



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **92402246.0**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **F25J 3/04**

⑳ Date de dépôt : **06.08.92**

③① Priorité : **07.08.91 FR 9110035**

④③ Date de publication de la demande :  
**10.03.93 Bulletin 93/10**

⑥④ Etats contractants désignés :  
**BE DE ES FR IT NL SE**

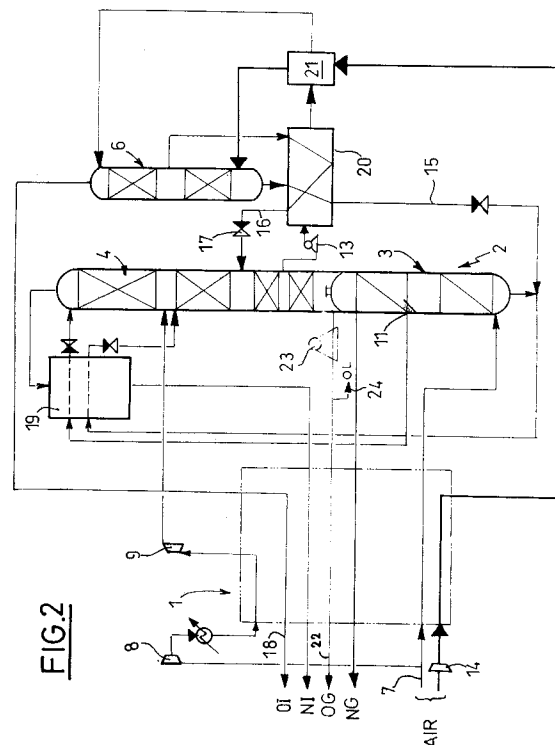
⑦① Demandeur : **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**  
**75, Quai d'Orsay**  
**F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

⑦② Inventeur : **Camberlein, François**  
**219 boulevard Voltaire**  
**F-75011 Paris (FR)**  
Inventeur : **Girault, Jean-Louis**  
**7 quai de Rome**  
**B-99131 Liège 4000 (BE)**  
Inventeur : **Mazieres, Philippe**  
**55 Avenue des Bégonias**  
**F-93370 Montfermeil (FR)**  
Inventeur : **Tranier, Jean-Pierre**  
**52 bis boulevard Richard Lenoir**  
**F-75011 Paris (FR)**

⑦④ Mandataire : **Le Moenner, Gabriel et al**  
**L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour l'étude et l'exploitation des procédés Georges Claude**  
**75, Quai d'Orsay**  
**F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

⑤④ **Procédé et installation de distillation d'air, et application a l'alimentation en gaz d'une aciérie.**

⑤⑦ L'installation est du type à double colonne (2) et à colonne de mélange (6). Cette dernière est alimentée en cuve par de l'air auxiliaire comprimé à une pression différente de celle de la colonne moyenne pression (3), et en tête par du liquide soutiré au bas de la colonne basse pression (4) et pompé à la même pression que l'air auxiliaire. De l'oxygène impur est soutiré en tête de la colonne de mélange en tant que gaz de production, et de l'oxygène à peu près pur est produit en cuve de la colonne basse pression.



La présente invention est relative à la technique de distillation de l'air.

Certaines applications industrielles nécessitent des quantités importantes d'oxygène impur sous diverses pressions :

gazéification du charbon, gazéification de résidus pétroliers, réduction-fusion directe du minerai de fer, injection de charbon dans les hauts fourneaux, métallurgie des métaux non ferreux, etc.

Par ailleurs, certains contextes industriels nécessitent la fourniture simultanée, en grandes quantités, d'oxygène pratiquement pur et d'oxygène impur sous des pressions différentes. C'est notamment le cas des aciéries comportant des convertisseurs à l'oxygène et dans lesquelles le haut fourneau est alimenté en oxygène ou en air enrichi en oxygène.

L'invention a pour but de satisfaire de tels besoins de façon économique, c'est-à-dire de permettre, avec un investissement et une consommation d'énergie relativement faibles, la production d'oxygène impur à une pureté et une pression choisies à volonté et, si nécessaire, la production d'oxygène pratiquement pur.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de distillation d'air au moyen d'une double colonne de distillation couplée à une colonne de mélange, dans lequel on alimente la colonne de mélange en cuve par un gaz auxiliaire constitué d'un mélange de gaz de l'air, et en tête par un liquide plus riche en oxygène que le gaz auxiliaire, prélevé dans la partie inférieure de la colonne basse pression, et on soutire en tête de la colonne de mélange de l'oxygène impur constituant un gaz de production, où le gaz auxiliaire et le liquide alimentant la colonne de mélange sont comprimés à une même pression différente de celle de la colonne moyenne pression, typiquement supérieure à cette dernière, avantageusement d'au moins  $2 \times 10^5$  Pa.

Ledit liquide peut être le liquide de cuve de la colonne basse pression, notamment de l'oxygène pratiquement sans azote, ou bien être soutiré quelques plateaux au-dessus de la cuve de la colonne basse pression.

Dans le cadre d'un tel procédé, on peut en outre produire de l'argon au moyen d'une colonne de distillation additionnelle de production d'argon impur couplée à la colonne basse pression.

L'invention a également pour objet une installation de distillation d'air destinée à la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, du type comprenant une double colonne de distillation, une colonne de mélange, une ligne d'échange thermique, une source d'un gaz auxiliaire constitué d'un mélange de gaz de l'air, des moyens pour introduire le gaz auxiliaire à la base de la colonne de mélange, des moyens pour soutirer un liquide plus riche en oxygène que le gaz auxiliaire dans la partie inférieure de la colonne basse pression, des moyens pour pomper ce liquide et pour l'introduire au sommet de la colonne de mélange, et des

moyens pour soutirer de l'oxygène impur en tête de la colonne de mélange en tant que gaz de production de l'installation, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens pour comprimer le gaz auxiliaire à une pression déterminée différente de celle de la colonne moyenne pression, des passages pour ce gaz auxiliaire comprimé prévus dans la ligne d'échange thermique et en ce que les moyens de pompage portent le liquide à ladite pression déterminée.

L'invention a encore pour objet l'application du procédé défini plus haut à l'alimentation en gaz d'une aciérie, ledit oxygène impur étant produit sous la pression du haut fourneau et étant envoyé à ce dernier.

Lorsque ledit liquide est de l'oxygène pratiquement sans azote, de façon avantageuse, on envoie ledit oxygène pratiquement sans azote aux convertisseurs de l'aciérie.

Des exemples de mise en oeuvre de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels les figures 1 à 3 représentent schématiquement trois modes de réalisation de l'installation de distillation d'air conforme à l'invention.

L'installation de distillation d'air représentée à la figure 1 est destinée à produire de l'oxygène impur, par exemple ayant une pureté de 80 à 97 % et de préférence de 85 à 95 %, sous une pression déterminée P nettement différente de  $6 \times 10^5$  Pa abs., par exemple sous  $2$  à  $5 \times 10^5$  Pa ou avantageusement sous une pression supérieure d'au moins  $2 \times 10^5$  Pa et pouvant aller jusqu'à  $30 \times 10^5$  Pa environ, de préférence entre  $8 \times 10^5$  Pa et  $15 \times 10^5$  Pa. L'installation comprend essentiellement une ligne d'échange thermique 1, une double colonne de distillation 2 comprenant elle-même une colonne moyenne pression 3, une colonne basse pression 4 et un condenseur-vaporiseur principal 5, et une colonne de mélange 6. Les colonnes 3 et 4 fonctionnent typiquement sous environ  $6 \times 10^5$  Pa et environ  $1 \times 10^5$  Pa, respectivement.

Comme expliqué en détail dans le document US-A-4.022.030, une colonne de mélange est une colonne qui a la même structure qu'une colonne de distillation mais qui est utilisée pour mélanger de façon proche de la réversibilité un gaz relativement volatil, introduit à sa base, et un liquide moins volatil, introduit à son sommet.

Un tel mélange produit de l'énergie frigorifique et permet donc de réduire la consommation d'énergie liée à la distillation. Dans le cas présent, ce mélange est mis à profit, en outre, pour produire directement de l'oxygène impur sous la pression P, comme cela sera décrit ci-dessous.

L'air à séparer par distillation, comprimé à  $6 \times 10^5$  Pa et convenablement épuré, est acheminé vers la base de la colonne moyenne pression 3 par une conduite 7. La majeure partie de cet air est refroidie dans la ligne d'échange 1 et introduite à la base de la colonne moyenne pression 3, et le reste, surpressé en 8 puis refroidi, est détendu à la basse pression

dans une turbine 9 couplée au surpresseur 8, puis insufflé en un point intermédiaire de la colonne basse pression 4. Du "liquide riche" (air enrichi en oxygène), prélevé en cuve de la colonne 3 est, après détente dans une vanne de détente 10, introduit dans la colonne 4, à peu près au point d'insufflation de l'air. Du "liquide pauvre" (azote impur) prélevé en un point intermédiaire 11 de la colonne 3 est, après détente dans une vanne de détente 12, introduit au sommet de la colonne 4, constituant le gaz résiduaire de l'installation, et l'azote gazeux pur sous la moyenne pression produit en tête de la colonne 3, sont réchauffés dans la ligne d'échange 1 et évacués de l'installation. Ces gaz sont indiqués respectivement par NI et NG sur la figure 1.

De l'oxygène liquide, plus ou moins pur suivant le réglage de la double colonne 2, est soutiré en cuve de la colonne 4, porté par une pompe 13 à une pression P1, légèrement supérieure à la pression P précitée pour tenir compte des pertes de charge (P1-P inférieur à  $1 \times 10^5$  Pa), et introduit au sommet de la colonne 6. P1 est donc avantageusement comprise entre  $8 \times 10^5$  Pa et  $30 \times 10^5$  Pa, de préférence entre  $8 \times 10^5$  Pa et  $16 \times 10^5$  Pa. De l'air auxiliaire, comprimé à la même pression P1 par un compresseur auxiliaire 14 et refroidi dans la ligne d'échange 1, est introduit à la base de la colonne de mélange 6. De cette dernière sont soutirés trois courants de fluide : à sa base, du liquide voisin du liquide riche et réuni à ce dernier via une conduite 15 munie d'une vanne de détente 15A ; en un point intermédiaire, un mélange essentiellement constitué d'oxygène et d'azote, qui est renvoyé en un point intermédiaire de la colonne basse pression 4 via une conduite 16 munie d'une vanne de détente 17 ; et à son sommet de l'oxygène impur qui, après réchauffement dans la ligne d'échange thermique, est évacué, sensiblement à la pression P, de l'installation via une conduite 18 en tant que gaz de production 01.

On a également représenté sur la figure 1 des échangeurs de chaleur auxiliaires 19, 20, 21 assurant la récupération du froid disponible dans les fluides en circulation dans l'installation.

Comme on le comprend, grâce à la présence d'un circuit séparé pour l'air auxiliaire alimentant la colonne 6, on peut choisir à volonté la pression P de l'oxygène impur produit. De plus, comme indiqué plus haut, le réglage de la double colonne permet d'obtenir divers degrés de pureté pour ce gaz.

Une autre manière de déterminer ce degré de pureté consiste, comme représenté à la figure 2, à choisir le niveau de prélèvement, dans la colonne basse pression 4, du liquide alimentant la colonne 6, par exemple en laissant quelques plateaux de distillation entre le point de prélèvement et la cuve de la colonne 4.

Comme on l'a également représenté sur la figure 2, l'installation peut produire, simultanément à l'oxy-

gène impur de la colonne 6, de l'oxygène à une pureté et à une pression différentes, notamment de l'oxygène à peu près pur, par soutirage au bas de la colonne 4. Cet oxygène peut être fourni sous forme gazeuse, via une conduite 22 traversant la ligne d'échange 1, sous la basse pression de la colonne basse pression 4 ou sous pression, notamment par pompage du liquide en 23 avant son réchauffement dans la ligne d'échange ; il peut aussi être liquéfié et envoyé dans un stockage 24.

L'installation de la figure 3 diffère de celle de la figure 2 par le fait qu'elle comprend en outre une colonne 25 de production d'argon impur couplée, de façon classique, à la colonne basse pression 4.

En effet, le fait que l'oxygène impur soit produit non pas par la colonne basse pression 4 mais par la colonne de mélange 6 permet de produire de l'oxygène impur contenant très peu d'argon, ce qui laisse la possibilité de produire, en plus de l'argon, à condition bien entendu que l'oxygène liquide soutiré et pompé en 13 ait une pureté suffisante, notamment au moins égale à 98 %.

L'air auxiliaire à la pression P1 peut être de l'air atmosphérique convenablement épuré, mais également provenir d'un procédé annexe comprenant un compresseur d'air. Il peut par exemple s'agir d'air prélevé à l'entrée d'une turbine à gaz et dont la pression est éventuellement ajustée au moyen d'un surpresseur ou d'une turbine de détente. Plus généralement, on peut utiliser pour alimenter la base de la colonne de mélange 6, un mélange de gaz de l'air moins riche en oxygène que le liquide prélevé dans la partie inférieure de la colonne basse pression, notamment de l'azote impur provenant éventuellement de l'installation elle-même.

Ainsi, l'invention permet de produire simultanément, dans des conditions particulièrement économiques d'investissement et de consommation d'énergie, de l'oxygène pur ou à peu près pur, de l'oxygène impur et de l'argon.

Il est à noter que l'oxygène produit par la colonne 4 est pratiquement dépourvu d'azote et peut donc être utilisé dans les convertisseurs d'une aciérie. L'installation, sous la forme de la figure 2, permet ainsi d'alimenter à la fois ces convertisseurs en oxygène pur et le haut fourneau de l'aciérie en oxygène impur à la pression du haut fourneau ; sous sa forme de la figure 3, l'installation peut alimenter en outre l'aciérie en argon.

## Revendications

1. Procédé de distillation d'air au moyen d'une double colonne de distillation (2) couplée à une colonne de mélange (6), dans lequel on alimente la colonne de mélange en cuve par un gaz auxiliaire constitué d'un mélange de gaz de l'air, et en tête

- par un liquide plus riche en oxygène que le gaz auxiliaire, prélevé dans la partie inférieure de la colonne basse pression (4), et on soutire en tête de la colonne de mélange (6) de l'oxygène impur constituant un gaz de production, caractérisé en ce que le gaz auxiliaire et le liquide alimentant la colonne de mélange (6) sont comprimés sensiblement à une même première pression ( $P_1$ ) différente de celle de la colonne moyenne pression (3).
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le liquide est le liquide de cuve de la colonne basse pression (4).
3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le liquide est de l'oxygène pratiquement sans azote.
4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit liquide est soutiré quelques plateaux au-dessus de la cuve de la colonne basse pression (4).
5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on soutire de l'oxygène en cuve de la colonne basse pression (4) pour constituer un second gaz de production.
6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on produit en outre de l'argon au moyen d'une colonne de distillation additionnelle de production d'argon impur (25) couplée à la colonne basse pression (4).
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la première pression ( $P_1$ ) est supérieure d'au moins  $2 \times 10^5$  Pa à la pression dans la colonne moyenne pression.
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la première pression est comprise entre  $8 \times 10^5$  Pa et  $16 \times 10^5$  Pa.
9. Installation de distillation d'air, du type comprenant une double colonne de distillation (2), une colonne de mélange (6), une ligne d'échange thermique (1), une source d'un gaz auxiliaire constitué d'un mélange de gaz de l'air, des moyens pour introduire le gaz auxiliaire à la base de la colonne de mélange (6), des moyens pour soutirer un liquide plus riche en oxygène que le gaz auxiliaire dans la partie inférieure de la colonne basse pression (4), des moyens (13) pour pomper ce liquide et pour l'introduire au sommet de la colonne de mélange, et des moyens pour soutirer de l'oxygène impur en tête de la colonne de mélange en tant que gaz de production de l'installation, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens (14) pour comprimer le gaz auxiliaire à une pression déterminée ( $P_1$ ) différente de celle de la colonne moyenne pression (3), et des passages pour ce gaz auxiliaire comprimé prévus dans la ligne d'échange thermique (1), et en ce que les moyens (13) de pompage portent le liquide à ladite pression déterminée ( $P_1$ ).
10. Installation suivant la revendication 9, caractérisée en ce que ledit liquide est soutiré en cuve de la colonne basse pression (4).
11. Installation suivant la revendication 9, caractérisée en ce que ledit liquide est soutiré quelques plateaux au-dessus de la cuve de la colonne basse pression (4).
12. Installation suivant l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens pour soutirer de l'oxygène en cuve de la colonne basse pression (4) en tant que second gaz de production de l'installation.
13. Installation suivant l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisée en ce qu'elle comprend une colonne de production d'argon impur (25) couplée à la colonne basse pression (4).
14. Application d'un procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8 à l'alimentation en gaz d'une aciérie comprenant un haut fourneau, l'oxygène impur étant produit sous la pression du haut fourneau et étant envoyé à ce dernier.
15. Application suivant la revendication 14, caractérisée en ce que, le procédé étant conforme à la revendication 3, on envoie l'oxygène pratiquement sans azote aux convertisseurs de l'aciérie.

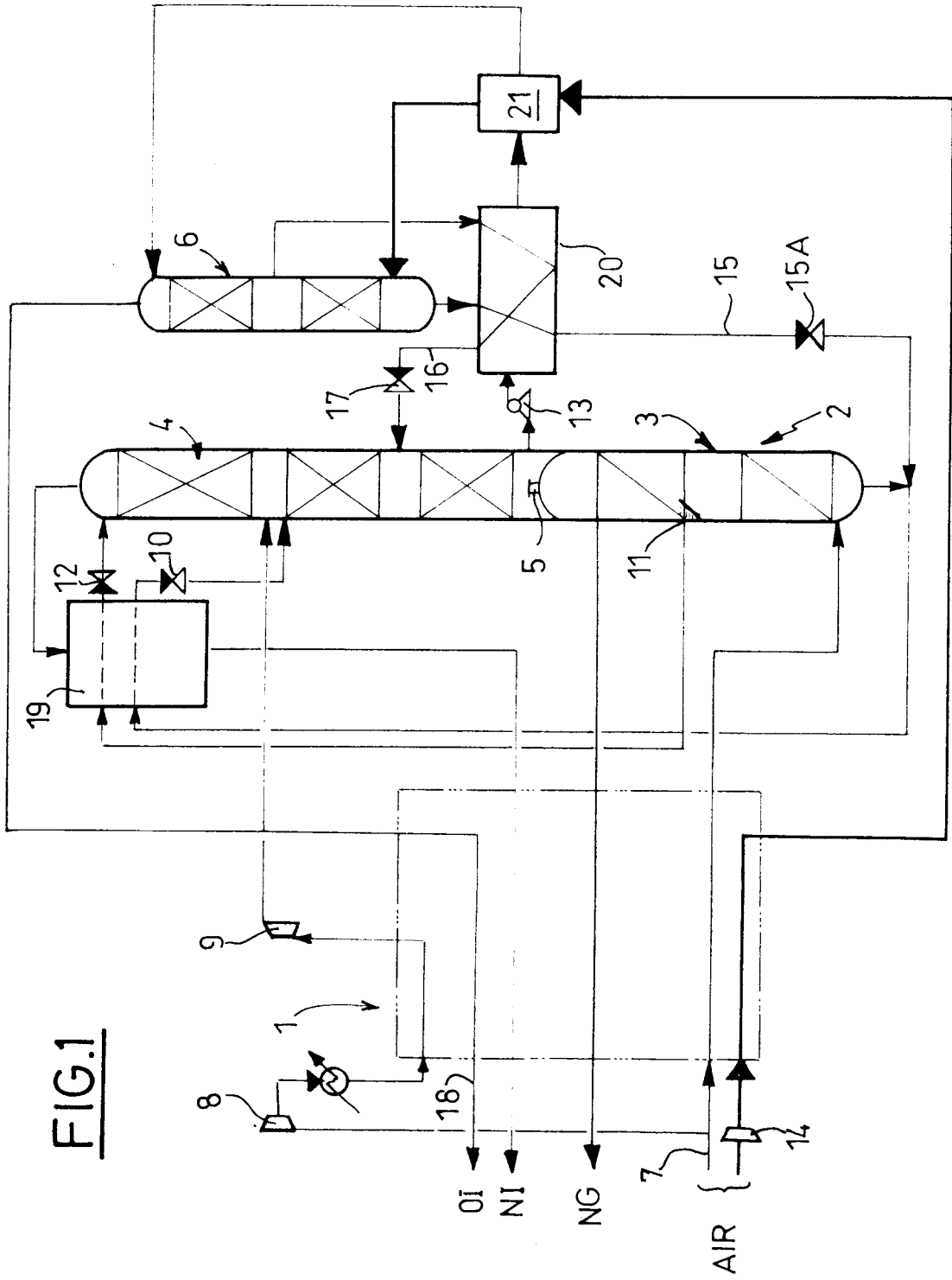
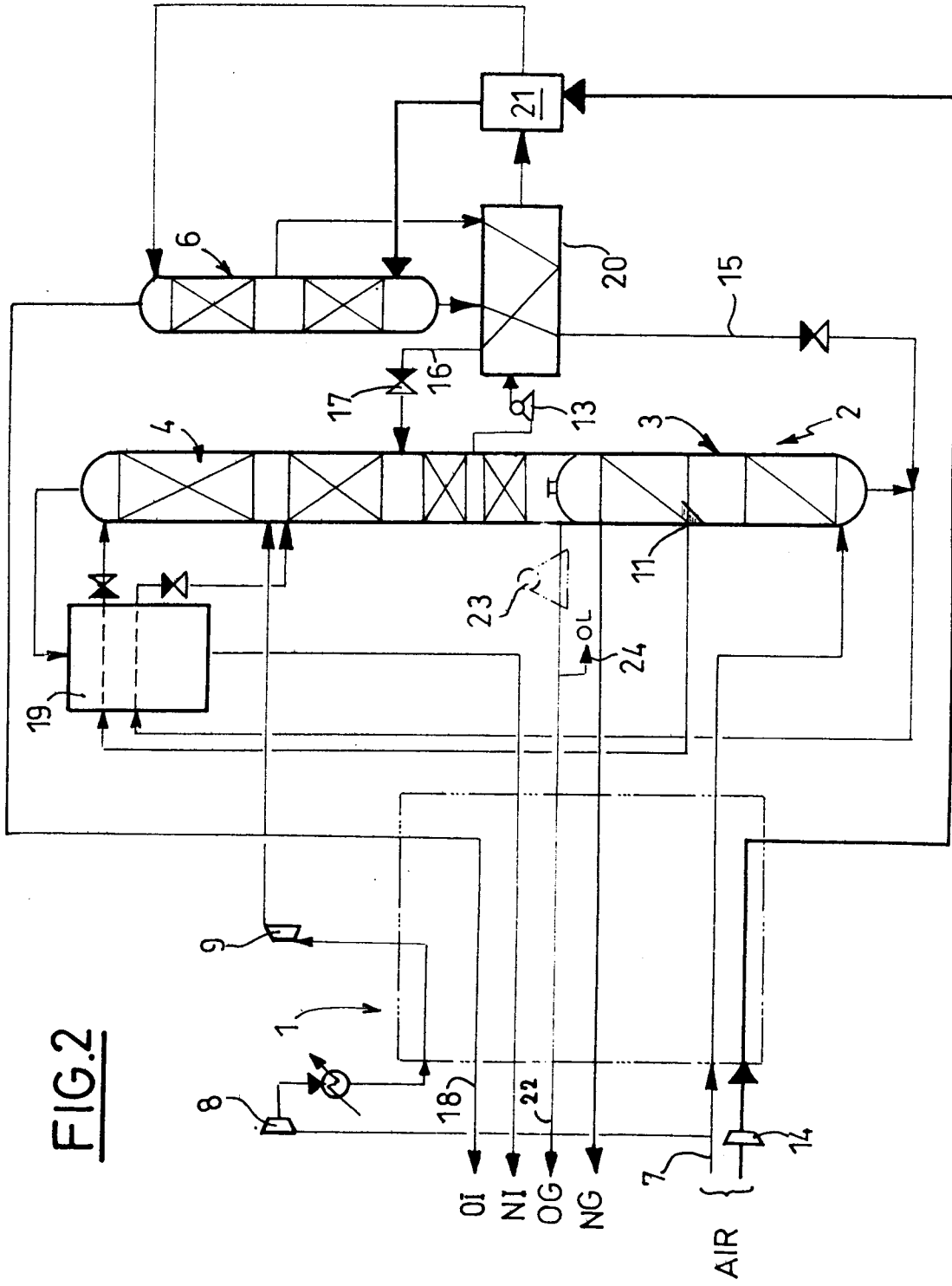


FIG.1



**FIG. 2**

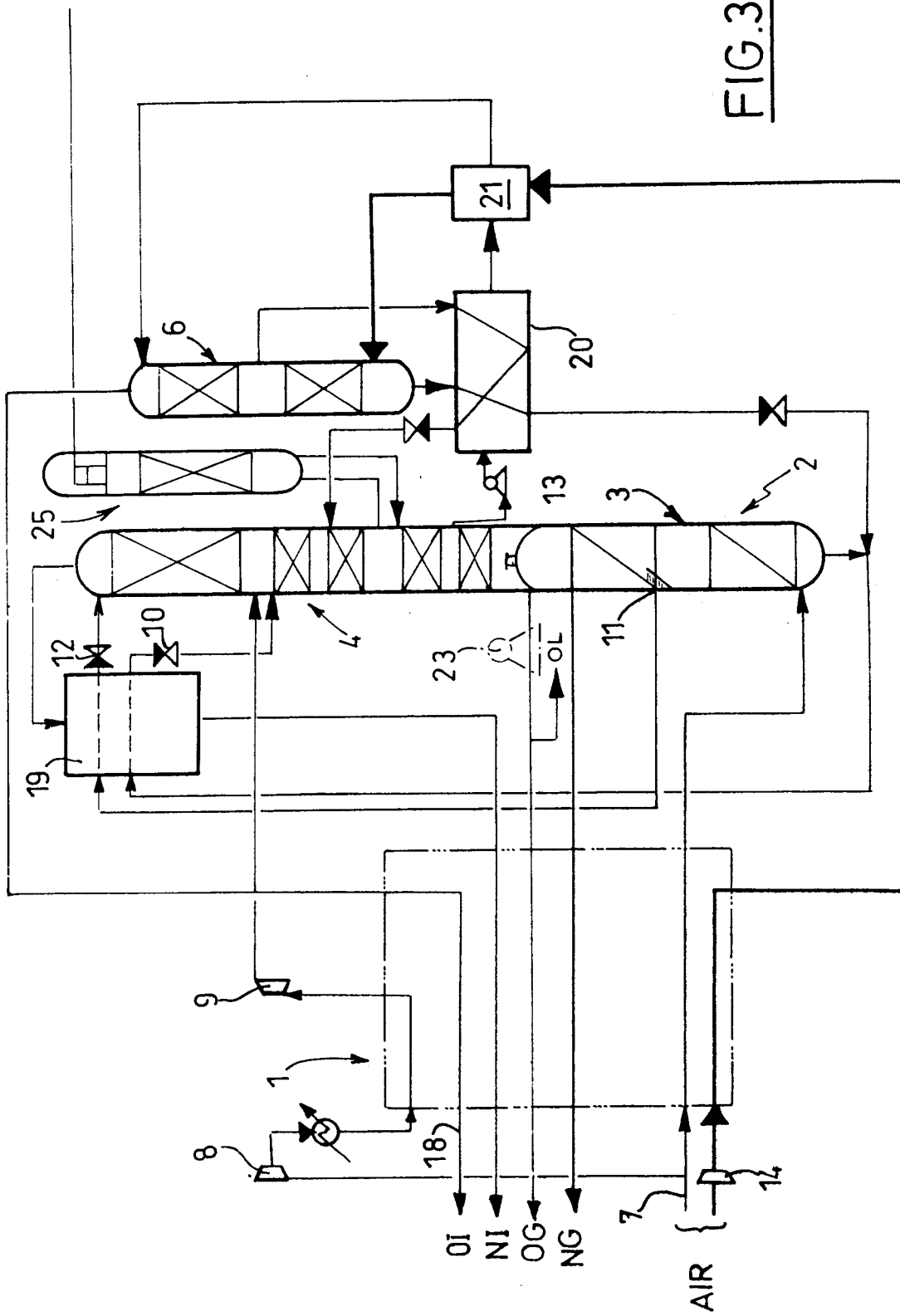


FIG. 3



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 2246

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.5)
A	FR-A-2 169 561 (L'AIR LIQUIDE) * page 14, ligne 19 - page 16, ligne 4; revendications 1-28; figure 8 * ---	1-15	F25J3/04
A	FR-A-1 314 605 (LINDE) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			F25J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18 NOVEMBRE 1992	Examinateur MEERTENS J.
<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 03.92 (P0002)