



**(10) Numéro de publication internationale**  
**WO 2012/131277 A2**

**(43) Date de la publication internationale**  
**4 octobre 2012 (04.10.2012)**

WIPO/PCT

- |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) <b>Classification internationale des brevets :</b><br><i>F25J 3/04</i> (2006.01)                                                                                                                         | (81) <b>États désignés</b> (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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. |
| (21) <b>Numéro de la demande internationale :</b><br>PCT/FR2012/050701                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (22) <b>Date de dépôt international :</b><br>30 mars 2012 (30.03.2012)                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (25) <b>Langue de dépôt :</b><br>français                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (26) <b>Langue de publication :</b><br>français                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (30) <b>Données relatives à la priorité :</b><br>1152734 31 mars 2011 (31.03.2011) FR                                                                                                                         | (84) <b>États désignés</b> (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).                                                                                                            |
| (71) <b>Déposant</b> (pour tous les États désignés sauf US) : <b>L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES CLAUDE</b> [FR/FR]; 75, Quai d'Orsay, F-75007 Paris (FR). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (72) <b>Inventeur; et</b>                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (75) <b>Inventeur/Déposant</b> (pour US seulement) : <b>LE BOT, Patrick</b> [FR/FR]; 50/52, rue de la Jarry, F-94300 Vincennes (FR).                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (74) <b>Mandataire :</b> <b>MERCEY, Fiona</b> ; L'air Liquide SA, Direction Propriété Intellectuelle, 75 Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                               | <b>Déclarations en vertu de la règle 4.17 :</b><br>— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

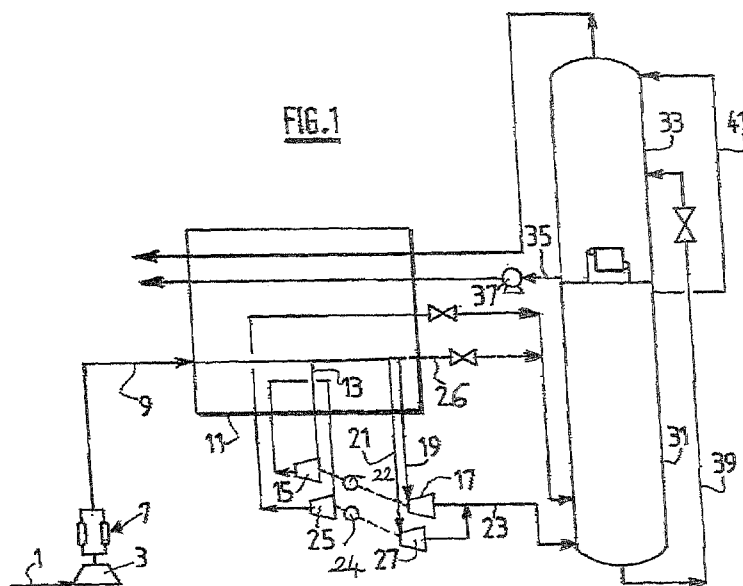
**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

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

[Suite sur la page suivante]

**(54) Title :** METHOD FOR PRODUCING A GAS FROM PRESSURISED AIR BY MEANS OF CRYOGENIC DISTILLATION

**(54) Titre :** PROCEDE DE PRODUCTION D'UN GAZ DE L'AIR SOUS PRESSION PAR DISTILLATION CRYOGENIQUE



**(57) Abstract :** The invention relates to a method for separating air by means of cryogenic distillation in a system of columns, in which two single-stage air superchargers (15, 25) are connected in series and coupled to two turbines (17, 27) which expand the air that was not supercharged. The superchargers supercharge the cooled high-pressure air in an exchange line in which the oxygen from the system of columns is vaporised.

**(57) Abrégé :** Dans un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans un système de colonnes, deux surpresseurs d'air à un seul étage (15, 25) sont reliés en série et sont couplés à deux turbines (17, 27) qui détendent de l'air n'ayant pas été surpressé. Les surpresseurs surpressent de l'air à haute pression refroidi dans une ligne d'échange où se vaporise de l'oxygène provenant du système de colonnes.



---

**Publiée :**

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

Procédé de production d'un gaz de l'air  
sous pression par distillation cryogénique

5 La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de production d'un gaz de l'air sous pression par distillation cryogénique.

Un but de l'invention est de proposer une alternative pour réaliser des schémas de procédé permettant d'améliorer les coûts d'installation des appareil de séparation d'air pour une production d'oxygène entre 10 et 16 bars, de  
10 préférence entre 14 et 16 bars, donc de l'ordre de 15 bars.

L'état de l'art industriel, pour des appareils produisant de l'oxygène sous pression de l'ordre de 15 bars est constitué par des appareils « à pompe », utilisant un compresseur d'air principal à une pression de l'ordre de 6 bars environ, et un surpresseur d'air comprimant une partie du débit d'air à une pression de  
15 l'ordre de 35-40 bars. Mais cette solution n'est pas disponible pour des appareils de petites tailles, pour lesquels la combinaison d'un faible débit à surpresser et d'une pression de refoulement très élevée amène à un débit réel en sortie du surpresseur trop petit pour être technologiquement réalisable.

Dès lors, pour les petits appareils, on doit avoir recours à l'utilisation de  
20 compresseurs d'oxygène, coûteux.

La solution proposée permet de réduire les coûts pour de tels appareils, par l'utilisation d'un compresseur d'air unique, à une pression de refoulement modérément élevée, ce qui propose un avantage compétitif par rapport aux deux solutions précédentes : unicité du compresseur et évitement d'un compresseur  
25 d'oxygène coûteux.

US-A-20050126221 décrit un procédé de séparation d'air selon le préambule de la revendication 1. Pour produire de l'oxygène sous pression, deux surpresseurs en série compriment l'air à des températures intermédiaires de l'échangeur principal, la température d'entrée du premier surpresseur étant plus  
30 chaude que la température de sortie du deuxième surpresseur. Un groupe frigorifique est utilisé pour abaisser la température d'entrée du deuxième surpresseur, ainsi augmentant la complexité du procédé.

US-A-20060010912 décrit un procédé de séparation d'air dans lequel de l'air à la moyenne pression est surpressé dans deux surpresseurs froids en série.

Les deux surpresseurs ne doivent pas être couplés à une turbine, car les turbines du procédé ne marchent que pendant une marche particulière permettant de fabriquer du liquide. En marche nominale, le procédé est tenu en froid par rajout de liquide cryogénique.

Toutes les pressions sont des pressions absolues.

Selon l'invention, tout l'air est porté à haute pression (sensiblement plus haute que la pression de la colonne moyenne pression) et épuré à cette pression, puis divisé en au moins deux parties. Seule une fraction de l'air, la fraction se liquéfiant ultérieurement au bout froid de la ligne d'échange principale, subit une succession de compressions cryogéniques de façon à porter ce débit à une pression suffisante pour permettre la vaporisation d'oxygène à la pression souhaitée. Le reste de l'air est détendu dans au moins une turbine à la pression de la colonne moyenne pression. Au moins une partie du travail dégagé par la détente de l'air est utilisée pour la compression cryogénique.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans une installation comprenant un système de colonnes (31, 33), dont une colonne (31) opérant à la pression la plus élevée appelée la moyenne pression dans lequel :

- tout l'air est porté à une haute pression, supérieure d'au moins 3 bars à la moyenne pression, épuré à cette pression dans une unité d'épuration et de l'air est envoyé à la température de sortie de l'unité d'épuration à une ligne d'échange ;
- tout l'air épuré est refroidi dans la ligne d'échange et une partie constituant entre 10% à 35% de l'air épuré est surpressée au moyen d'au moins un premier surpresseur à un seul étage et aspirant à une première température intermédiaire de la ligne d'échange ;
- au moins une partie de l'air surpressé dans le premier surpresseur est refroidie dans la ligne d'échange, surpressée au moyen d'au moins un deuxième surpresseur à un seul étage et aspirant à une deuxième température intermédiaire de la ligne d'échange et est renvoyée dans la ligne d'échange où elle se refroidit,

puis se liquéfie, éventuellement au bout froid de la ligne d'échange et est envoyée dans le système de colonnes après détente ;

- une autre partie de l'air épuré sous la haute pression, constituant éventuellement entre 65% et 90% de l'air épuré sous la haute pression, est refroidie dans la ligne d'échange puis au moins en partie détendue dans au moins deux turbines ayant une ou des températures d'entrée qui est une température intermédiaire ou qui sont des températures intermédiaires de la ligne d'échange puis envoyée au système de colonnes pour être séparée ;

- le travail dégagé par la détente de l'air est utilisée au moins partiellement pour la compression cryogénique effectuée par le premier et/ou le deuxième surpresseur en couplant le premier surpresseur à une des deux turbines et le deuxième surpresseur à l'autre des deux turbines ;

- de l'oxygène liquide se vaporise dans la ligne d'échange caractérisé en ce que tout l'air épuré dans l'unité d'épuration est envoyé à la température de sortie de l'unité d'épuration à une ligne d'échange, l'oxygène liquide pressurisé à une pression inférieure ou égale à 16 bars, de préférence entre 10 et 16 bars, se vaporise dans la ligne d'échange, un dispositif de dissipation d'énergie est couplé à au moins un des surpresseurs, la première température diffère de la deuxième température d'au plus 10°C et les première et deuxième températures sont comprises entre -145°C et -165°C.

Selon d'autres caractéristiques optionnelles :

- les deux turbines ont des températures d'entrée égales ou différentes, constituées par la troisième température intermédiaire et une quatrième température intermédiaire de la ligne d'échange ;

- la troisième température est inférieure à la première température.

- la troisième température diffère de la quatrième température d'au plus 20°C, voire d'au plus 10°C ;

- la première température est supérieure à la deuxième température ;

- la première température est inférieure ou égale à la deuxième température ;

- on dissipe une partie de l'énergie générée par au moins une des turbines ;

- on dissipe une partie de l'énergie au moyen d'un système à frein d'huile relié à la turbine ;
- une partie de l'air se liquéfie à la haute pression, de préférence dans la ligne d'échange ;
- 5       - l'air d'au moins une des turbines est envoyé à la colonne opérant à la pression la plus élevée ;
- tout l'air surpressé dans le premier surpresseur est envoyé au deuxième surpresseur ;
- tout l'air épuré dans l'unité d'épuration est envoyé à la ligne d'échange à  
10 la pression de sortie de l'unité d'épuration ;
- le système comprend une double colonne de séparation d'air comprenant une première colonne et une deuxième colonne opérant à plus basse pression que la première, l'air détendu dans les deux turbines (17, 27) étant envoyé à la première colonne ;
- 15       - la première température est plus froide que la température de sortie du deuxième surpresseur ;
- la/les température(s) de sortie du premier et/ou du deuxième surpresseur est/sont entre -110°C et -150°C ;
- la/les température(s) de sortie du premier et/ou du deuxième  
20 surpresseur est/sont entre -125°C et -145°C.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un système de colonnes, dont une colonne opérant à la pression la plus élevée appelée la moyenne pression, un compresseur pour comprimer tout l'air à une haute pression, supérieure d'au  
25 moins 3 bars à la moyenne pression, une unité d'épuration reliée au compresseur pour épurer tout l'air à la haute pression, une conduite pour envoyer une partie constituant entre 10% à 35% de l'air épuré sous la haute pression se refroidir dans une ligne d'échange, un premier surpresseur à un seul étage, un deuxième surpresseur à un seul étage, une conduite pour envoyer la partie constituant entre  
30 10 et 35% de l'air épuré au premier surpresseur à une première température intermédiaire de la ligne d'échange, une conduite pour envoyer au moins une partie de l'air surpressé dans le premier surpresseur se refroidir dans la ligne d'échange, une conduite pour envoyer cette partie refroidie au deuxième

surpresseur à une deuxième température intermédiaire de la ligne d'échange, une conduite pour envoyer de l'air du deuxième surpresseur à la ligne d'échange pour se refroidir, une conduite pour envoyer l'air refroidi venant du deuxième surpresseur de la ligne d'échange à un moyen de détente et ensuite dans le système de colonnes, la ligne d'échange étant conçue de sorte que la première température diffère de la deuxième température d'au plus 10°C et les première et deuxième températures étant comprises entre -145°C et -165°C, au moins deux turbines, une conduite pour envoyer une autre partie de l'air épuré sous la haute pression, constituant éventuellement entre 65% et 90% de l'air épuré sous la haute pression, de la ligne d'échange aux deux turbines ayant une ou des températures d'entrée qui est une température intermédiaire ou qui sont des températures intermédiaires de la ligne d'échange, des conduites pour envoyer de l'air des deux turbines au système de colonnes, le premier surpresseur étant couplé à une des deux turbines et le deuxième surpresseur à l'autre des deux turbines, une conduite pour envoyer de l'oxygène liquide, pressurisé à une pression inférieure ou égale à 16 bars, de préférence entre 10 et 16 bars, se vaporise dans la ligne d'échange et un dispositif de dissipation d'énergie couplé à au moins un des surpresseurs.

L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la figure qui illustre un procédé de séparation d'air selon l'invention.

Un débit d'air est comprimé dans un compresseur principal 3 jusqu'à une pression au moins 3 bars au-dessus de la pression de la colonne 31, qui est la colonne moyenne pression d'une double colonne de séparation d'air par distillation cryogénique. L'air comprimé est épuré dans une unité d'épuration 7 pour former le débit épuré 9. Le débit épuré est envoyé à la ligne d'échange 11 sans avoir été refroidi et dans la ligne d'échange il se refroidit jusqu'à une première température intermédiaire. A cette température, l'air est divisé en une partie 13 et une partie 14. La partie 13 rentre dans un seul premier surpresseur 15 ayant un seul étage à la première température intermédiaire où elle est surpressée. L'air surpressé est envoyé à la ligne d'échange 11 où il se refroidit de nouveau jusqu'à une deuxième température intermédiaire, inférieure à la première température intermédiaire. A cette deuxième température intermédiaire, au moins

une partie de l'air surpressé dans le surpresseur 15 voire tout l'air 13 est surpressé dans un seul deuxième surpresseur 25 ayant un seul étage.

La première température intermédiaire diffère de la deuxième température d'au plus 10°C et les première et deuxième températures sont  
5 comprises entre -145°C et -165°C.

La première température intermédiaire peut éventuellement être supérieure ou égale à la deuxième température intermédiaire.

Chacune des températures de sortie des surpresseurs 15, 25 est entre -110°C et -150°C, de préférence entre -125°C et -145°C.

10 Le débit doublement surpressé 13 est renvoyé à la ligne d'échange à la pression requise pour la vaporisation d'un débit d'oxygène sous pression. Le débit surpressé 13 se refroidit à cette pression jusqu'au bout froid de la ligne d'échange 11 et se condense. En sortie d'échangeur, le débit est détendu, et est envoyé à la colonne moyenne pression 31.

15 Le reste de l'air 14 est divisé en deux ou trois parties. Selon une variante, tout l'air 14 est divisé en deux parties. Une partie 19 est envoyée à une turbine 17 ayant une température d'entrée qui est une troisième température intermédiaire de la ligne d'échange, puis est envoyée sous forme gazeuse à la colonne moyenne pression 31. Une autre partie 21 est envoyée à une turbine 27 ayant une  
20 température d'entrée qui est une quatrième température intermédiaire de la ligne d'échange, supérieure à la troisième température, puis est envoyée sous forme gazeuse à la colonne moyenne pression 31. De préférence les parties 19, 21 sont mélangées pour former un seul débit 23.

Autrement en plus des parties 19, 21, une partie 26 de l'air à la haute  
25 pression peut éventuellement poursuivre son refroidissement jusqu'au bout froid de la ligne d'échange 11 et se condenser. En sortie d'échangeur, elle sera détendue dans une vanne et envoyée au système de colonnes, par exemple à la colonne moyenne pression 31.

La double colonne comprend une colonne moyenne pression 31 et une  
30 colonne basse pression 33, thermiquement reliées entre elles avec des débits de reflux 39, 41 de manière connue.

La colonne basse pression 33 produit un débit d'azote 43 qui se réchauffe dans la ligne d'échange 11. Elle produit également de l'oxygène liquide 35 en

cuve qui est pressurisé à une pression entre 10 et 16 bars et se vaporise dans la ligne d'échange pour former de l'oxygène gazeux sous pression.

Il est envisageable de vaporiser de l'oxygène liquide à deux pressions différentes de cette manière ou de vaporiser de l'azote liquide ou de l'argon  
5 liquide, éventuellement pressurisé en même temps que l'oxygène liquide.

Dans le cas où deux produits se vaporisent dans la ligne d'échange (ou un produit à deux niveaux de pression différentes), une partie du débit 13 pourra poursuivre son refroidissement jusqu'au bout froid de l'échangeur et ne pas être  
10 surpressé par le surpresseur 25. Cette fraction de débit se condensera. En sortie d'échangeur, elle sera détendue dans une vanne et envoyée au système de colonnes, par exemple à la colonne moyenne pression 31.

Le surpresseur 15 est entraîné au moins en partie par l'une des deux turbines 17 ou 25, et le surpresseur 25 par l'autre turbine 25 ou 17. Dans chaque cas, il peut également y avoir un moteur ou un générateur couplé au compresseur.  
15 Un dispositif de dissipation d'énergie 22, 24, par exemple un frein, préférablement un système à frein d'huile, sera intégré à au moins un des deux systèmes turbine/compresseur 15/17, 25/27.

Revendications

1. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans une  
5 installation comprenant un système de colonnes (31, 33), dont une colonne (31)  
opérant à la pression la plus élevée appelée la moyenne pression dans lequel :
- tout l'air est porté à une haute pression, supérieure d'au moins 3 bars à  
la moyenne pression, épuré à cette pression dans une unité d'épuration (7) et de  
l'air est envoyé à la température de sortie de l'unité d'épuration à une ligne  
10 d'échange (11) ;
  - tout l'air épuré est refroidi dans la ligne d'échange (11) et une partie  
constituant entre 10% à 35% de l'air épuré est surpressée au moyen d'au moins  
un premier surpresseur (15) à un seul étage et aspirant à une première  
température intermédiaire de la ligne d'échange ;
  - 15 - au moins une partie de l'air surpressé dans le premier surpresseur est  
refroidie dans la ligne d'échange, surpressée au moyen d'au moins un deuxième  
surpresseur (25) à un seul étage et aspirant à une deuxième température  
intermédiaire de la ligne d'échange et est renvoyée dans la ligne d'échange où  
elle se refroidit, puis se liquéfie, éventuellement au bout froid de la ligne d'échange  
20 et est envoyée dans le système de colonnes après détente ;
  - une autre partie de l'air épuré sous la haute pression, constituant  
éventuellement entre 65% et 90% de l'air épuré sous la haute pression, est  
refroidie dans la ligne d'échange puis au moins en partie détendue dans au moins  
deux turbines (17, 27) ayant une ou des températures d'entrée qui est une  
25 température intermédiaire ou qui sont des températures intermédiaires de la ligne  
d'échange puis envoyée au système de colonnes pour être séparée ;
  - le travail dégagé par la détente de l'air est utilisée au moins  
partiellement pour la compression cryogénique effectuée par le premier et/ou le  
deuxième surpresseur en couplant le premier surpresseur à une des deux turbines  
30 et le deuxième surpresseur à l'autre des deux turbines ;
  - de l'oxygène liquide se vaporise dans la ligne d'échange  
caractérisé en ce que tout l'air épuré dans l'unité d'épuration est envoyé à la  
température de sortie de l'unité d'épuration à une ligne d'échange, l'oxygène

liquide est pressurisé à une pression inférieure ou égale à 16 bars, de préférence entre 10 et 16 bars, pour se vaporiser dans la ligne d'échange, un dispositif de dissipation d'énergie (22, 24) est couplé à au moins un des surpresseurs, la première température diffère de la deuxième température d'au plus 10°C et les  
5 première et deuxième températures sont comprises entre -145°C et -165°C.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les deux turbines (17, 27) ont des températures d'entrée différentes, constituées par une troisième température intermédiaire et une quatrième température intermédiaire de la ligne  
10 d'échange.

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel la troisième température est inférieure à la première température.

15 4. Procédé selon la revendication 2 ou 3 dans lequel la troisième température diffère de la quatrième température d'au plus 20°C, voire d'au plus 10°C.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la  
20 première température est supérieure à la deuxième température.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel la première température est inférieure ou égale à la deuxième température.

25 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel on dissipe une partie de l'énergie générée par au moins une des turbines.

8. Procédé selon la revendication 7 dans lequel on dissipe une partie de l'énergie au moyen d'un système à frein d'huile (22, 24) relié à la turbine.  
30

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel tout l'air surpressé dans le premier surpresseur (15) est envoyé au deuxième surpresseur (25).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel tout l'air épuré dans l'unité d'épuration (7) est envoyé à la ligne d'échange à la pression de sortie de l'unité d'épuration.

5

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le système comprend une double colonne de séparation d'air comprenant une première colonne (31) et une deuxième colonne (33) opérant à plus basse pression que la première et dans lequel l'air détendu dans les deux turbines  
10 (17, 27) est envoyé à la première colonne.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel tout l'air destiné à la séparation est envoyé au bout chaud de la ligne d'échange (11).

15 13. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la première température est plus froide que la température de sortie du deuxième surpresseur (25).

20 14. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la/les température(s) de sortie du premier et/ou du deuxième surpresseur (15, 25) est/sont entre -110°C et -150°C.

25 15. Procédé selon la revendication 14 dans lequel la/les température(s) de sortie du premier et/ou du deuxième surpresseur (15, 25) est/sont entre -125°C et -145°C.

1/1

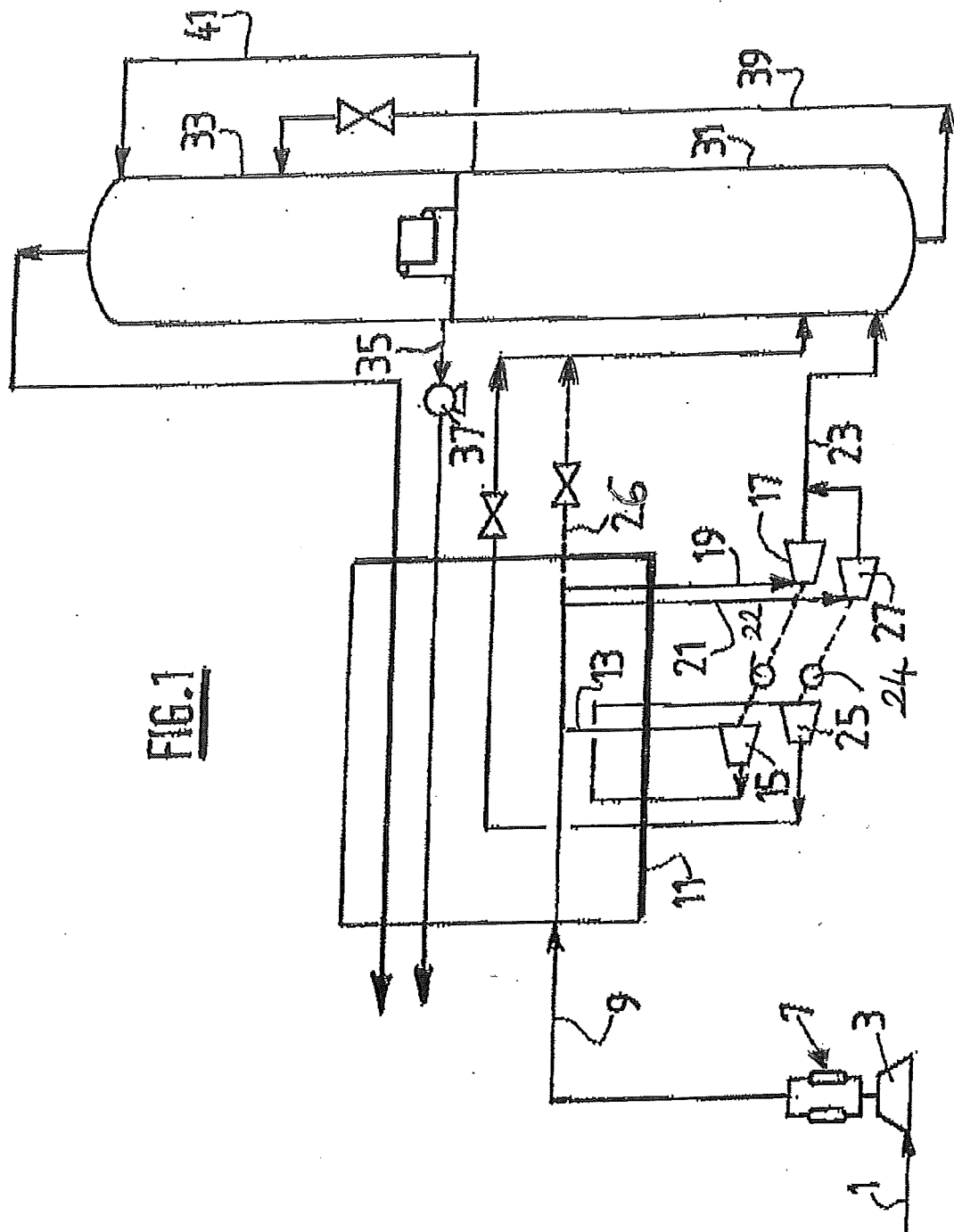


FIG. 1