



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt : **94402787.9**

⑸ Int. Cl.<sup>6</sup> : **F25J 3/04**

⑱ Date de dépôt : **05.12.94**

⑳ Priorité : **31.12.93 FR 9315959**

㉑ Date de publication de la demande :  
**05.07.95 Bulletin 95/27**

㉒ Etats contractants désignés :  
**DE ES FR GB IT**

㉓ Demandeur : **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**  
**75, Quai d'Orsay**  
**F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

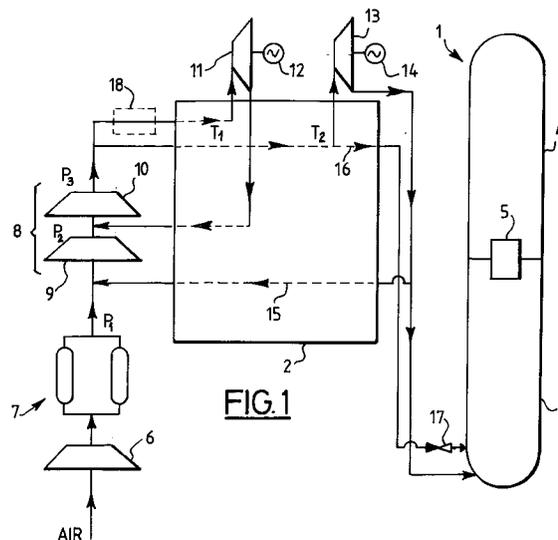
㉔ Inventeur : **Darredeau, Bernard**  
**14 rue des Pavillons**  
**F-78500 Sartrouville (FR)**  
Inventeur : **Fraysse, Philippe**  
**15 rue des Richardes**  
**F-92260 Fontenay aux roses (FR)**  
Inventeur : **Garot, Corinne**  
**5 rue Antoine Pinay**  
**F-94430 Ormesson sur Marne (FR)**

㉕ Mandataire : **Robson, Fiona Susan et al**  
**L'Air Liquide,**  
**Service Brevets et Marques,**  
**75, quai d'Orsay**  
**F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

⑥④ **Procédé et installation de liquéfaction d'un gaz.**

⑥⑦ Dans ce procédé à deux turbines (11, 13) et à au moins deux étages (9, 10) de compression du gaz de cycle, on alimente les deux turbines (11, 13) à une même pression d'admission, on détend le gaz de cycle dans la turbine chaude (11) jusqu'à une première pression d'échappement, et on détend le gaz de cycle dans la turbine froide (13) jusqu'à une seconde pression d'échappement plus basse que la première pression d'échappement.

Application aux installations de distillation d'air.



La présente invention est relative à un procédé de liquéfaction d'un gaz au moyen d'un cycle frigorifique comprenant une turbine de détente dite "chaude" et une turbine de détente dite "froide" alimentées respectivement à une première température et à une seconde température inférieure à la première température.

L'invention a pour but de fournir un procédé de ce type ayant un rendement particulièrement élevé.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type précité, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux étages de compression du gaz de cycle, et en ce qu'on alimente les deux turbines à une même pression d'admission, on détend le gaz de cycle dans la turbine chaude jusqu'à une première pression d'échappement, et on détend le gaz de cycle dans la turbine froide jusqu'à une seconde pression d'échappement plus basse que la première pression d'échappement.

Ce procédé peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- on renvoie une partie au moins du gaz issu de chaque turbine à l'aspiration d'un étage de compression;
- une partie du gaz de cycle constitue le gaz à liquéfier et est liquéfié après avoir subi les deux étages de compression et éventuellement une compression supplémentaire;
- le gaz à liquéfier est de l'air ou un gaz de l'air et est envoyé, après liquéfaction et détente, dans un appareil de distillation d'air;
- la pression d'échappement de la turbine froide est une pression de fonctionnement de l'appareil de distillation, une partie au moins du gaz issu de cette turbine froide étant envoyé dans la partie correspondante de l'appareil de distillation.

L'invention a également pour objet une installation de liquéfaction d'un gaz destinée à la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus. Cette installation, du type comprenant une ligne d'échange thermique, une turbine de détente dite "chaude", une turbine de détente dite "froide" et des moyens de compression de cycle, est caractérisée en ce que les moyens de compression de cycle comprennent au moins deux étages de compression de cycle en série, les admissions des deux turbines sont reliées au refoulement d'un même étage de compression de cycle, l'échappement de la turbine chaude est relié à l'aspiration d'un étage de compression de cycle, et l'échappement de la turbine froide est relié à l'aspiration d'un étage de compression de cycle inférieur.

L'installation ainsi définie peut comporter une ou plusieurs caractéristiques suivantes :

- l'aspiration du premier étage de compression de cycle est également reliée au refoulement d'un compresseur principal d'air d'une installation de distillation d'air, et l'échappement de la

turbine froide est relié également à une partie d'un appareil de distillation d'air de cette installation qui fonctionne sous la pression d'échappement de cette turbine froide;

- l'aspiration du premier étage de compression de cycle est également reliée à une partie d'un appareil de distillation d'air qui fonctionne sous sa pression d'aspiration, et le refoulement du dernier étage de compression de cycle est relié éventuellement via des moyens de compression supplémentaires, à travers la ligne d'échange thermique et un organe de détente, à ladite partie de l'appareil de distillation d'air;
- les moyens de compression de cycle sont constitués par un compresseur unique multi-étages, l'échappement de la turbine chaude au moins étant relié à une aspiration inter-étages de ce compresseur;
- l'installation comprend en outre un groupe frigorifique de prérefroidissement d'au moins un courant de gaz à turbiner.

Des exemples de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits en regard du dessin annexé, sur lequel :

- la Figure 1 représente schématiquement une installation de liquéfaction d'air conforme à l'invention; et
- la Figure 2 représente de façon analogue une installation de liquéfaction d'azote conforme à l'invention.

Dans chacune des Figures 1 et 2, on a illustré l'application de l'invention à une installation de distillation d'air comprenant une double colonne de distillation d'air 1 et une ligne d'échange thermique 2 du type à échange de chaleur indirect et à contre-courant. La double colonne 1 comprend elle-même une colonne moyenne pression 3 surmontée d'une colonne basse pression 4 et couplée à celle-ci par un vaporisateur-condenseur 5. Toutefois, on n'a représenté aux Figures 1 et 2 que les parties de l'installation de distillation d'air concernées par la présente invention, et en particulier le cycle de liquéfaction, mais on comprend que l'installation comporte également toutes les conduites et tous les équipements habituels nécessaires pour la production de gaz de l'air par distillation. Dans le cas de la Figure 1, le gaz liquéfié est de l'air à traiter, tandis que dans le cas de la Figure 2, le gaz liquéfié est de l'azote.

Dans l'exemple de la Figure 1, l'installation comprend un compresseur principal 6 d'air atmosphérique, un appareil 7 d'épuration d'air en eau et en anhydride carbonique par adsorption, un compresseur de cycle 8 à deux étages 9 et 10 en série, une turbine chaude 11 freinée par un alternateur 12, et une turbine froide 13 freinée par un alternateur 14.

En fonctionnement, l'air atmosphérique à traiter est comprimé en 6 jusqu'à la moyenne pression P1, qui est la pression de fonctionnement de la colonne

3 et qui est typiquement comprise entre 5 et 6 bars absolus, puis est épuré en 7 et comprimé de nouveau en 9 à une pression intermédiaire P2 puis en 10 jusqu'à une haute pression de cycle P3, typiquement de l'ordre de 30 à 100 bars absolus.

Une première fraction de l'air à cette haute pression de cycle P3 est refroidie jusqu'à une température intermédiaire T1 dans la partie chaude de la ligne d'échange thermique 2, puis sortie de celle-ci et introduite dans la turbine chaude 11. Elle ressort de cette dernière à la pression d'inter-étages P2 du compresseur 8, est réchauffée jusqu'à la température ambiante dans la partie chaude de la ligne d'échange thermique, et est renvoyée à l'admission du second étage 10 du même compresseur 8.

Le reste de l'air à la haute pression de cycle P3 est refroidi en 2 jusqu'à une seconde température intermédiaire T2 inférieure à T1. A cette température, une partie de l'air est sortie de la ligne d'échange thermique et introduite dans la turbine froide 13, d'où elle ressort à la moyenne pression P1 et à la température du bout froid de la ligne d'échange thermique. Cet air turbiné est pour partie réchauffé en 15 du bout froid au bout chaud de la ligne d'échange thermique et renvoyé à l'aspiration du premier étage 9 du compresseur 8, et pour partie envoyé en cuve de la colonne 3. Le reste de l'air haute pression refroidi jusqu'à la température T2 poursuit son refroidissement en 16 jusqu'au bout froid de la ligne d'échange thermique 2, ce qui provoque sa liquéfaction, puis est détendu à la moyenne pression P1 dans une vanne de détente 17 et est envoyé en cuve de la colonne 3.

Comme représenté en traits interrompus sur la Figure 1, on peut utiliser un groupe frigorifique 18 pour prérefroidir l'un au moins des deux courants d'air haute pression issus du compresseur 8.

L'énergie électrique produite par les deux turbines dans les alternateurs 12 et 14 peut être utilisée pour l'entraînement du compresseur de cycle 8.

Dans le mode de réalisation de la Figure 2, le cycle frigorifique sert à liquéfier de l'azote soutiré en tête de la colonne moyenne pression 3. Le compresseur de cycle 8 est un compresseur d'azote à trois étages, dont les premiers étages 9 et 10 correspondent aux deux étages 9 et 10 de la Figure 1 et sont suivis d'un étage supplémentaire 19 en série délivrant l'azote à liquéfier sous une haute pression de liquéfaction P4 supérieure à la plus haute pression P3 du cycle.

Comme précédemment, la turbine chaude 11 et la turbine froide 13 sont toutes deux alimentées par le gaz issu du deuxième étage 10, et le gaz issu de la turbine 11 est renvoyé à l'aspiration de ce deuxième étage 10. Toutefois, dans ce cas, la totalité du gaz issu de la turbine froide 13 est réuni à l'azote soutiré de la tête de la colonne 3 via une conduite 20, réchauffé en 2 jusqu'à la température ambiante et renvoyé à l'aspiration du premier étage 9. De plus, l'azote issu de

l'étage 10 qui n'est pas envoyé aux turbines est comprimé de nouveau en 19, puis refroidi du bout chaud au bout froid de la ligne d'échange thermique, ce qui provoque sa liquéfaction. Ensuite, cet azote liquide haute pression est détendu à la moyenne pression dans une vanne de détente 21 et introduit en reflux en tête de la colonne 3.

Dans chacun des modes de réalisation ci-dessus, l'alimentation des deux turbines à des températures décalées T1 et T2 mais à la même pression, et leur échappement à deux pressions différentes P1 et P2, dont une pression plus basse pour la turbine froide, conduisent à un rendement élevé du cycle de liquéfaction. De plus, l'utilisation d'un compresseur de cycle multi-étages 8 apporte une simplification de l'installation et un avantage substantiel du point de vue de l'investissement.

## 20 Revendications

1 - Procédé de liquéfaction d'un gaz au moyen d'un cycle frigorifique comprenant une turbine de détente dite "chaude" (11) et une turbine de détente dite "froide" (13) alimentées respectivement à une première température (T1) et à une seconde température (T2) inférieure à la première température, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux étages (9, 10) de compression de gaz de cycle, et en ce qu'on alimente les deux turbines (11, 13) à une même pression d'admission (P3), on détend le gaz de cycle dans la turbine chaude (11) jusqu'à une première pression d'échappement (P2), et on détend le gaz de cycle dans la turbine froide (13) jusqu'à une seconde pression d'échappement (P1) plus basse que la première pression d'échappement (P2).

2 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on renvoie une partie au moins du gaz issu de chaque turbine (11, 13) à l'aspiration d'un étage de compression (10, 9).

3 - Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une partie du gaz de cycle constitue le gaz à liquéfier et est liquéfié après avoir subi les deux étages de compression et éventuellement une compression supplémentaire (en 19).

4 - Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le gaz à liquéfier est de l'air ou un gaz de l'air et est envoyé, après liquéfaction et détente (en 17; 21), dans un appareil de distillation d'air (1).

5 - Procédé suivant les revendications 3 et 4 prises ensemble, caractérisé en ce que la pression d'échappement de la turbine froide (13) est une pression de fonctionnement de l'appareil de distillation (1), une partie au moins du gaz issu de cette turbine froide étant envoyé dans la partie correspondante (3) de l'appareil de distillation.

6 - Installation de liquéfaction d'un gaz, du type

comprenant une ligne d'échange thermique (2), une turbine de détente dite "chaude" (11), une turbine de détente dite "froide" (12) et des moyens de compression de cycle, caractérisée en ce que les moyens de compression de cycle comprennent au moins deux étages de compression de cycle (9, 10) en série, les admissions des deux turbines (11, 13) sont reliées au refoulement d'un même étage (10) de compression de cycle, l'échappement de la turbine chaude (11) est relié à l'aspiration d'un étage (10) de compression de cycle, et l'échappement de la turbine froide (13) est relié à l'aspiration d'un étage de compression de cycle inférieur (9).

**7** - Installation suivant la revendication 6, caractérisée en ce que l'aspiration du premier étage de compression de cycle (9) est également reliée au refoulement d'un compresseur principal d'air (6) d'une installation de distillation d'air, et l'échappement de la turbine froide (13) est également relié à une partie (3) d'un appareil de distillation d'air (1) de cette installation qui fonctionne sous la pression d'échappement de cette turbine froide.

**8** - Installation suivant la revendication 6, caractérisée en ce que l'aspiration du premier étage de compression de cycle (9) est également reliée à une partie (3) d'un appareil de distillation d'air (1) qui fonctionne sous sa pression d'aspiration, et le refoulement du dernier étage de compression de cycle (10) est relié, éventuellement via des moyens de compression supplémentaires (19), à travers la ligne d'échange thermique (2) et un organe de détente (21), à ladite partie (3) de l'appareil de distillation d'air.

**9** - Installation suivant l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisée en ce que les moyens de compression de cycle (9, 10) sont constitués par un compresseur unique multi-étages, l'échappement de la turbine chaude (11) au moins étant relié à une aspiration inter-étages de ce compresseur.

**10** - Installation suivant l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un groupe frigorifique (18) de pré-refroidissement d'au moins un courant de gaz à turbiner.

45

50

55

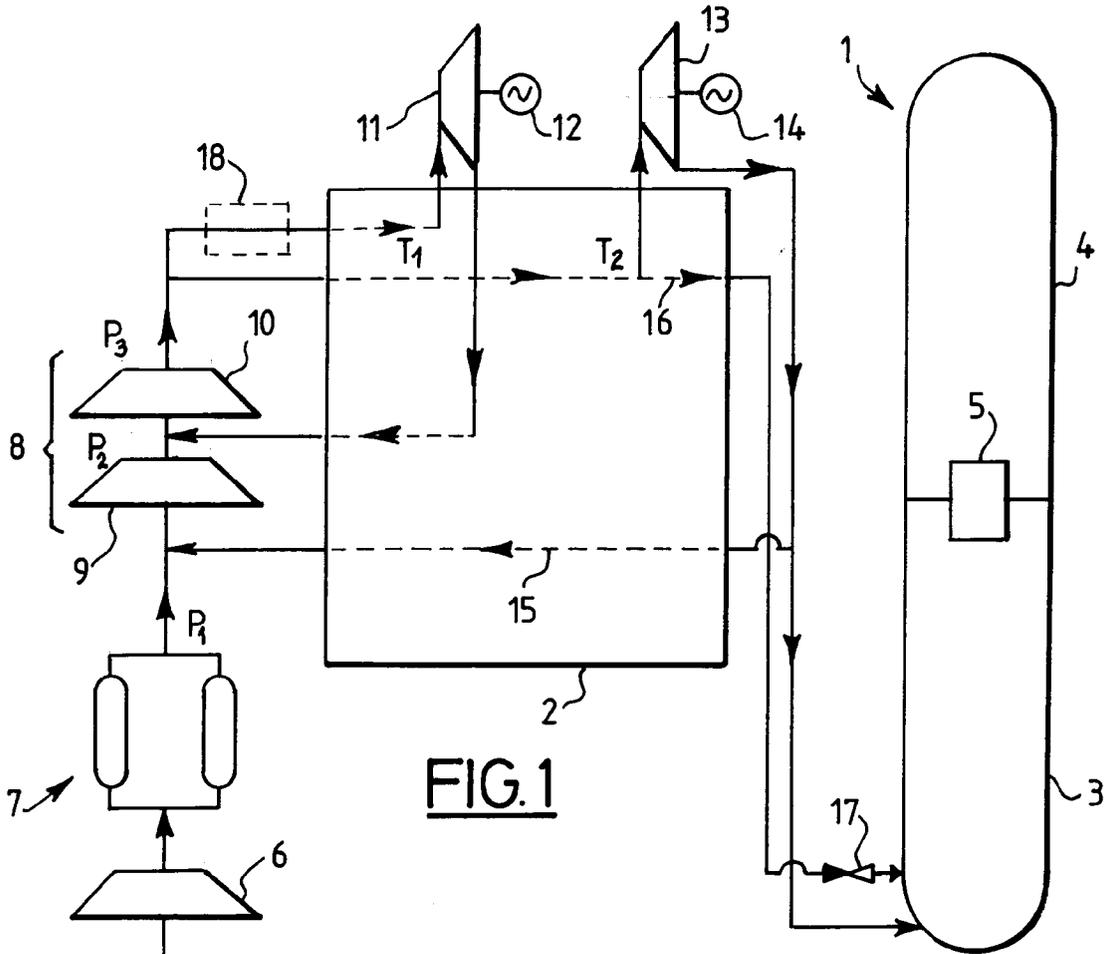
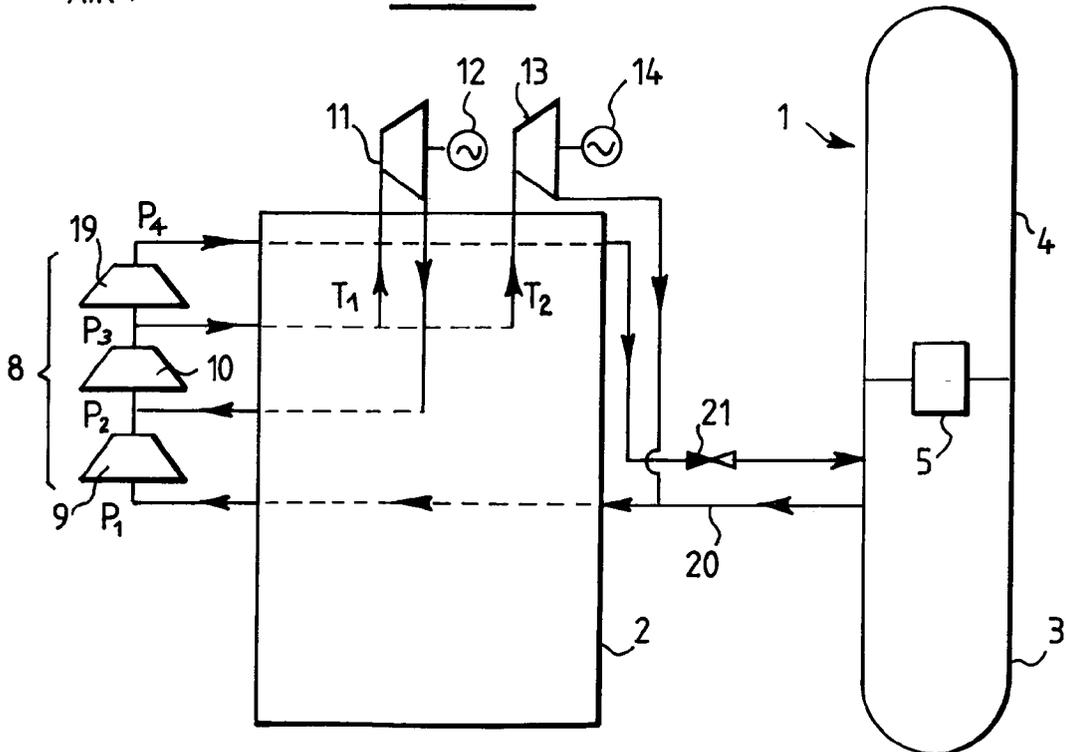


FIG. 1

AIR





Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 94 40 2787

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
X	DE-A-26 36 933 (LINDE)  * page 3, alinéa 1 * * page 8, alinéa 3 * * page 9, alinéa 2 - page 10, alinéa 1 * * figures 2,4 *  ---	1-4,6,8,10	F25J3/04
X	DE-A-19 02 601 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) * page 1, alinéa 1 * * page 2, alinéa 4 - page 12, alinéa 1 * * figure *	1-4,6	
A	---	8	
X	US-A-4 595 405 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) * résumé * * figure 2 * * colonne 5, ligne 19 - colonne 6, ligne 14 *	1,3-8	
A	---	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
P,X	EP-A-0 580 348 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) 26 Janvier 1994 * résumé * * colonne 5, ligne 49 - colonne 7, ligne 54 * * figure 1 *	1,3-8	F25J
A	-----	2	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 Avril 1995	Examineur Siem, T
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> 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)