(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
26 mars 2015 (26.03.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/040306 A2

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/052228

(22) Date de dépôt international :
9 septembre 2014 (09.09.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1358927 17 septembre 2013 (17.09.2013) FR

(71) Déposant : **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE** [FR/FR]; 75, Quai d'Orsay, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **ASSE, Alexis**; 81, avenue Philippe Auguste, F-75001 Paris (FR). **BERTHAUME, Ingrid**; 5, square Charles Péguy, F-94490 Ormesson Sur Marne (FR). **BRIGLIA, Alain**; 6 Fuchun Road, Building 3 Unit 1 Room 802, Hangzhou, Zhejiang 310000 (CN). **DUBETTIER-GRENIER, Richard**; 19 Avenue du Centenaire, F-94210 La Varenne Saint Hilaire (FR). **LE BOT, Patrick**; 50/52, rue de la Jarry, F-94300 Vincennes (FR). **PEYRON, Jean-Marc**; 5, avenue de la Reine Blanche, F-94000 Creteil (FR).

(74) Mandataire : **MERCEY, Fiona**; L'air Liquide S.A., Département Propriété Intellectuelle, 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : PROCESS AND APPARATUS FOR PRODUCING GASEOUS OXYGEN BY CRYOGENIC DISTILLATION OF AIR

(54) **Titre** : PROCÉDÉ ET APPAREIL DE PRODUCTION D'OXYGÈNE GAZEUX PAR DISTILLATION CRYOGÉNIQUE DE L'AIR

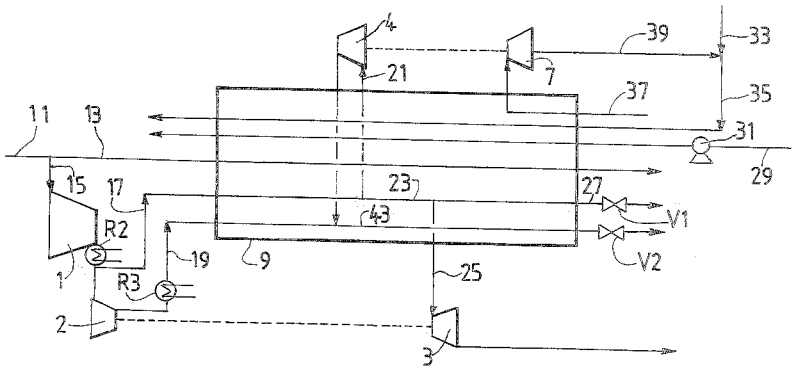


FIG.1

(57) **Abstract** : Process for producing gaseous oxygen by cryogenic distillation of air in which a portion (15) of the feed air flow is brought to a pressure P1, by means of a first compressor (1), the suction temperature T0 of which is between 0 and 50°C, the gas at the pressure P1 is cooled, in order to generate a stream of air at the pressure P1 and the temperature T1 between 5°C and 45°C, a portion (17, 19) of the air compressed in the first compressor undergoes an additional compression step starting from the temperature T1 and from the pressure P1 to a pressure P2 greater than P1, then is cooled, to the temperature T2 where T2 and T1 differ by less than 10°C.

(57) **Abrégé** : Procédé de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air dans lequel une partie (15) du débit d'air d'alimentation est porté à une pression P1, au moyen d'un premier

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/040306 A2

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

compresseur (1) dont la température d'aspiration T0 est comprise entre 0 et 50°C, le gaz à la pression P1 est refroidi, pour générer un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, une partie (17,19) de l'air comprimé dans le premier compresseur subit une étape de compression additionnelle à partir de la température T1 et de la pression P jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, puis est refroidie, jusqu'à la température T2 où T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C.

Procédé et appareil de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air

La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air.

Un objet de l'invention est l'amélioration des performances énergétiques d'une unité de séparation d'air produisant un gaz, généralement de l'oxygène, à une pression supérieure à 20bar a, par vaporisation de l'échangeur principal d'oxygène liquide, soutiré des colonnes de distillation et porté à haute pression au moyen d'une pompe.

Dans les unités de production d'oxygène par vaporisation de liquide, l'efficacité énergétique de l'installation dépend en grande partie de la façon dont on procède pour générer le fluide chaud sous pression, généralement de l'air d'alimentation, qui, en se condensant vers le bout froid de l'échangeur, permettra la vaporisation de l'oxygène par échange de calories.

US-A-5475980 décrit un procédé de séparation d'air dans lequel une partie de de l'air est comprimée dans un surpresseur chaud et une autre partie dans un surpresseur froid jusqu'à des pressions sensiblement identiques. La compression froid provoque une entrée de chaleur de compression dans l'échangeur de chaleur. Or une partie de l'air surpressé dans le surpresseur froid est détendue dans une turbine de détente. Pour cette raison, il n'est pas possible de réduire le débit surpressée à froid en dessous d'une certaine valeur puisque l'air disponible pour la détente serait insuffisante.

Dans la présente invention, le débit d'air envoyé à la turbine n'a pas été surpressé dans le surpresseur froid et ainsi il est possible de minimiser la quantité de chaleur de compression.

Toutes les pressions mentionnées sont des pressions absolues.

L'invention propose une méthode particulièrement efficace pour générer ce gaz sous pression, par la succession des plusieurs opérations.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air dans lequel :

i) tout ou partie du débit d'air d'alimentation est porté à une pression P1, supérieure d'au moins 5 bars à la pression de la colonne moyenne pression, au moyen d'un premier compresseur (dont la température d'aspiration T0 est comprise entre 0 et 50°C, préférablement entre 5 et 30°C,

ii) le gaz à la pression P1 est refroidi, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, pour générer un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C,

iii) une partie de l'air comprimé dans le premier compresseur subit une étape de compression additionnelle à partir de la température T1 et de la pression P1 jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, puis est refroidie, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, jusqu'à la température T2 où T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C,

iv) cette partie refroidie est ensuite introduite dans un échangeur de chaleur d'une unité de séparation d'air pour subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à ou égale à -100°C,

v) une autre partie de l'air est introduite à la pression P1 dans un échangeur de chaleur de l'unité de séparation d'air, éventuellement celui de l'étape iv), pour y subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à -100°C, puis au moins une fraction de cette autre partie est comprimée à partir de cette température cryogénique dans un deuxième compresseur (4) jusqu'à une pression P3 qui est soit égale à P2, ou soit supérieure ou inférieure de moins de 5 bars à P2,

vi) la fraction ainsi comprimée dans le deuxième compresseur est renvoyée dans un des échangeurs précédents ou dans l'échangeur pour y être refroidie jusqu'à une température inférieure à -100°C,

vii) au moins une partie de l'air à la pression P2 et au moins une partie de l'air à la pression P3 et éventuellement au moins une partie du flux à la pression P1 sont refroidies jusqu'au bout froid de l'échangeur où elles se liquéfient, puis sont envoyées après détente dans au moins une colonne de distillation de l'unité de séparation d'air,

viii) au moins 50%, préférablement au moins 70%, du débit d'air total alimente sous forme gazeuse au moins une colonne de distillation de l'unité, après avoir été détendu dans une turbine de détente

ix) de l'air se sépare dans le système de colonnes et

x) de l'oxygène liquide est soutiré d'une des colonnes de distillation, pressurisé au moyen d'une pompe à la pression requise qui est supérieure à 20 bars abs, vaporisé par échange de chaleur, puis réchauffé pour être utilisé sous forme de produit gazeux

caractérisé en ce que l'air est détendu dans la turbine de détente à partir de la pression P1 ou P2 ou d'une pression entre P1 et P2.

Selon d'autres aspects facultatifs de l'invention :

- une troisième partie de l'air à une pression inférieure à P1 se refroidit dans l'échangeur et est envoyé à la distillation,
- le deuxième compresseur est accouplé à une autre turbine de détente,
- l'unité de séparation comprend une colonne moyenne pression et une colonne basse pression et un gaz enrichi en azote issu de la colonne moyenne pression est détendu dans une turbine,
- le deuxième compresseur est accouplé à une turbine et un système de fourniture ou d'extraction de puissance complémentaire ou excédentaire est intégré entre la turbine et le deuxième compresseur, soit directement sur l'arbre commun de la turbine/deuxième compresseur, soit par l'intermédiaire d'un multiplicateur,
- la fraction comprimée dans le deuxième compresseur et la partie qui subit une compression additionnelle sont re-mélangés dans l'échangeur de l'unité de séparation d'air pour ne former qu'un débit unique à la pression P2,
- la pression P3 est supérieure ou inférieure à P2 d'au plus 2 bars,
- au moins une partie de l'air gazeux envoyé aux colonnes de distillation a été détendu dans une turbine à partir de la pression P1 ou d'une pression intermédiaire entre la pression P1 et P2,

- au moins une partie de l'air gazeux envoyé aux colonnes de distillation a été détendu dans une turbine à partir de la pression P2 ,
- la pression P1 est entre 20 et 25 bars,
- la pression P2 est entre 50 et 60 bars,
- la pression P3 est entre 50 et 60 bars
- la fraction de l'air comprimé dans le deuxième compresseur est comprimée jusqu'à la pression P2 et est mélangé avec la partie de l'air à la pression P2 pour se refroidir dans l'échangeur de chaleur.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air comprenant un système de colonnes, un premier compresseur, un deuxième compresseur, au moins un échangeur de chaleur, des moyens pour envoyer tout ou partie du débit d'air d'alimentation au premier compresseur capable de porter sa pression à une pression P1, supérieure d'au moins 5 bars à la pression de la colonne moyenne pression, un premier refroidisseur pour refroidir le gaz à la pression P1, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, pour générer un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C, des moyens pour comprimer une partie de l'air comprimé dans le premier compresseur à la pression P1 jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, un deuxième refroidisseur pour refroidir la partie de l'air à P2, jusqu'à la température T2 où T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C, des moyens pour envoyer cette partie refroidie dans le ou un des échangeur de chaleur pour subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à ou égale à -100°C, des moyens pour introduire une autre partie de l'air à la pression P1 dans le ou un des échangeur de chaleur de l'unité de séparation d'air, pour y subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à -100°C, des moyens pour envoyer au moins une fraction de cette autre partie au deuxième compresseur à partir de cette température cryogénique dans un deuxième compresseur jusqu'à une pression P3 qui est soit égale à P2, ou soit supérieure ou inférieure de moins de 5 bars à P2, des moyens pour renvoyer la fraction ainsi comprimée dans le deuxième compresseur dans un des échangeurs précédents

ou dans l'échangeur pour y être refroidie jusqu'à une température inférieure à -100°C, des moyens pour envoyer au moins un gaz liquéfié à la pression P1 et/ou à la pression P2 et/ou à la pression P3 dans au moins une colonne de distillation de l'unité de séparation d'air, une turbine de détente capable de détendre au moins 50%, préférablement au moins 70%, du débit d'air total reliée à au moins une colonne du système et des moyens pour soutirer de l'oxygène liquide d'une colonne du système, une pompe pour pressuriser le liquide et des moyens pour envoyer le liquide pompé à le/un des échangeur de chaleur caractérisé en ce que la turbine de détente est reliée à la sortie du premier compresseur pour recevoir de l'air qui en provient mais est reliée de sorte qu'elle ne reçoit pas d'air du deuxième compresseur.

.

Selon d'autres aspects facultatifs de l'invention :

-les moyens pour surpresser une partie de l'air à la pression P2 sont constitués par un compresseur.

-la sortie du deuxième compresseur et la sortie des moyens pour surpresser une partie de l'air à la pression P2 sont reliées à au moins un passage commun de l'échangeur de chaleur pour refroidir les deux débits d'air surpressés dans le deuxième compresseur et les moyens pour surpresser.

-le deuxième compresseur est couplé à une turbine autre que la turbine d'air.

-le deuxième compresseur est couplé à une turbine d'azote alimentée par le système de colonnes.

Tout ou partie du débit d'air d'alimentation est porté à une pression P1, supérieure à au moins 5 bars au dessus de la colonne moyenne pression, au moyen d'un compresseur dont la température d'aspiration T0 est comprise entre 0 et 50°C, préférablement entre 5 et 30°C. En sortie de compresseur, le gaz est refroidi, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, pour générer un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C.

Une partie de ce flux subit une étape de compression additionnelle à partir de la température T1 et de la pression P1 jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, puis est refroidie, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, jusqu'à la température T2. T2 et T1 ne diffère que de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C. Ce débit est ensuite introduit dans un échangeur E1 de l'unité de séparation d'air pour subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure au égale à -100°C.

Une autre partie de ce flux est introduite à la pression P1 et à la température T1 dans un échangeur de l'unité de séparation d'air, éventuellement E1, pour y subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à -100°C, puis au moins une fraction de cette partie est comprimé à partir de cette température cryogénique dans un compresseur jusqu'à une pression égale à P2, ou différant de moins de 5 bars à P2. Le débit ainsi comprimé est renvoyé dans un des échangeurs précédents pour y être refroidi jusqu'à une température inférieure à -100°C.

Au moins une partie de chacun des débits porté à une haute pression est refroidie jusqu'au bout froid de l'échangeur ou elles se liquéfient, puis sont envoyées après détentes dans les colonnes de distillation.

Eventuellement une troisième partie du flux à la température T1 et à la pression P1 est envoyée dans un échangeur de l'unité de séparation d'air.

Au moins 50%, préférablement au moins 70%, du débit d'air total alimente sous forme gazeuse les colonnes de distillation de l'unité, éventuellement après avoir été détendu à partir de l'une des pressions précédemment citées dans une turbine de détente.

Du liquide est soutiré des colonnes de distillation, pressurisé au moyen d'une pompe à la pression requise, vaporisé par échange de chaleur, en particulier lors de l'étape 4), puis réchauffé pour être utilisé sous forme de produit gazeux.

La compression du flux sous pression à partir de la température cryogénique telle que décrite ci-dessous se fait dans un surpresseur accouplé à une turbine de détente

Un gaz enrichi en azote issu de la colonne moyenne pression est détendu dans une turbine pour réaliser cette compression.

La puissance fournie par la turbine diffère significativement de la puissance requise par le compresseur cryogénique, de sorte qu'un système de fourniture (respectivement d'extraction) de puissance complémentaire (respectivement excédentaire) soit intégré entre la turbine et le surpresseur, soit directement sur l'arbre commun de la turbine/surpresseur, soit par l'intermédiaire d'un multiplicateur

Les débits à la pression P2 générés sont re-mélangés dans l'échangeur de l'unité de séparation d'air pour ne former qu'un débit unique à la pression P2.

L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant aux figures qui représentent des procédés selon l'invention.

La Figure 1 et la Figure 2 représentent la partie échange de chaleur d'un appareil de séparation d'air à distillation cryogénique.

Les Figures 3 et 4 représentent des façons de disposer un surpresseur froid et une turbine.

Pour simplifier, les figures ne montrent pas l'appareil de séparation d'air qui comprend au moins une double colonne comprenant une colonne moyenne pression et une colonne basse pression, la tête de la colonne moyenne pression étant thermiquement reliée avec la cuve de la colonne basse pression. De l'air est envoyé à la colonne moyenne pression et éventuellement à la colonne basse pression. Des liquides de reflux enrichis en oxygène et en azote sont envoyés de la colonne moyenne pression à la colonne basse pression.

Un liquide enrichi en oxygène est soutiré en cuve de la colonne basse pression et se vaporise dans l'échangeur où se refroidit l'air.

Dans la Figure 1, de l'air 11 à une pression P0 est épuré. Une partie 15 du débit d'air d'alimentation 11 est portée à une pression P1, supérieure à au moins 5 bars au dessus de la colonne moyenne pression, au moyen d'un compresseur 1 dont la température d'aspiration T0 est comprise entre 0 et 50°C, préférablement entre 5 et 30°C. En sortie de compresseur 1, le gaz est refroidi dans un refroidisseur R2, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, pour générer

un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C.

Une partie de ce flux subit une étape de compression additionnelle dans un compresseur 2 à partir de la température T1 et de la pression P1 jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, puis est refroidie dans un refroidisseur R3, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, jusqu'à la température T2. T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C. Ce débit refroidi 19 est ensuite introduit dans un échangeur de chaleur 9 de l'unité de séparation d'air pour subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure au égale à -100°C.

Une autre partie 17 de ce flux est introduite à la pression P1 et à la température T1 dans l'échangeur 9, pour y subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à -100°C. Puis une fraction 21 de la partie 17 est comprimée à partir de cette température cryogénique dans un compresseur 4 jusqu'à une pression P3 égale à P2. Le débit ainsi comprimé est renvoyé dans l'échangeur E1 pour y être refroidi jusqu'à une température inférieure à -100°C.

Une partie 43 du débit 19 et une partie 27 de la fraction 17, 23 sont refroidies jusqu'au bout froid de l'échangeur 9 où elles se liquéfient, puis sont envoyées après détente dans les vannes V1, V2 dans la double colonne.

Au moins 50%, préférablement au moins 70%, du débit d'air total 11 alimente comme débit 25 sous forme gazeuse les colonnes de distillation de l'unité. Une partie 25 de l'air à la pression P1 est détendue dans une turbine de détente 3. La turbine de détente a une température d'entrée inférieure à celle du compresseur 4.

De l'oxygène liquide 29 est soutiré de la colonne basse pression, pressurisé au moyen d'une pompe 31 à la pression requise, vaporisé par échange de chaleur dans l'échangeur 9, puis réchauffé pour être utilisé sous forme de produit gazeux.

De l'azote moyenne pression 37 provenant de la colonne moyenne pression se réchauffe dans l'échangeur 9, est détendu dans la turbine 7 et est

envoyé comme débit 39 se mélanger avec l'azote basse pression 33 pour former le débit 35. Le débit 35 se réchauffe dans l'échangeur 9.

Dans la Figure 2, l'air se refroidit dans l'échangeur à quatre pressions différentes. L'air à la pression P0 de 5,5 bars est divisé en deux, une partie 13 se refroidissant dans l'échangeur. L'air 15 se refroidit dans le compresseur 1 et à un niveau intermédiaire de celui-ci se trouve à une pression P1 d'entre 20 et 25 bars et une température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C. L'air à cette pression et température est divisé en deux. Une partie 12 est envoyée au deuxième compresseur 4 à la pression P1 entre 20 et 25 bars et comprimée à la pression la plus élevée P3 entre 50 et 60 bars. Le reste 13 de l'air à P1 et T1 est renvoyé au compresseur 1 et comprimé dans les derniers étages du compresseur 1, refroidi dans le refroidisseur R2 puis divisé en deux. Une partie 17 est envoyée à l'échangeur 9 où elle se refroidit jusqu'à une température intermédiaire. A cette température, elle est divisée en deux, une partie 25 étant envoyée à la turbine 3 et le reste de l'air étant liquéfié et détendu dans la vanne V2. Le reste 15 de l'air sortant du refroidisseur R2 est envoyé au compresseur 2. L'air refroidi provenant du compresseur 2 est à une pression P2 entre 50 et 60 bars et une température T2. T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C. L'air 21 est comprimé à froid et est mélangé avec le gaz 19 provenant du compresseur 2 à la pression P2, entre 50 et 60 bars. L'air à détendre 25 est pris à une autre pression intermédiaire, plus élevée que celle à laquelle est pris l'air envoyé au deuxième compresseur. Cette pression intermédiaire est la pression de sortie du premier compresseur 1, entre P2 et P1.

Dans la Figure 3, le deuxième compresseur 4 comprimant l'air 21 est couplé à une turbine d'azote 7 détendant le débit 37 pour produire le débit 39. Le système peut également comprendre un système de fourniture ou d'extraction de puissance complémentaire ou excédentaire K intégré entre la turbine et le deuxième compresseur, directement sur l'arbre commun de la turbine/deuxième compresseur. Sinon, comme illustré dans la Figure 4, le système K peut être relié au compresseur et à la turbine par l'intermédiaire d'un multiplicateur.

Revendications

1. Procédé de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air dans lequel :

i) tout ou partie (12, 15) du débit d'air d'alimentation est porté à une pression P1, supérieure d'au moins 5 bars à la pression de la colonne moyenne pression, au moyen d'un premier compresseur (1) dont la température d'aspiration T0 est comprise entre 0 et 50°C, préférablement entre 5 et 30°C

ii) le gaz à la pression P1 est refroidi, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, pour générer un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C,

iii) une partie (17, 19) de l'air comprimé dans le premier compresseur subit une étape de compression additionnelle à partir de la température T1 et de la pression P1 jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, puis est refroidie, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, jusqu'à la température T2 où T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C,

iv) cette partie refroidie (17, 19) est ensuite introduite dans un échangeur de chaleur (9) d'une unité de séparation d'air pour subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à ou égale à -100°C,

v) une autre partie (12, 17) de l'air est introduite à la pression P1 dans un échangeur de chaleur (9) de l'unité de séparation d'air, éventuellement celui de l'étape iv), pour y subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à -100°C, puis au moins une fraction (21) de cette autre partie est comprimée à partir de cette température cryogénique dans un deuxième compresseur (4) jusqu'à une pression P3 qui est soit égale à P2, ou soit supérieure ou inférieure de moins de 5 bars à P2,

vi) la fraction ainsi comprimée dans le deuxième compresseur est renvoyée dans un des échangeurs précédents ou dans l'échangeur (13) pour y être refroidie jusqu'à une température inférieure à -100°C.

vii) au moins une partie de l'air à la pression P2 et au moins une partie de l'air à la pression P3 (27) et éventuellement au moins une partie du flux à la pression P1 sont refroidies jusqu'au bout froid de l'échangeur où elles se liquéfient, puis sont envoyées après détente dans au moins une colonne de distillation de l'unité de séparation d'air

viii) au moins 50%, préférablement au moins 70%, du débit d'air total alimente sous forme gazeuse au moins une colonne de distillation de l'unité, après avoir été détendu dans une turbine de détente (3)

ix) de l'air se sépare dans le système de colonnes et

ix)de l'oxygène liquide (29) est soutiré d'une des colonnes de distillation, pressurisé au moyen d'une pompe (31) à la pression requise qui est supérieure à 20 bars abs, vaporisé par échange de chaleur, puis réchauffé pour être utilisé sous forme de produit gazeux

caractérisé en ce que l'air est détendu dans la turbine de détente à partir de la pression P1 ou P2 ou d'une pression entre P1 et P2.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel une troisième partie de l'air à une pression P0 inférieure à la pression P1 est envoyée dans un échangeur de chaleur ou l'échangeur de chaleur de l'unité de séparation d'air.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le deuxième compresseur (4) est accouplé à une autre turbine de détente (, 7).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'unité de séparation comprend une colonne moyenne pression et une colonne basse pression et un gaz enrichi en azote (37) issu de la colonne moyenne pression est détendu dans une turbine (7).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le deuxième compresseur (4) est accouplé à une turbine (3, 7) et un système de fourniture ou d'extraction de puissance complémentaire ou excédentaire est

intégré entre la turbine et le deuxième compresseur, soit directement sur un arbre commun de la turbine/deuxième compresseur, soit par l'intermédiaire d'un multiplicateur.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la fraction comprimée dans le deuxième compresseur (4) et la partie (19) qui subit une compression additionnelle sont re-mélangés dans l'échangeur (13) de l'unité de séparation d'air pour ne former qu'un débit unique (43) à la pression P2.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la pression P3 est supérieure ou inférieure à P2 d'au plus 2 bars.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel au moins une partie (25) de l'air gazeux envoyé aux colonnes de distillation a été détendue dans une turbine (3) à partir de la pression P1 ou d'une pression intermédiaire entre la pression P1 et P2.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel au moins une partie de l'air gazeux envoyé aux colonnes de distillation a été détendue dans une turbine à partir de la pression P2.

10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9 dans l'air détendue dans la turbine (3) n'a pas été comprimé dans un compresseur ayant une température d'entrée inférieure à la température ambiante.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel P2 est entre 50 et 60 bars et/ou P3 est entre 50 et 60 bars.

11. Appareil de production d'oxygène gazeux par distillation cryogénique de l'air comprenant un système de colonnes comprenant une colonne moyenne pression et une colonne basse pression , un premier compresseur (1), un

deuxième compresseur (2), au moins un échangeur de chaleur (9), des moyens pour envoyer tout ou partie (12, 15) du débit d'air d'alimentation au premier compresseur capable de porter sa pression à une pression P1, supérieure d'au moins 5 bars à la pression de la colonne moyenne pression, un premier refroidisseur (R1) pour refroidir le gaz à la pression P1, typiquement par échange de chaleur avec de l'eau, pour générer un flux d'air à la pression P1 et la température T1 comprise entre 5 et 45°C, préférablement entre 15 et 25°C, des moyens (1,2) pour comprimer une partie (19) de l'air comprimé dans le premier compresseur à la pression P1 jusqu'à une pression P2 supérieure à P1, un deuxième refroidisseur (R2, R3) pour refroidir la partie de l'air à P2, jusqu'à la température T2 où T2 et T1 diffèrent de moins de 10°C, typiquement moins de 5°C, des moyens pour envoyer cette partie refroidie (19) dans le ou un des échangeur de chaleur (9) pour subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à ou égale à -100°C, des moyens pour introduire une autre partie (12) de l'air à la pression P1 dans le ou un des échangeur de chaleur (9) de l'unité de séparation d'air, pour y subir un refroidissement jusqu'à une température inférieure à -100°C, des moyens pour envoyer au moins une fraction (21) de cette autre partie au deuxième compresseur à partir de cette température cryogénique dans un deuxième compresseur (4) jusqu'à une pression P3 qui est soit égale à P2, ou soit supérieure ou inférieure de moins de 5 bars à P2, des moyens pour renvoyer la fraction ainsi comprimée dans le deuxième compresseur dans un des échangeurs précédents ou dans l'échangeur pour y être refroidie jusqu'à une température inférieure à -100°C, des moyens pour envoyer au moins un gaz liquéfié à la à la pression P2 et un gaz liquéfié à la pression P3 (27) et éventuellement un gaz liquéfié à la pression P1 dans au moins une colonne de distillation de l'unité de séparation d'air, une turbine de détente (3) capable de détendre au moins 50%, préférablement au moins 70%, du débit d'air total reliée à au moins une colonne du système et des moyens pour soutirer de l'oxygène liquide (29) d'une colonne du système, une pompe pour pressuriser le liquide et des moyens pour envoyer le liquide pompé à le/un des échangeur de chaleur caractérisé en ce que la turbine de détente est reliée à la sortie du premier compresseur pour recevoir de l'air qui

en provient mais est reliée de sorte qu'elle ne reçoit pas d'air du deuxième compresseur.

12. Appareil selon la revendication 11 dans lequel les moyens (1,2) pour surpresser une partie de l'air à la pression P2 sont constitués par un compresseur (2).

13. Appareil selon la revendication 11 ou 12 dans lequel la sortie du deuxième compresseur et la sortie des moyens pour surpresser une partie de l'air à la pression P2 sont reliées à au moins un passage commun de l'échangeur de chaleur pour refroidir les deux débits d'air surpressés dans le deuxième compresseur et les moyens pour surpresser.

14. Appareil selon l'une des revendications 11 à 13 dans lequel le deuxièlme compresseur est couplé à une turbine (7) autre que la turbine d'air (3).

15. Appareil selon la revendication 14 dans lequel le deuxième compresseur (4) est couplé à une turbine d'azote (7) alimentée par le système de colonnes.

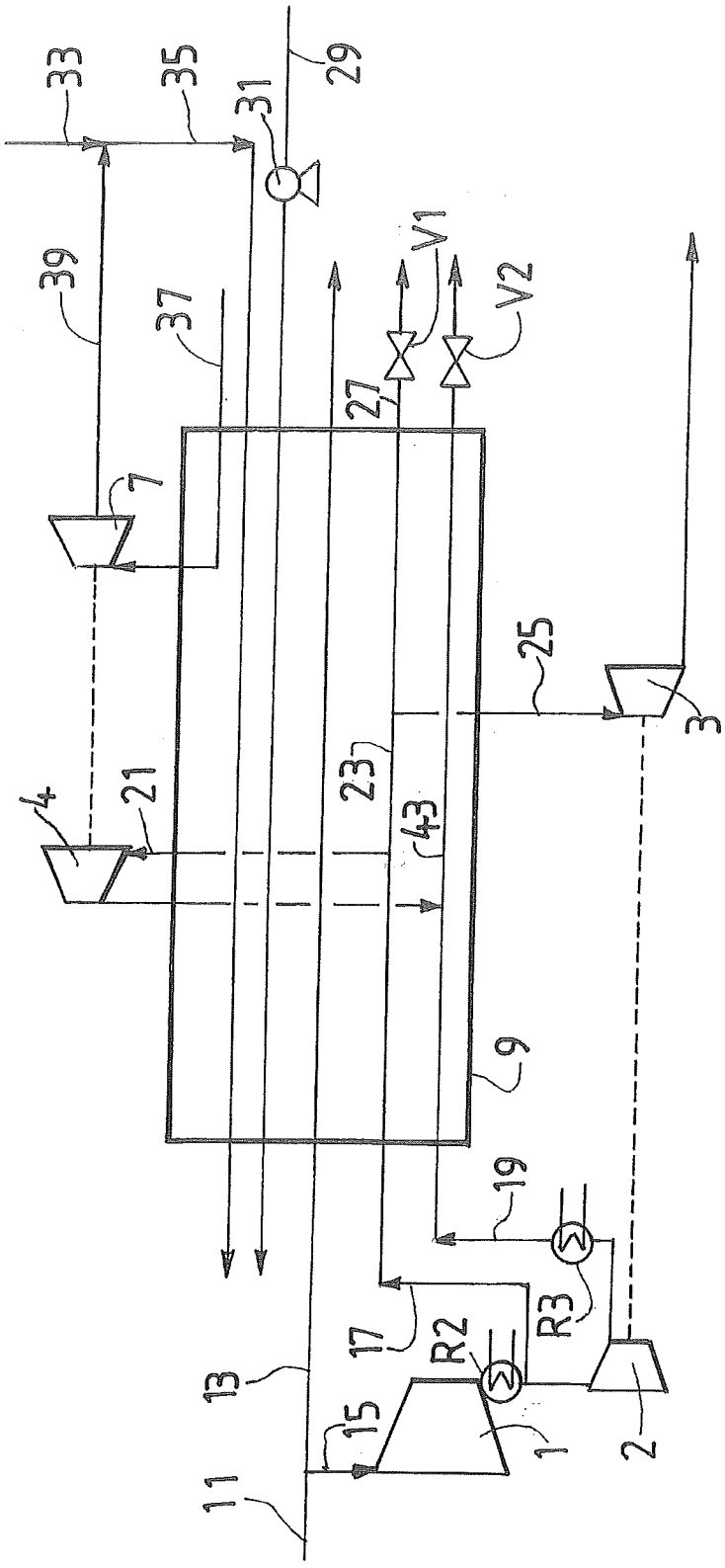


FIG.1

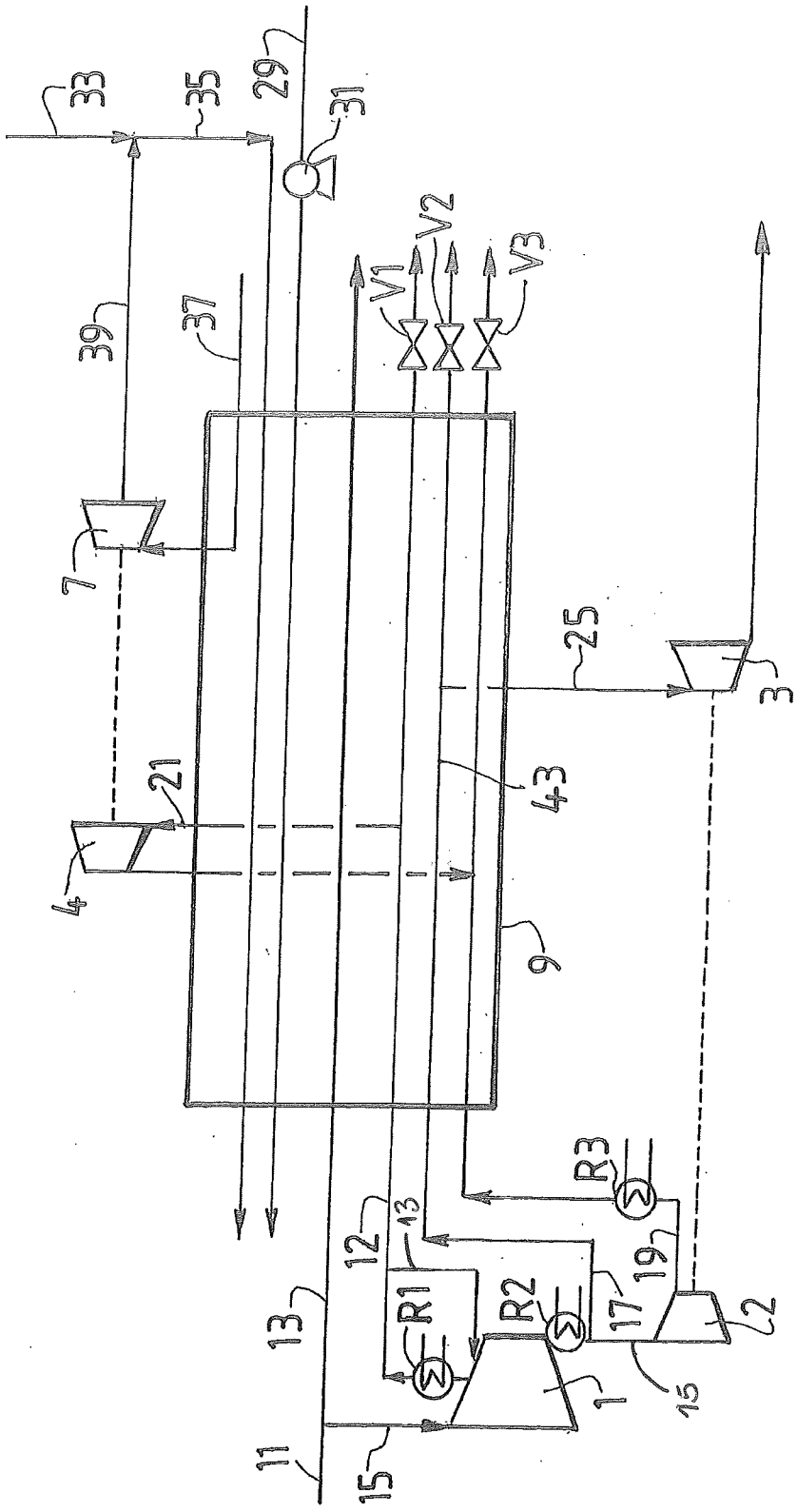

33
35
29
31
V1
V2
V3
39
37
7
25
3
21
43
4
9
R3
12
13
19
R1
R2
17
2
13
1
15
11
15

FIG.2

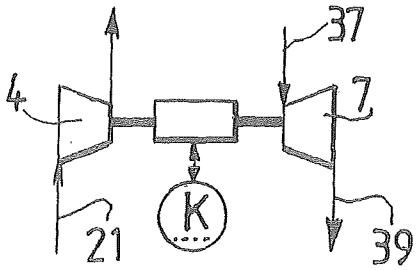


FIG.3

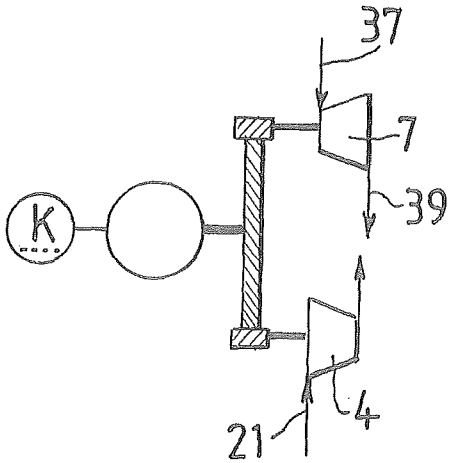


FIG.4