

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 148 470**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **23 04422**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 25 J 3/00 (2023.01), B 01 D 53/02**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé et appareil de séparation d'un flux gazeux par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification.

②2 Date de dépôt : 03.05.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 08.11.24 Bulletin 24/45.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 04.04.25 Bulletin 25/14.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *L'AIR LIQUIDE, SOCIETE
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société
Anonyme — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : ANDRICH Marine, PEYRON Jean-
Marc, PRASAD Bhadri, GRANADOS Ludovic et DE
CAYEUX Olivier.

⑦3 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES
PROCEDES GEORGES CLAUDE Société Anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE.

FR 3 148 470 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé et appareil de séparation d'un flux gazeux par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification

- [0001] La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de séparation d'un flux gazeux par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification.
- [0002] Dans une unité de séparation et/ou de liquéfaction, le fluide à traiter a généralement besoin d'être comprimé dans un compresseur. De plus, l'énergie de compression de certains co-produits ou fluides intermédiaires peut être valorisée sous forme de froid et/ou d'énergie mécanique dans une turbine. Il existe notamment deux grandes familles de roues de compression mécaniquement couplées à des roues de détente :
- Celles où la turbine entraîne le compresseur, sans d'autre source d'énergie sur l'arbre commun.
 - Celles où le compresseur et la turbine sont placées sur le même arbre et un moteur ou une turbine à vapeur ou plus généralement une autre source mécanique complète l'énergie à apporter au compresseur car la turbine n'en fournit pas suffisamment.
- [0003] Il est connu de US1992486 de comprimer un gaz de combustion contenant 18% de CO₂, de séparer le CO₂ qu'il contient par solidification et de détendre une partie du gaz n'ayant pas été solidifié dans une turbine qui entraîne un compresseur du gaz de combustion, l'ensemble formant une machine de compression et de détente.
- [0004] Lorsque la machine de compression et détente s'arrête brutalement ou est mise en arrêt de sécurité du fait d'une perturbation sur le procédé, les roues de compression continuent de tourner durant quelques minutes par énergie cinétique et entraînent ainsi les roues de la ou des turbines. L'inertie mécanique du compresseur est d'autant plus élevée que les roues de compression ont un grand diamètre (c'est à dire que le débit à traiter est grand, par exemple 355 100 m³/h avec une puissance de compression de plusieurs mégawatt). La rotation de la turbine sans suffisamment de fluide à l'entrée peut créer un échauffement des matériaux de la turbine et son endommagement.
- [0005] Ce problème peut également exister lors du démarrage de la turbine et/ou lors du démarrage du compresseur auquel est couplée la turbine.
- [0006] Pour pallier le problème d'échauffement et/ou d'endommagement de la turbine, soit un fluide de secours est apporté à la turbine en cas d'arrêt de la machine, soit des matériaux plus chers qui tiennent à une température plus élevée sont choisis pour la turbine (ce qui rend le coût de l'unité plus élevé alors que les machines représentent une part importante du coût des unités).

[0007] Le problème d'un fluide de secours est qu'il faut quelques secondes pour déclencher les vannes et apporter le fluide, ce qui laisse le temps aux matériaux pour s'échauffer (même avec des vannes à ouverture ultra-rapide, notamment du fait des tailles importantes des vannes). C'est pourquoi, sur les machines où la turbine entraîne un compresseur, le fluide de secours est généralement constitué par un gaz pris directement au refoulement du compresseur. Cependant, cela n'est pas tout le temps possible, comme par exemple lorsque le fluide à comprimer est à saturation en eau et que le fluide à détendre doit être sec. Ce problème se présente par exemple dans les appareils de séparation d'un gaz de combustion pour produire du CO₂ comprenant une turbine d'azote, du fait du risque de gel et/ou éventuellement de formation d'hydrates à basse température après détente.

[0008] La présente invention consiste à prendre comme fluide de secours le gaz comprimé en aval d'une unité de refroidissement et d'une unité de séchage par adsorption, de sorte que le fluide de secours soit sec et refroidi.

[0009] Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'un flux gazeux contenant un premier composant, au moins un deuxième composant et de l'eau dans lequel le flux gazeux est comprimé dans un compresseur pour former un débit comprimé, le débit comprimé est refroidi pour former un débit comprimé refroidi, le débit comprimé refroidi est épuré en eau par un appareil d'épuration fonctionnant par adsorption pour former un débit comprimé et séché, éventuellement le débit comprimé et séché est enrichi en le premier composant, le débit comprimé et séché et éventuellement enrichi en le premier composant est refroidi dans un échangeur de chaleur et séparé par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification pour former un débit enrichi en le premier composant par rapport au flux gazeux en base sèche et un débit appauvri en le premier composant par rapport au flux gazeux en base sèche, le débit appauvri en le premier composant est réchauffé par échange de chaleur avec le débit comprimé et séché qui se refroidit dans l'échangeur de chaleur puis détendu dans une turbine couplée au compresseur caractérisé en ce que lors d'un arrêt du compresseur ou d'une réduction d'au moins 1%/sec du débit molaire comprimé ou lors du démarrage du compresseur et/ou de la turbine, une partie du débit comprimé et séché est prise en amont de l'échangeur de chaleur et envoyée à l'entrée de la turbine.

[0010] Selon d'autres aspects facultatifs :

- la partie du débit comprimé et séché en amont de l'échangeur est envoyée à l'entrée de la turbine uniquement si le débit comprimé et/ou sa pression et/ou la pression à l'entrée de la turbine passe en dessous d'un seuil et/ou si la température à la sortie de la passe au-dessus d'un seuil et/ou en cas d'un signal d'arrêt des roues de compression du compresseur.
- le premier composant est du dioxyde de carbone.

- le débit comprimé comprend au moins 15% mol de dioxyde de carbone à base humide.
 - l'au moins un deuxième composant est choisi dans le groupe : azote, oxygène, argon, monoxyde de carbone, méthane.
 - la partie du débit comprimé et séché prise en amont de l'échangeur de chaleur et envoyée à l'entrée de la turbine est constituée par du gaz présent dans un espace libre d'au moins une bouteille d'adsorbant de l'appareil d'adsorption, cette au moins une bouteille étant en phase d'adsorption.
 - un moyen d'ouverture, par exemple un détendeur, en aval d'au moins une bouteille d'adsorbant de l'appareil d'adsorption s'ouvre quand la pression du débit comprimé et/ou à l'entrée de la turbine passe en dessous d'un seuil.
 - l'unité d'adsorption comprend au moins deux bouteilles d'adsorbant et au moins deux moyen d'ouverture, pouvant être des détendeurs, chaque bouteille étant reliée à un moyen d'ouverture respectif en aval de la bouteille dans le sens d'écoulement du débit à sécher.
 - le moyen d'ouverture, par exemple le détendeur de chaque bouteille, est calibré pour s'ouvrir à partir du même seuil.
 - le flux gazeux comprimé dans le compresseur est d'au moins 50 000m³/h, voire d'au moins 150 000m³/h.
 - le débit comprimé et séché est enrichi en le premier composant et appauvri en l'au moins un deuxième composant par adsorption.
 - le débit appauvri en le premier composant est enrichi en l'au moins un deuxième composant, pouvant être de l'azote, de l'oxygène, de l'argon, du monoxyde de carbone ou du méthane, par condensation partielle et/ou distillation.
 - après l'envoi de la partie du débit comprimé et séché prise en amont de l'échangeur de chaleur à la turbine, un débit de gaz d'une autre source est envoyé à la turbine.
 - dans le cas où un appareil d'enrichissement en le premier composant est présent, la partie du débit comprimé et séché prise en amont de l'échangeur de chaleur est prise en amont de l'appareil d'enrichissement.
- [0011] Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'un flux gazeux contenant un premier composant, au moins un deuxième composant et de l'eau comprenant un compresseur pour comprimer le flux gazeux pour former un débit comprimé, des moyens de refroidissement pour refroidir le débit comprimé pour former un débit comprimé refroidi, un appareil d'épuration fonctionnant par adsorption pour épurer en eau le débit comprimé refroidi pour former un débit comprimé et

séché, éventuellement un appareil d'enrichissement en le premier composant du débit comprimé et séché, un échangeur de chaleur pour refroidir le débit comprimé et séché relié à l'appareil d'épuration et éventuellement à l'appareil d'enrichissement, un appareil de séparation par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification pour séparer le débit comprimé et séché pour former un débit enrichi en le premier composant par rapport au flux gazeux à base sèche et un débit appauvri en le premier composant par rapport au flux gazeux à base sèche, des moyens pour envoyer le débit appauvri en le premier composant à l'échangeur de chaleur pour se réchauffer par échange de chaleur avec le débit comprimé et séché qui se refroidit dans l'échangeur de chaleur, une turbine couplée au compresseur et des moyens pour envoyer le débit appauvri en le premier composant et réchauffé dans l'échangeur de chaleur à la turbine caractérisé en ce qu'il comprend des moyens reliés à l'entrée de la turbine pour y envoyer du gaz comprimé et séché, pris en aval de l'appareil d'épuration ou dans l'appareil d'épuration et en amont de l'échangeur de chaleur et des moyens pour déclencher l'envoi si le compresseur s'arrête ou si le débit comprimé réduit d'au moins 1%/sec.

- [0012] De préférence, l'appareil comprend des moyens de régulation de l'envoi du gaz comprimé et séché vers l'entrée de la turbine en fonction de la pression à l'entrée de la turbine et/ou en fonction du débit du débit comprimé et/ou en fonction de la température à l'entrée de la turbine et/ou en fonction de la température de la sortie de la turbine.
- [0013] Le compresseur est de préférence couplé à la turbine par un axe auquel est couplé une turbine à gaz ou un moteur électrique.
- [0014] Un clapet anti-retour ou une vanne d'isolement (en anglais « block valve ») peut être placée entre le compresseur et l'unité d'adsorption.
- [0015] Classiquement, un cycle de procédé TSA de purification d'air comporte les étapes suivantes :
- a. purification d'un flux gazeux par adsorption des impuretés à pression super-atmosphérique et à température ambiante,
 - b. éventuellement dépressurisation de l'adsorbeur jusqu'à la pression atmosphérique ou en-dessous de la pression atmosphérique,
 - c. régénération de l'adsorbant à pression atmosphérique, notamment par un gaz résiduaire, dans le cas de la séparation d'air typiquement de l'azote impur provenant d'une unité de séparation d'air, et réchauffé jusqu'à une température habituellement entre 100 et 200°C au moyen d'un ou plusieurs échangeurs thermiques,

- d. refroidissement à température ambiante ou subambiante de l'adsorbant, notamment en continuant à y introduire ledit gaz résiduaire, mais non réchauffé,
 - e. éventuellement repressurisation de l'adsorbeur avec de le flux gazeux purifié issu, par exemple, d'un autre adsorbeur se trouvant en phase de production.
- [0016] En variante la régénération peut avoir lieu à la même pression que l'adsorption.
- [0017] Habituellement, un cycle de procédé PSA de purification d'un flux gazeux comporte, quant à lui, sensiblement les mêmes étapes a), b) et e), mais se distingue d'un procédé TSA par une absence de réchauffement du ou des gaz résiduaire lors de l'étape de régénération (étape c)), donc l'absence de l'étape d) et, en général, un temps de cycle plus court qu'en procédé TSA.
- [0018] Généralement, les unités de séchage par adsorption comprennent au moins deux adsorbeurs, fonctionnant de manière alternée, c'est-à-dire que au moins un des adsorbeurs est en phase de production, pendant qu'un autre est en phase de régénération.
- [0019] En général, l'élimination de la vapeur d'eau est effectuée sur un lit d'adsorbants, destiné à arrêter préférentiellement l'eau, par exemple un lit d'alumine activée, de gel de silice ou de zéolites.
- [0020] Dans une variante particulièrement performante de l'invention, on ajoute un détendeur en aval de l'unité d'adsorption et en amont des roues de détente mécaniquement couplées sur un même arbre au compresseur pour apporter instantanément (car ouverture mécanique) le fluide de secours à la turbine lors d'un arrêt brutal (ou perturbation importante) du compresseur en tirant profit de l'inventaire de gaz stocké dans les bouteilles d'adsorption de type adsorption à bascule de température (TSA) ou de type adsorption à bascule de pression (PSA) de l'unité de séchage. Du fluide de secours peut également être fourni par une colonne à distiller ou une capacité, en plus du fluide provenant en aval de l'unité de séchage par adsorption. Si l'inventaire de gaz des bouteilles d'adsorbant de l'unité d'adsorption entre le compresseur et la turbine ne s'avère pas suffisant pour alimenter la turbine en cas d'arrêt du compresseur, la solution avec détendeur permet tout de même d'apporter le gaz à la turbine durant les premières secondes après déclenchement en attendant qu'un système plus lent puisse s'enclencher (par exemple une vanne avec ouverture ultra-rapide, un gaz de secours d'un stockage, un gaz de secours provenant d'un liquide à vaporiser).
- [0021] L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant aux figures où :
- [0022] [Fig.1] illustre un appareil selon l'invention.
- [0023] [Fig.2] illustre un appareil selon l'invention.
- [0024] [Fig.3] illustre un appareil de séchage par adsorption d'un appareil selon l'invention

- [0025] [Fig.4] illustre la relation entre la vitesse de rotation et le temps d'un compresseur d'un appareil selon l'invention.
- [0026] [Fig.1] illustre un appareil selon l'invention comprenant un compresseur 14 du flux gazeux 13 contenant un premier composant, au moins un deuxième composant et de l'eau, le deuxième composant pouvant être plus lourd ou plus léger que le premier composant. La teneur en premier composant peut être supérieure à celle pour le deuxième composant ou vice versa.
- [0027] Le débit du flux gazeux 13 est de préférence d'au moins 50 000m³/h, voire d'au moins 150 000m³/h.
- [0028] En opération normale, le débit 13 est comprimé dans le compresseur 14 formant un débit comprimé 18 qui est refroidi dans un refroidisseur pouvant être le dernier refroidisseur à l'eau du compresseur, un refroidisseur à échange de chaleur indirect ou un refroidisseur à échange de chaleur direct, telle qu'une tour de lavage à l'eau.
- [0029] Dans le schéma on considère que les moyens de refroidissement font partie intégrante du compresseur 14, s'agissant du dernier refroidissement en aval de la dernière roue. Le débit refroidi est ensuite séché dans un appareil d'épuration par adsorption 19 de type TSA ou PSA pour enlever l'eau qu'il contient, formant un débit séché 23 qui alimente un appareil de séparation par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification 20. Le débit séché dans l'appareil d'épuration 19 peut être enrichi en le premier composant, par exemple en le traitant par adsorption en amont de l'appareil 20. L'appareil 20 comprend un échangeur de chaleur pour refroidir le débit séché 23 à une température inférieure à 0°C. L'appareil 20 sépare le débit séché et refroidi par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification formant un fluide 3 enrichi en le premier composant par rapport au débit 23 et ce fluide 3 est envoyé à un client 4 ou à un stockage. L'appareil produit également un gaz 21 appauvri en le premier composant par rapport au débit 23 à une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce gaz 21 pouvant provenir d'une étape de condensation partielle et/ou d'une étape de distillation et/ou d'une étape de solidification et ce gaz 21 est réchauffé dans l'échangeur où se refroidit le gaz sec 23 et puis détendu dans une turbine 22 couplée au compresseur 14. Un moteur électrique 17 ou une turbine à gaz peut également être couplé à l'axe 16 commun au compresseur 14 et à la turbine 22.
- [0030] En cas de réduction du débit comprimé 18, par exemple en cas de panne ou arrêt du compresseur 14, l'inertie des roues du compresseur fait qu'elles peuvent continuer à tourner, entraînant par l'axe 16 la rotation des roues de la turbine 22, qui peut ainsi être alimenté par trop peu de gaz 21 provenant de la séparation, provoquant un chauffage de la turbine.

- [0031] Le problème se présente aussi en cas de réduction brutal du débit comprimé dans le compresseur 14, par exemple une réduction d'au moins 10% du débit molaire en l'espace de dix secondes, c'est-à-dire d'au moins 1% du débit molaire par seconde.
- [0032] Le problème se présente également au moment du démarrage du compresseur 14 et/ou de la turbine 22.
- [0033] Pour résoudre ce problème, lors d'un arrêt du compresseur ou d'une réduction d'au moins 1%/sec du débit molaire comprimé ou lors du démarrage du compresseur et/ou de la turbine, du gaz refroidi et séché 15 est envoyé directement de l'unité de séchage 19 à la turbine 22, sans séparation ou refroidissement dans l'unité de séparation 20. La pression d'opération de l'unité d'adsorption est telle que le gaz 15 arrive rapidement à l'entrée de la turbine 22.
- [0034] Dans certains cas, le débit 23 peut être enrichi dans une unité d'enrichissement produisant un gaz enrichi en le premier composant et appauvri en le deuxième composant qui est ensuite envoyé à l'unité de refroidissement et de séparation 20. Selon cette variante, le gaz 15 est pris en amont de l'unité d'enrichissement.
- [0035] Dans un exemple typique, le premier composant peut être du dioxyde de carbone et le deuxième composant peut être de l'azote, de l'oxygène, du monoxyde de carbone, de l'hydrogène ou du méthane. Le flux gazeux peut contenir d'autres impuretés telles qu'au moins un NO_x, au moins un SO_x, du mercure...
- [0036] Le flux gazeux 13 contient par exemple 20% molaire de dioxyde de carbone, 20% molaire d'eau et 60% molaire d'azote (base humide).
- [0037] [Fig.2] illustre un appareil selon l'invention de la [Fig.1] avec plus de détail des moyens d'envoi de gaz de secours 15.
- [0038] Pour éviter que l'inventaire de gaz venant des bouteilles de l'unité de séchage 19 se dépressurise vers le compresseur 14 plutôt que vers la turbine 22, un clapet anti-retour C ou une vanne d'isolement (en anglais « block valve ») doit être placée entre les roues de compression du compresseur 14 et l'inventaire de gaz présent dans les bouteilles de l'unité de séchage.
- [0039] Un moyen d'ouverture, par exemple un détendeur D (en anglais « pressure regulator »), est placé sur la conduite de gaz de secours 15 venant de l'unité de séchage 15 vers la turbine 22.
- [0040] Le rôle du détendeur D (ou autre système équivalent) est de s'ouvrir lorsque sa pression aval descend en dessous de son seuil de tarage. L'ouverture est mécanique, utilisant un système avec ressort comme une soupape, ce qui garantit un temps d'ouverture très rapide (quasiment instantané) et une bonne fiabilité. Cela a également l'avantage de ne pas passer par la commande du système de régulation distribué (en anglais « distributed control system » ou DCS), qui ajouterait un temps de réaction de l'ordre de 3-4s, venant du temps de scrutation du DCS de ~1s, plus le temps de

transfert et de traitement de l'information. Au total, pour une vanne pneumatique d'une taille adéquate associée à un DCS, il faudrait compter 5-10s de temps d'ouverture (incluant le temps d'attente lié au DCS).

- [0041] Ainsi le détendeur D s'ouvre si la pression à l'entrée de la turbine passe en dessous d'un seuil et alimente la turbine rapidement en gaz sec stocké dans au moins une bouteille de l'unité de séchage. Le système se comporte ainsi comme un déversoir.
- [0042] L'envoi de gaz 15 peut être déclenché en utilisant un moyen de régulation autre qu'un détendeur.
- [0043] L'envoi de gaz 15 peut être déclenché en fonction de la pression à l'entrée de la turbine 22 et/ou en fonction du débit comprimé et/ou en fonction de la température à l'entrée de la turbine et/ou en fonction de la température de la sortie de la turbine et/ou en fonction d'un signal d'arrêt des roues de compression du compresseur 14.
- [0044] Cet envoi de gaz 15 peut être suivi par un envoi de gaz provenant d'une autre source, par exemple un stockage de gaz sous pression, un stockage de liquide associé à un vaporiseur, un gaz soutiré d'une canalisation.
- [0045] Le gaz 15 peut être pris directement dans au moins une bouteille d'adsorbant 20A, 20B, 20C, 20D.
- [0046] Selon les cas d'application, on pourra privilégier une pression de tarage identique ou étagée pour les différents détendeurs (s'il y en a plusieurs, par exemple s'il y a plusieurs bouteilles d'adsorption). Dans le cas des bouteilles d'adsorption, la pression de tarage sera préférentiellement identique de sorte à minimiser le risque de fluidisation du lit d'adsorbant (pour que les bouteilles se vident simultanément et pas successivement).
- [0047] [Fig.3] illustre un appareil de séchage par adsorption 19 d'un exemple d'un appareil selon l'invention. Cet appareil comprend quatre bouteilles d'adsorbant 20A, 20B, 20C et 20D, reliés en parallèle, pour sécher le gaz 13 comprimé dans le compresseur 14 formant un gaz comprimé 18 qui est séché dans les trois bouteilles 20A, 20B, 20C en cours d'adsorption, la bouteille 20D étant en cours de régénération de manière connue par l'envoi d'un gaz sec depuis l'appareil de séparation 20.
- [0048] En opération normal, trois bouteilles sont en phase d'adsorption alors que la quatrième est en phase de régénération. Le choix des bouteilles en phase d'adsorption est cyclique afin de régénérer toutes les bouteilles à tour de rôle. Les trois bouteilles produisent chacun un gaz séché 23A, 23B, 23C et les débits sont mélangés pour former le gaz 23 alimentant l'appareil de séparation 20.
- [0049] [Fig.4] illustre la relation entre la vitesse de rotation et le temps d'un compresseur d'un appareil selon l'invention avec le temps en secondes en abscisses et la vitesse de rotation du compresseur 14 du flux gazeux des figures 1 et 2 en ordonnées en rpm.

- [0050] Pour donner un exemple parmi d'autres possibles, un compresseur 14 met environ 10min à s'arrêter en cas de déclenchement. De plus, sa vitesse de rotation est divisée par deux durant les premières secondes (~30-40s) et le débit diminue de moitié durant les 2 premières minutes.
- [0051] Un certain inventaire de gaz est contenu dans les bouteilles TSA par bouteille lorsque celles-ci sont dépressurisées jusqu'à 2bara, cette valeur correspondant au volume libre de gaz contenu dans les bouteilles plus le gaz désorbé. Trois bouteilles 20A, 20B, 20C sont en production et une 20D en régénération (à une pression similaire mais à haute température, ce qui limite l'inventaire de gaz disponible). En considérant uniquement les trois bouteilles en production, l'inventaire de gaz disponible pour la turbine 22 permet d'alimenter la turbine 22 durant 5 minutes, par exemple, avec un débit constant de 20 000 Nm³/h. Cela permet de fournir du gaz 15 à la turbine 22 durant les premiers instants après arrêt ou réduction brutale du débit du compresseur 14, ces premières minutes étant les plus critiques vis-à-vis du risque d'échauffement de la machine.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de séparation d'un flux gazeux contenant un premier composant, au moins un deuxième composant et de l'eau dans lequel le flux gazeux est comprimé dans un compresseur (14) pour former un débit comprimé (18), le débit comprimé est refroidi pour former un débit comprimé refroidi, le débit comprimé refroidi est épuré en eau par un appareil d'épuration fonctionnant par adsorption (19, 20A, 20B, 20C, 20D) pour former un débit comprimé et séché (23, 23A, 23B, 23C, 23D), éventuellement le débit comprimé et séché est enrichi en le premier composant, le débit comprimé et séché et éventuellement enrichi en le premier composant est refroidi dans un échangeur de chaleur et séparé (20) par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification pour former un débit (3) enrichi en le premier composant par rapport au flux gazeux en base sèche et un débit appauvri (21) en le premier composant par rapport au flux gazeux en base sèche, le débit appauvri en le premier composant est réchauffé par échange de chaleur avec le débit comprimé et séché qui se refroidit dans l'échangeur de chaleur puis détendu dans une turbine (22) couplée au compresseur caractérisé en ce que lors d'un arrêt du compresseur ou d'une réduction d'au moins 1%/sec du débit molaire comprimé (18) ou lors du démarrage du compresseur et/ou de la turbine, une partie (15, 15A, 15B, 15C, 15D) du débit comprimé et séché est prise en amont de l'échangeur de chaleur et envoyée à l'entrée de la turbine.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1 dans lequel la partie (15) du débit comprimé et séché prise en amont de l'échangeur de chaleur est envoyée à l'entrée de la turbine (22) uniquement si le débit comprimé et/ou sa pression et/ou la pression à l'entrée de la turbine passe en dessous d'un seuil et/ou si la température à la sortie de la turbine passe au-dessus d'un seuil et/ou en cas d'un signal d'arrêt des roues de compression du compresseur (14).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel le premier composant est du dioxyde de carbone.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications précédentes dans l'au moins un deuxième composant est choisi dans le groupe : azote, oxygène, argon, monoxyde de carbone, méthane.

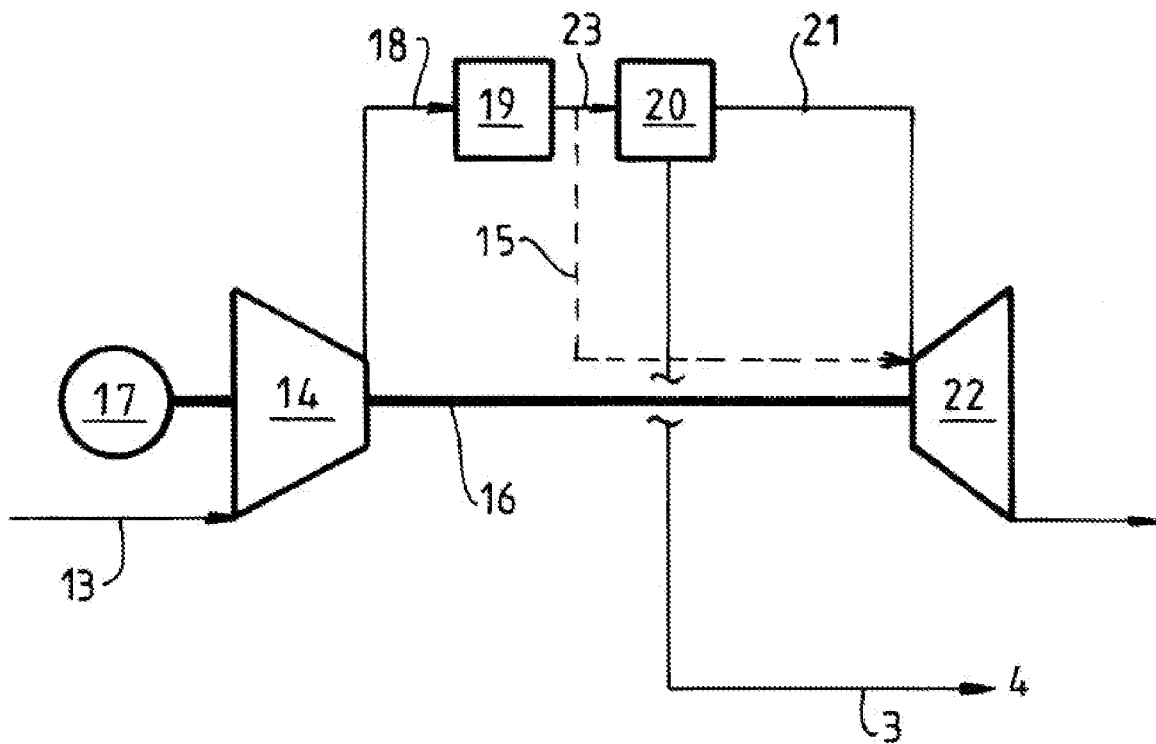
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la partie (15) du débit comprimé et séché prise en amont de l'échangeur de chaleur et envoyée à l'entrée de la turbine est constituée par du gaz présent dans un espace libre d'au moins une bouteille d'adsorbant (20A, 20B, 20C, 20D) de l'appareil d'adsorption (19), cette au moins une bouteille étant en phase d'adsorption.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications précédentes quand dépendante de la revendication 2 dans lequel un moyen d'ouverture (D, DA, DB, DC, DD), par exemple un détendeur, en aval d'au moins une bouteille d'adsorbant (20A, 20B, 20C, 20D) de l'appareil d'adsorption s'ouvre quand la pression du débit comprimé (18) et/ou à l'entrée de la turbine (22) passe en dessous d'un seuil.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'unité d'adsorption (19) comprend au moins deux bouteilles d'adsorbant (20A, 20B, 20C, 20D) et au moins deux moyens d'ouverture (D, DA, DB, DC, DD), pouvant être des détendeurs, chaque bouteille étant reliée à un moyen d'ouverture respectif en aval de la bouteille dans le sens d'écoulement du débit à sécher.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 7 dans lequel le moyen d'ouverture (D, DA, DB, DC, DD), par exemple le détendeur de chaque bouteille (20A, 20B, 20C, 20D), est calibré pour s'ouvrir à partir du même seuil.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le flux gazeux comprimé dans le compresseur (14) est d'au moins 50 000m³/h, voire d'au moins 150 000m³/h.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le débit (21) appauvri en le premier composant est enrichi en l'au moins un deuxième composant, pouvant être de l'azote, de l'oxygène, de l'argon, du monoxyde de carbone ou du méthane.
- [Revendication 11] Appareil de séparation d'un flux gazeux (13) contenant un premier composant, au moins un deuxième composant et de l'eau comprenant un compresseur (14) pour comprimer le flux gazeux pour former un débit comprimé (18), des moyens de refroidissement pour refroidir le débit comprimé pour former un débit comprimé refroidi, un appareil d'épuration (19) fonctionnant par adsorption pour épurer en eau le débit comprimé refroidi pour former un débit comprimé et séché (23), éventuellement un appareil d'enrichissement en le premier composant du débit comprimé et séché, un échangeur de

chaleur pour refroidir le débit comprimé et séché relié à l'appareil d'épuration et éventuellement à l'appareil d'enrichissement, un appareil de séparation (20) par condensation partielle et/ou distillation et/ou solidification pour séparer le débit comprimé et séché pour former un débit (3) enrichi en le premier composant par rapport au flux gazeux à base sèche et un débit (21) appauvri en le premier composant par rapport au flux gazeux à base sèche, des moyens pour envoyer le débit appauvri en le premier composant à l'échangeur de chaleur pour se réchauffer par échange de chaleur avec le débit comprimé et séché qui se refroidit dans l'échangeur de chaleur, une turbine (22) et des moyens pour envoyer le débit appauvri en le premier composant et réchauffé dans l'échangeur de chaleur à la turbine, des moyens reliés à l'entrée de la turbine pour y envoyer du gaz comprimé et séché (15), pris en aval de l'appareil d'épuration ou dans l'appareil d'épuration et en amont de l'échangeur de chaleur et des moyens pour déclencher l'envoi en fonction d'un arrêt du compresseur ou en fonction d'une vitesse de réduction du le débit comprimé (18) caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de régulation de l'envoi du gaz comprimé et séché vers l'entrée de la turbine (22) en fonction de la pression à l'entrée de la turbine et/ou en fonction du débit du débit comprimé (18) et/ou en fonction de la température à l'entrée de la turbine et/ou en fonction de la température de la sortie de la turbine et en ce que la turbine est couplée au compresseur.

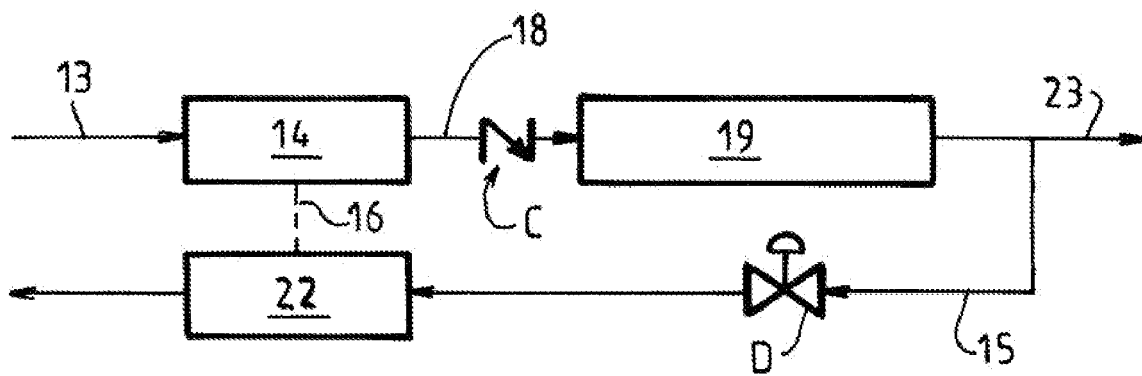
[Revendication 12]

Appareil selon la revendication 11 dans lequel le compresseur (14) est couplé à la turbine (22) par un axe (16) auquel est couplé une turbine à gaz ou un moteur électrique (17).

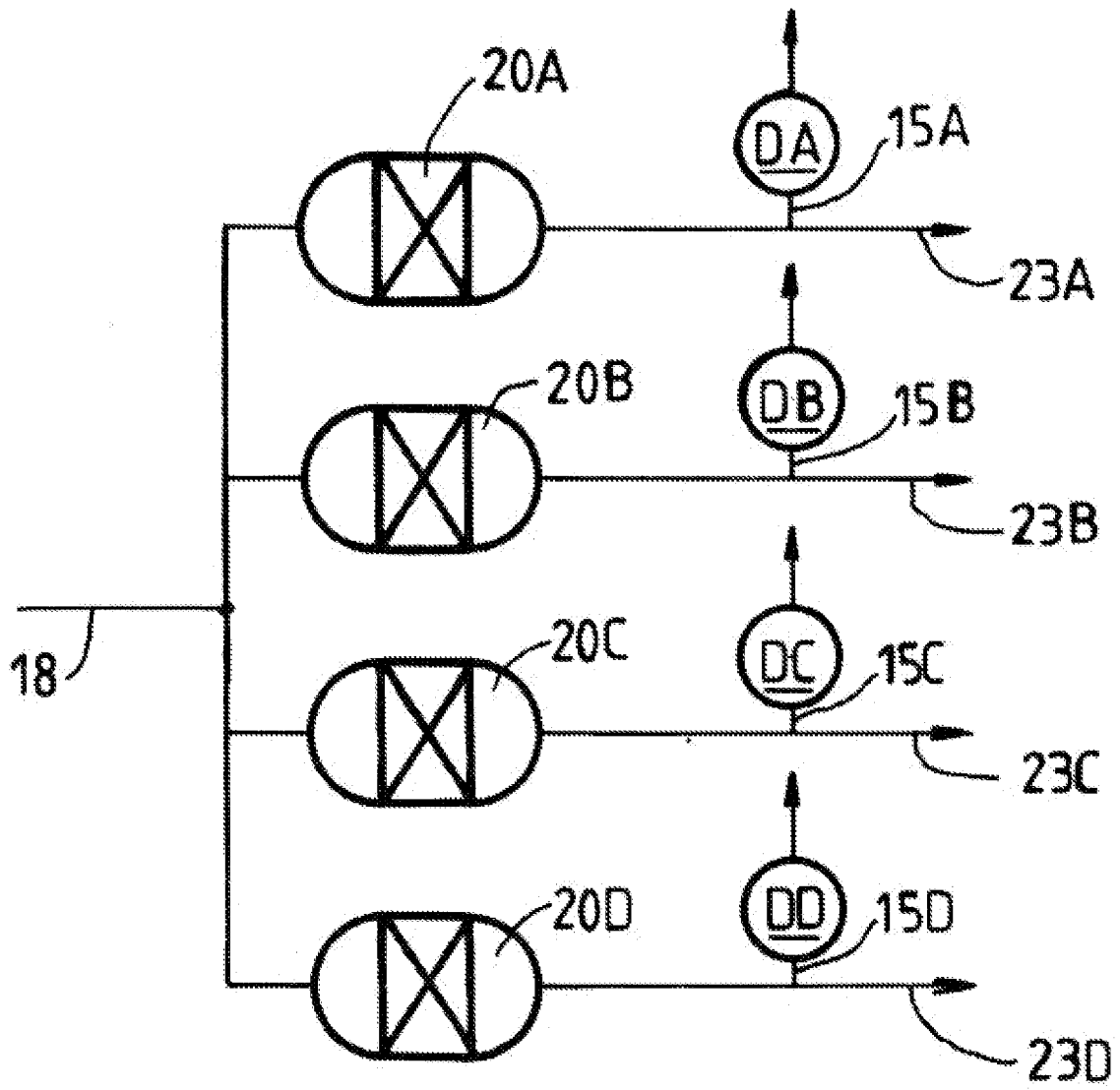
[Fig. 1]



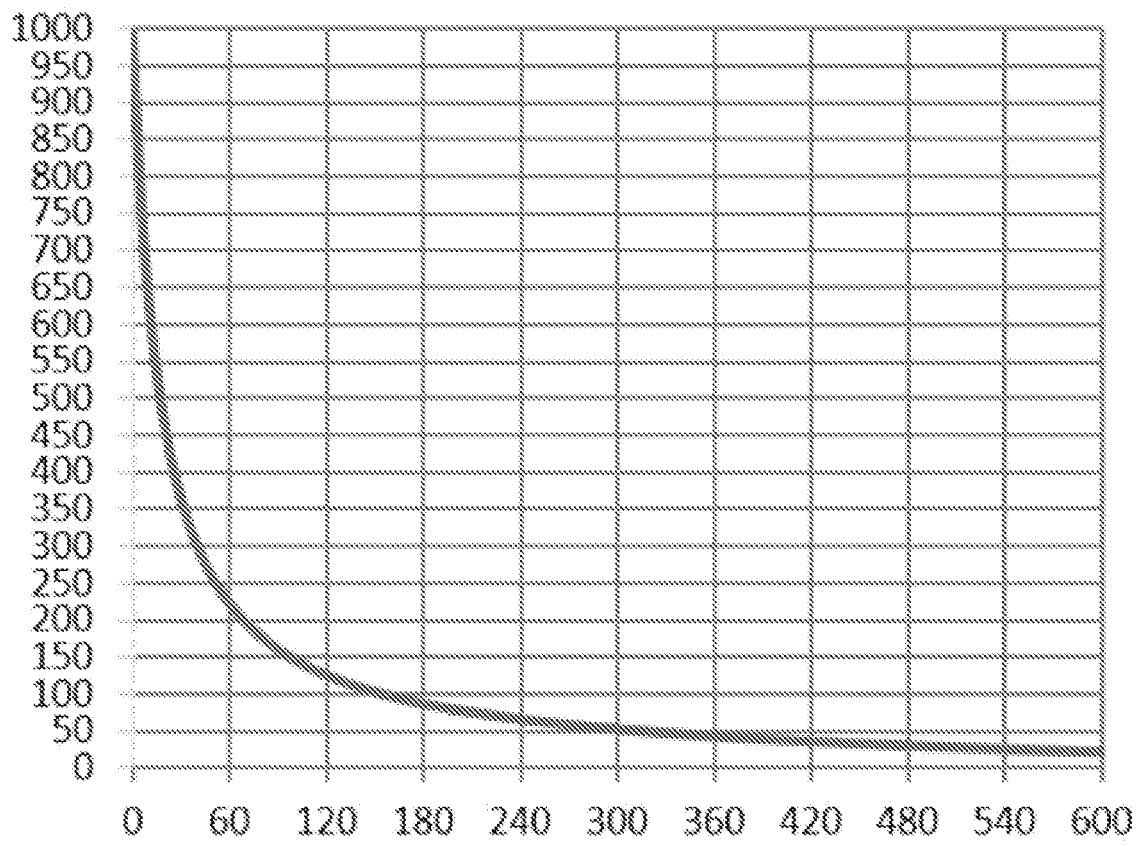
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

FR 3 076 893 A3 (L'AIR LIQUIDE SA POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES []) 19 juillet 2019 (2019-07-19)

US 2020/309451 A1 (ABARR MILES L [US] ET
AL) 1 octobre 2020 (2020-10-01)

FR 2 967 485 A1 (AIR LIQUIDE [FR])
18 mai 2012 (2012-05-18)

US 8 012 446 B1 (WRIGHT ANDREW DAVID [GB]
ET AL) 6 septembre 2011 (2011-09-06)

FR 2 872 262 A1 (AIR LIQUIDE [FR])
30 décembre 2005 (2005-12-30)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT