, l'air est envoyé en service normal du surpresseur 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] Dans le cas où une partie de l'air surpressé se liquéfie dans l'échangeur de chaleur et est détendu dans une vanne V9 en amont du système de colonnes, quand le débit d'air surpressé dans le surpresseur C1 passe en dessous d'un seuil indiquant l'approche du pompage, on peut augmenter le débit de liquide passant dans la vanne V9. Cette vanne sera alors dimensionnée sur ce cas de fonctionnement.

[0041] Il sera compris que l'appareil peut comprendre un seul surpresseur froid et une seule turbine, recevant ou non de l'air du surpresseur froid en dehors de période de risque de pompage.

[0042] Cette invention s'applique à tout procédé utilisant un surpresseur froid d'air dans un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique. Elle s'applique par exemple aux procédés de FR2943408, WO05064252, EP2831525, JP2015114083, JP54162678, EP1055894, EP2600090, JP2005221199, EP2963370, EP2963369, FR2913670, FR3033397, EP2458311, EP1782011, EP1711765, FR2895068, EP2489968, DE102011121314, EP1014020, FR2985305, DE102006027650, FR2861841, FR3010778, EP644388 et FR2721383.

[0043] Le surpresseur d'air a une température d'entrée de préférence entre 0°C et -180°C, voire entre -60°C et -180°C.

Revendications

1. Appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un compresseur d'air pour comprimer tout l'air à distiller, un surpresseur d'air (C2) pour comprimer au moins une partie de l'air à distiller, une turbine de détente (T1, T2) pour recevoir de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne (K1, K2), un échangeur de chaleur (E), des moyens pour envoyer de l'air du compresseur à l'échangeur de chaleur ayant deux extrémités, des moyens (19) pour prélever de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre les deux extrémités et pour l'envoyer au surpresseur, des moyens (CL1, 21) pour envoyer de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, des moyens pour envoyer de l'air refroidi (9, 11) dans l'échangeur de chaleur à la turbine, des moyens (17,

13) pour envoyer de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, des moyens pour soutirer du système de colonnes un débit enrichi en oxygène (31) et un débit enrichi en azote (33), ces moyens étant reliés à l'échangeur de chaleur des moyens (V3) pour détendre l'air surpressé dans le surpresseur, aucun moyen de refroidissement entre le refoulement du surpresseur et les moyens pour détendre l'air surpressé et des moyens pour envoyer de l'air, surpressé dans le surpresseur et détendu par les moyens de détente, en amont ou en aval de la turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens pour détecter la perte de charge ou le débit entre deux points du surpresseur (C2) ainsi que des moyens pour ouvrir les moyens de détente (V3) pour envoyer l'air surpressé en amont ou en aval de la turbine sans passer par l'échangeur de chaleur uniquement si la perte de charge ou du débit du surpresseur dépasse un seuil indiquant que le pompage est proche.

2. Appareil selon la revendication 1 dans lequel le surpresseur (C2) est relié à l'entrée de la turbine (T2) de sorte que l'air surpressé puisse se détendre au moins en partie dans la turbine.

3. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel on comprime tout l'air à distiller dans un compresseur d'air, on surpresse au moins une partie de l'air à distiller comprimé dans le compresseur d'air dans un surpresseur d'air (C2), on détend dans au moins une turbine de détente (T2, T1) de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, on sépare de l'air comprimé refroidi dans un échangeur de chaleur (E) dans un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne (K1, K2), on prélève de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre ses deux extrémités pour envoyer au surpresseur, on envoie de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, on envoie de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur à la turbine, on envoie de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, on soutire du système de colonnes un débit enrichi en oxygène (31) et un débit enrichi en azote (33) et on réchauffe ces débits dans l'échangeur de chaleur **caractérisé en ce que :**

- i) si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche ou
- ii) si un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur indiquant que le point de pompage est proche,

on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur sans l'avoir refroidi entre le surpresseur et

- la détente et on envoie l'air surpressé détendu en amont ou en aval de l'au moins une turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé et pour le cas ii) on augmente le débit dans le surpresseur pour sortir de la zone de pompage. 5
4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel si, de préférence uniquement si, la perte de charge entre les deux points est au dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur (C2) est au dessus du débit minimal du surpresseur, on envoie tout l'air du surpresseur à l'échangeur de chaleur (E) pour se refroidir 10
5. Procédé selon la revendication 3 dans lequel que si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en-dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur, on n'envoie aucune partie de l'air surpressé en amont du surpresseur. 15 20
6. Procédé selon la revendication 3 ou 4 dans lequel de l'air surpressé et détendu est détendu dans la turbine (T2) si la perte de charge entre les deux points du surpresseur (C2) passe en dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur et de préférence aucun débit d'air provenant du surpresseur n'est détendu dans la turbine si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur passe au-dessus du débit minimal. 25 30
7. Procédé selon la revendication 3 ou 4 dans lequel si la perte de charge entre les deux points du surpresseur (C2) passe en dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal, l'air surpressé est détendu jusqu'à la pression d'une colonne (K1, K2) du système de colonnes, est mélangé avec l'air provenant de la turbine (T2) et est envoyé à la colonne. 35 40
8. Procédé selon la revendication 3, 4, 5 ou 6 dans lequel si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil, on envoie tout l'air surpressé se refroidir dans l'échangeur de chaleur (E). 45
9. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6 ou 8 dans lequel l'air surpressé détendu envoyé à la turbine (T2) est envoyé à une turbine couplée au surpresseur dont provient l'air. 50
10. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6 ou 8 dans lequel l'air surpressé détendu envoyé à la turbine est envoyé à une turbine (T2) recevant de tout l'air qu'elle détend, du surpresseur (C2). 55
11. Procédé selon l'une des revendications 3 à 8 dans lequel la turbine (T2) reçoit de l'air du surpresseur uniquement dans le cas où la perte de charge entre les deux points du surpresseur est en dessous du seuil.

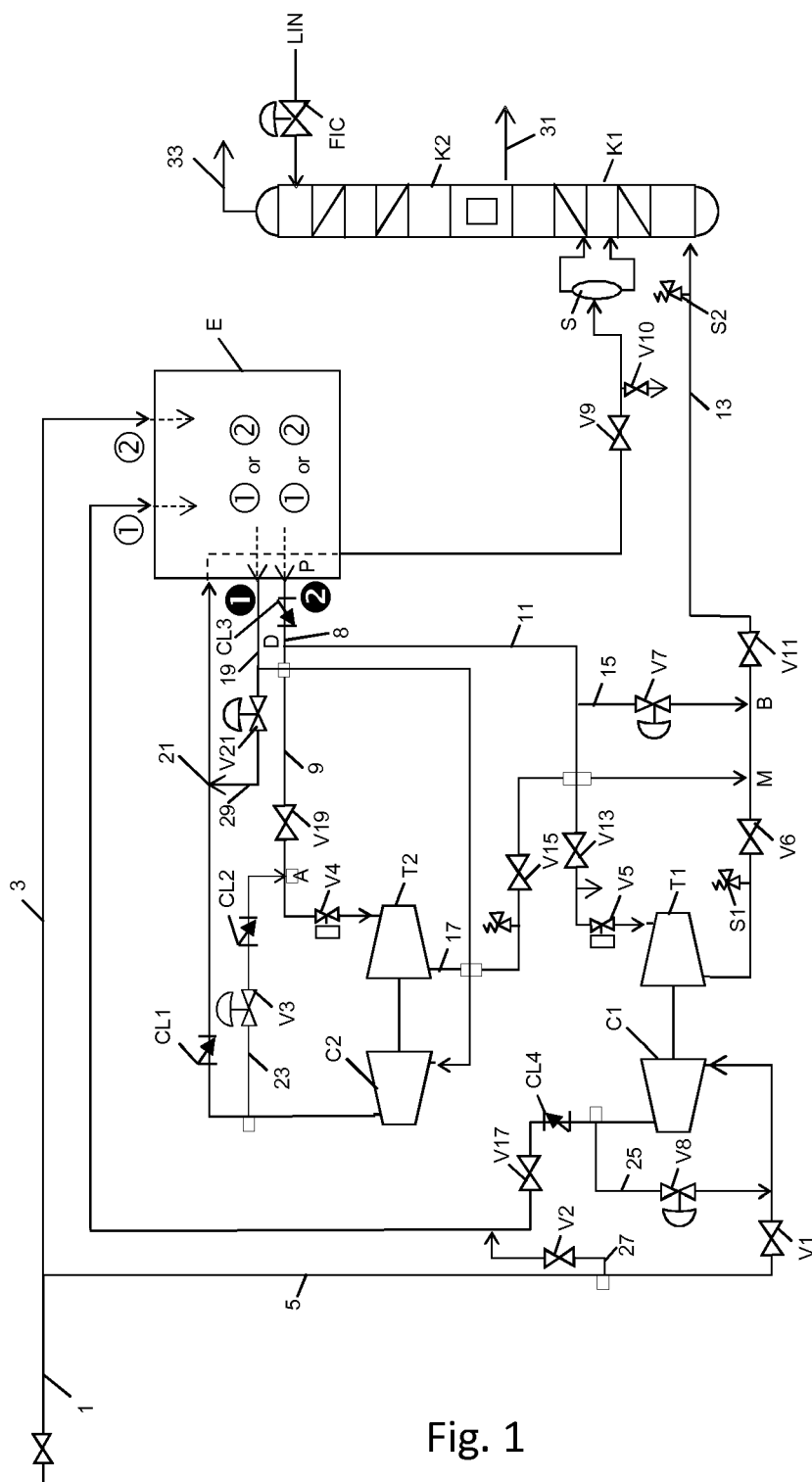


Fig. 1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 18 6782

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	FR 2 851 330 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 20 août 2004 (2004-08-20) * page 12, lignes 26-28; figure 2 *	1-11	INV. F25J3/04
A	& EP 0 644 388 A1 (BOC GROUP INC [US]) 22 mars 1995 (1995-03-22) * figure *	1-11	
A	GB 1 500 610 A (NUOVO PIGNONE SPA) 8 février 1978 (1978-02-08) * figure 3 *	1-11	
A	Macconnell: "Process Control and Optimization, Vol. II, Chapter 8.37 - Separation Controls, Air", Instrument Engineers' Handbook 1 janvier 2006 (2006-01-01), pages 2123-2136, XP055173780, Extrait de l'Internet: URL:ftp://ftp.ucauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Instrumentacion%20Industrial/Instrument%20Engineers'%20Handbook,%20Fourth%20Edition,%20Volume%20Two-%20Process%20Control%20and%20Optimization/1081ch8_37.pdf [extrait le 2015-03-04] * page 2131; figure 8.37i *	1-11	
A	CN 201 173 660 Y (HANGZHOU FUSIDA GAS EQUIPMENT [CN]) 31 décembre 2008 (2008-12-31) * figure 5 *	1-11	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 6 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 6782

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.

06-12-2018

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

40

45

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 [0006]
- FR 2943408 [0042]
- WO 05064252 A [0042]
- EP 2831525 A [0042]
- JP 2015114083 B [0042]
- JP 54162678 B [0042]
- EP 1055894 A [0042]
- EP 2600090 A [0042]
- JP 2005221199 B [0042]
- EP 2963370 A [0042]
- EP 2963369 A [0042]
- FR 2913670 [0042]
- FR 3033397 [0042]
- EP 2458311 A [0042]
- EP 1782011 A [0042]
- EP 1711765 A [0042]
- FR 2895068 [0042]
- EP 2489968 A [0042]
- DE 102011121314 [0042]
- EP 1014020 A [0042]
- FR 2985305 [0042]
- DE 102006027650 [0042]
- FR 2861841 [0042]
- FR 3010778 [0042]
- EP 644388 A [0042]
- FR 2721383 [0042]