

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/076435 A1

(43) Date de la publication internationale
30 mai 2013 (30.05.2013)

(51) Classification internationale des brevets :
F02C 3/28 (2006.01) *F02C 3/30* (2006.01)
F01K 23/06 (2006.01) *F25J 3/04* (2006.01)
F01K 21/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/052716

(22) Date de dépôt international :
23 novembre 2012 (23.11.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1160792 25 novembre 2011 (25.11.2011) FR

(71) Déposant : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CÉDES GEORGES CLAUDE [FR/FR]; 75, Quai d'Or-
say, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs : DUBETTIER-GRENIER, Richard; 19
Avenue du Centenaire, F-94210 La Varenne Saint Hilaire
(FR). GERARD, Sylvain; 4, rue du Calvaire, Parc de
Béarn - Bât. 1, F-92210 Saint-cloud (FR). JOLY, Loïc; 62
Rue Doudeauville, F-75018 Paris (FR).

(74) Mandataire : MERCEY, Fiona; L'AIR LIQUIDE S.A.,
75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, PA, 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.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AN APPARATUS FOR SUPPLYING A COMBUSTION CHAMBER WITH NITROGEN

(54) Titre : PROCÉDÉ ET APPAREIL D'ALIMENTATION EN AZOTE D'UNE CHAMBRE DE COMBUSTION

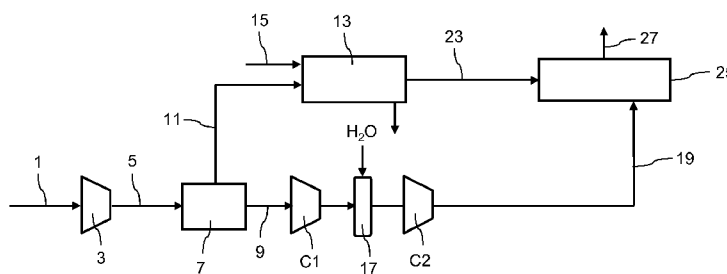


Figure 1

(57) Abstract : In a method for supplying a combustion chamber with nitrogen, gaseous nitrogen (9) is withdrawn from an air separation apparatus (7) at a first pressure, the nitrogen is compressed in at least two stages (C1, C2) of a nitrogen compressor and sent to a combustion chamber (25) at a second pressure, which is the outlet pressure of the final stage (C3) of the nitrogen compressor, between two stages of the nitrogen compressor, the nitrogen is humidified by direct contact by passing into a contactor (17) supplied, at the head, with water, and the humidified nitrogen is compressed in at least one stage of the nitrogen compressor and sent to the combustion chamber.

(57) Abrégé : Dans un procédé d'alimentation en azote d'une chambre de combustion, de l'azote gazeux (9) est soutiré d'un appareil de séparation d'air (7) à une première pression, l'azote est comprimé dans au moins deux étages (C1, C2) d'un compresseur d'azote et envoyé à une chambre de combustion (25)

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/076435 A1



-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

à une deuxième pression, qui est la pression de sortie du dernier étage (C3) du compresseur d'azote, entre deux étages du compresseur d'azote, l'azote est humidifié par contact direct en passant dans un contacteur (17) alimenté en tête par de l'eau et l'azote humidifié est comprimé dans au moins un étage du compresseur d'azote et envoyé à la chambre de combustion.

Procédé et appareil d'alimentation en azote d'une chambre de combustion

5 La présente invention concerne un procédé et appareil d'alimentation en azote d'une chambre de combustion.

Un appareil de séparation d'air est souvent utilisé pour alimenter en azote une chambre de combustion. Le carburant pour la chambre de combustion peut provenir d'une gazéification d'un combustible à l'oxygène, l'oxygène provenant
10 également de l'appareil de séparation d'air.

La présente invention propose une méthode pour saturer en eau et préchauffer l'azote au cours de sa compression avant introduction dans la chambre de combustion. Cette invention permet la récupération de chaleur de l'appareil de séparation d'air vers la chambre de combustion et la diminution en
15 besoin d'azote.

L'invention propose, en particulier, une méthode d'optimisation de l'efficacité d'une usine de production électrique par gazéification de charbon à l'oxygène et cycle combiné, ou IGCC en anglais.

Le gaz de synthèse produit par la gazéification du charbon en présence
20 d'oxygène est généralement épuré de ses impuretés (par exemple mercure, composés soufrés, CO_2 , ...) et dilué par un gaz inerte (i.e. non combustible ; par exemple azote, vapeur d'eau, CO_2 ,...) avant ou après être mélangé à un flux d'air et être introduit (sous pression) dans une chambre de combustion de laquelle les fumées seront détendues à travers une turbine génératrice.

25 Le rôle du gaz diluant est de limiter la vitesse de flamme dans la chambre de combustion, limiter le caractère oxydant du mélange gazeux et limiter les pics de température de flamme limitant ainsi la production d'oxydes d'azote à des teneurs conformes aux réglementations environnementales.

Dans le cas d'une gazéification à l'oxygène, le gaz inerte de dilution du gaz
30 de synthèse est classiquement l'azote coproduit par l'appareil de séparation d'air (ASU), souvent additionné de vapeur d'eau pour améliorer la capacité d'inertage du gaz de dilution en plus d'apporter une plus grande quantité de chaleur sensible à la turbine. En effet, la capacité d'inertage du gaz de dilution étant directement liée à sa capacité calorifique, l'addition de vapeur à l'azote coproduit de l'appareil

permet une meilleure réduction des contraintes thermiques dans la chambre de combustion que l'utilisation d'azote seul (pour un même débit volumique de fumées vers la turbine). La vapeur est également utilisée pour préchauffer le gaz de synthèse et/ou le mélange de gaz diluant pour améliorer la productivité de la turbine génératrice.

Bon nombre de documents décrivent une humidification de l'azote par contact direct substantiellement à la pression à laquelle l'azote doit rentrer dans la turbine à gaz, par exemple EP-A-1001149, US-A-5865023, US2007/0119176 et « Integration of Gas Turbine and Air Separation Unit for IGCC Power Plants » de Novem, 1993.

Le rapport Novem indique en plus que l'azote est comprimé à la pression de la chambre de combustion, mélangé avec du gaz de synthèse et ensuite saturé en eau (Figure 7).

US-A-2011/0277860 décrit la compression d'azote sec destiné une turbine à gaz, sans humidification aucune.

La présente invention propose une méthode de préchauffage et saturation de l'azote de dilution en minimisant voire en supprimant l'utilisation de vapeur, permettant de maximiser l'utilisation de la vapeur par ailleurs (par exemple, la production d'électricité), et de limiter la portion d'azote prélevée à l'appareil de séparation d'air devant être comprimé pour constituer le gaz de dilution.

L'azote de dilution provenant de l'appareil de séparation d'air (par exemple à une pression de 4 bar abs) doit être comprimé pour atteindre la pression de la chambre de combustion (i.e. entre 15 et 100 bar abs) ; cette compression peut être faite par un compresseur radial multi-intégré entraîné par un moteur électrique ou par une turbine à vapeur. Au cours de la compression de l'azote de dilution, l'invention propose de saturer en vapeur d'eau l'azote de dilution au moyen de contacteurs gaz-liquide alimentés par l'azote et un flux d'eau sous forme liquide.

De préférence, à la sortie de chaque étage de compression, l'azote de dilution est saturé en vapeur d'eau par ce moyen. A l'issue de la compression, l'azote peut être réchauffé par échange de chaleur avec un fluide chauffé au contact de l'air comprimé alimentant l'appareil de séparation d'air ; le niveau de température atteint par l'azote comprimé est ici de l'ordre de 200-250°C. L'azote peut alors être à nouveau enrichi en eau, voire saturé, par un nouveau contacteur gaz-liquide. Enfin, l'azote, éventuellement saturé en eau, peut être surchauffé

(réchauffeur électrique ou à la vapeur ou échange avec un autre fluide de l'ASU), classiquement de 50°C à 100°C au dessus de son point de saturation avant d'être dirigé vers la chambre de combustion.

5 Par ailleurs, le flux d'eau utilisé dans les contacteurs gaz-liquide pour la saturation peut être préchauffé par un fluide de l'ASU (comme de l'air en sortie du compresseur principal d'air ou d'un surpresseur d'air) jusqu'à une température de l'ordre de 150°C afin de maximiser la quantité d'eau introduite par saturation du flux d'azote. Cette optimisation est pertinente surtout pour les injections situées en aval des étages de compression.

10 En effet, les contacteurs intermédiaires, servant à saturer en eau l'azote comprimé, ont également pour rôle de refroidir le gaz avant l'étage de compression suivant et ainsi améliorant l'efficacité de la compression. Préchauffer l'eau servant à la saturation de l'azote dans les étages de compression intermédiaires réduirait donc l'efficacité de la compression.

15 L'humidification entre deux étages de compression permet d'atteindre des degrés d'humidification élevés (plus de 10% d'eau dans l'azote), sans que la compression coûte trop d'énergie, grâce au refroidissement de l'azote entre deux étages. Une compression adiabatique suivie d'une humidification comme préconisé dans « Next-Generation Integration Concepts for Air Separation Units and Gas Turbines » de Smith et al, Transactions of the ASME, Vol 119, avril 1997, permet d'atteindre la même teneur en eau. Or l'énergie de compression est beaucoup plus élevée.

20 Le débit d'eau alimentant les contacteurs gaz-liquide est ajusté de façon à ce qu'il n'y ait aucun condensat en sortie des contacteurs ; en effet, un débit supérieur à cette limite engendrerait des pertes thermiques, dégradant l'intérêt de l'invention.

30 L'invention permet donc de produire un mélange préchauffé de gaz de dilution azote-vapeur d'eau sans prélèvement de vapeur ; la vapeur d'eau est donc avantageusement valorisée à la turbine génératrice (sauf celle éventuellement utilisée au surchauffeur), sans non plus prélèvement de chaleur sur le flux d'air sortant du turbocompresseur et alimentant la chambre de combustion.

En résumé, cette invention peut permettre de transférer de la chaleur de l'appareil de séparation d'air vers la chambre de combustion de la turbine , de

diminuer l'azote prélevé à l'appareil comme gaz de dilution et enfin de diminuer la charge massique vers la turbine alimentée par la chambre de combustion (à iso-énergie) et maintenir les contraintes mécaniques du rotor dans les limites requises. Cette invention s'applique par exemple à une unité de gazéification de
5 charbon ou de coke de pétrole ou de résidu lourd à l'oxygène (voire à l'air), avec ou sans système de capture de CO₂.

La solution proposée a été comparée à une solution où l'azote de dilution n'est pas dilué à la vapeur. Dans cet exemple, les contacteurs ont été placés en sortie du premier et du deuxième étage de compression d'un compresseur à trois
10 étages (pas de contacteurs en aval du dernier étage de compression).

Pour une centrale IGCC de 450 MWe utilisant dans le cas de référence 204 000 Nm³/h d'azote de dilution, l'innovation proposée permet, à enthalpie constante, d'introduire 10 000 Nm³/h de vapeur se substituant à 13 000 Nm³/h d'azote sous pression.

15 Le gain électrique résultant sur les machines de l'unité de séparation d'air est d'environ 1,2 MW soit 0,3% de la production électrique totale de la centrale IGCC.

Comparé à une compression adiabatique avec saturation finale uniquement, (cas de l'article de Smith et al) le compresseur d'azote avec une
20 humidification d'azote entre deux étages consomme beaucoup moins d'énergie pour une quantité d'eau similaire.

Comparé à une compression centrifuge avec saturation finale uniquement, le compresseur d'azote avec une humidification d'azote entre deux étages permet d'introduire beaucoup plus d'eau (8% contre 2%).

25 Dans une variante de l'invention, l'azote issu de l'appareil de séparation d'air peut être aussi saturé en eau dès l'entrée du compresseur, ce qui permet de produire de l'eau glacée et permettre de réduire la consommation énergétique du groupe frigorifique en amont de l'unité de purification d'air par adsorption.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé d'alimentation en
30 azote d'une chambre de combustion dans lequel : de l'azote gazeux est soutiré d'un appareil de séparation d'air à une première pression, l'azote est comprimé dans un compresseur d'azote et envoyé à une chambre de combustion à une deuxième pression, qui est la pression de sortie du dernier étage du compresseur d'azote caractérisé en ce que le compresseur d'azote comprend au moins deux

étages et entre deux étages du compresseur d'azote, l'azote est humidifié par contact direct en passant dans un contacteur alimenté en tête par de l'eau et l'azote humidifié est comprimé dans au moins un étage du compresseur d'azote

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé d'alimentation en azote d'une chambre de combustion dans lequel : de l'azote gazeux est soutiré d'un appareil de séparation d'air à une première pression, l'azote est comprimé dans au moins deux étages d'un compresseur d'azote et envoyé à une chambre de combustion à une deuxième pression, qui est la pression de sortie du dernier étage du compresseur d'azote caractérisé en ce qu'entre deux étages du compresseur d'azote, l'azote est humidifié par contact direct en passant dans un contacteur alimenté en tête par de l'eau et l'azote humidifié est comprimé dans au moins un étage du compresseur d'azote et envoyé à la chambre de combustion.

Selon d'autres aspects facultatifs :

- toute l'eau envoyée au contacteur est transférée au flux gazeux d'azote.
- l'eau envoyée au contacteur est à une température qui diffère au plus de 10°C, voire de 5°C, de la température ambiante.
- l'eau envoyée au contacteur est à la température ambiante.
- l'azote est également humidifié dans un contacteur en aval du dernier étage du compresseur d'azote.
- l'eau envoyée dans le contacteur en aval du dernier étage du compresseur d'azote est préchauffée par un flux de l'unité de séparation d'air.
- l'azote est humidifié uniquement par contact direct avec de l'eau.
- un gaz de la chambre de combustion est détendu dans une turbine.
- la chambre de combustion est alimentée par un carburant provenant d'une unité de gazéification, l'unité de gazéification étant alimenté par de l'oxygène gazeux provenant de l'appareil de séparation d'air.
- seule une partie de l'eau envoyée au contacteur est transférée au flux gazeux d'azote et l'eau excédentaire sortant du contacteur sous forme liquide est utilisée comme eau glacée dans l'unité de séparation d'air.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil d'alimentation en azote d'une chambre de combustion comprenant un compresseur, au moins un contacteur à contact direct disposé pour recevoir de l'azote comprimé provenant d'un étage du compresseur ainsi que des moyens pour envoyer de l'eau à l'au

moins un contacteur, au moins une conduite pour envoyer de l'azote comprimé du dernier étage du compresseur à la chambre de combustion caractérisé en ce que le compresseur ayant au moins deux étages, en ce que le contacteur est relié en aval d'un étage du compresseur et en amont d'un autre étage du compresseur pour recevoir de l'azote comprimé et pour envoyer de l'azote humidifié à l'étage suivant, des moyens pour envoyer de l'azote comprimé et humidifié du dernier étage du compresseur à la chambre de combustion à travers l'au moins une conduite.

L'appareil peut comprendre des moyens pour humidifier l'azote par contact direct en aval du dernier étage du compresseur ou pas.

Le contacteur constitue de préférence un moyen de refroidissement de l'azote comprimé.

Le contacteur peut ne pas comprendre de moyen de sortie de liquide.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'air intégré avec une turbine à gaz comprenant un appareil de séparation d'air, un appareil de compression d'azote provenant de l'appareil de séparation d'air, comprenant un compresseur ayant au moins deux étages, au moins un contacteur à contact direct disposé pour recevoir de l'azote comprimé dans un étage du compresseur et pour envoyer de l'azote comprimé et humidifié au prochain étage du compresseur ainsi que des moyens pour envoyer de l'eau à l'au moins un contacteur, une chambre de combustion, une turbine, des moyens pour envoyer un gaz de combustion de la chambre de combustion à la turbine et des moyens pour envoyer de l'azote comprimé et humidifié du dernier étage du compresseur à la chambre de combustion et/ou à la turbine.

L'invention sera décrite en plus de détail en se référant aux figures.

Dans la Figure 1, un débit d'air 1 est comprimé dans un compresseur d'air 3 et puis séparé dans un appareil de séparation d'air 7 par distillation cryogénique. Si le but de l'invention est simplement de produire de l'azote, d'autres méthodes de séparation peuvent être utilisées. L'azote 9 est comprimé dans un compresseur à deux étages C1; C2. Entre les deux étages et en aval de l'étage C1 se trouve un contacteur 17 à contact direct alimenté en tête par de l'eau. Toute l'eau est transférée au flux gazeux d'azote qui est ensuite comprimé dans l'étage C2. L'azote comprimé et humidifié 19 est envoyé à une chambre de combustion 25. La chambre de combustion 25 est également alimentée par un gaz de synthèse 23

provenant d'un gazéifieur 13. Le gazéifieur reçoit éventuellement de l'oxygène 11 de l'appareil de séparation d'air 7 et un carburant 15, par exemple du gaz naturel, du charbon.

5 Le gaz 27 produit par la chambre de combustion 25 est détendu dans une turbine pour fournir de l'électricité.

Dans la Figure 2, l'azote est comprimé dans un compresseur à trois étages, avec un contacteur entre chaque paire d'étages et en aval du dernier étage. Un débit d'air 1 est comprimé dans un compresseur d'air 3 et puis séparé dans un appareil de séparation d'air 7 par distillation cryogénique. Si le but de l'invention
10 est simplement de produire de l'azote, d'autres méthodes de séparation peuvent être utilisées. L'azote 9 est comprimé dans un compresseur à trois étages C1, C2, C3. Entre les deux premiers étages et en aval du premier étage C1 se trouve un contacteur 17 à contact direct alimenté en tête par de l'eau. Toute l'eau est transférée au flux gazeux d'azote qui est ensuite comprimé dans l'étage C2.
15 L'azote comprimé et humidifié 19 est envoyé à un deuxième contacteur 117 par contact direct où il est humidifié et ensuite comprimé dans l'étage C3. L'azote comprimé dans l'étage C3 est éventuellement envoyé à un troisième contacteur 217 pour être humidifié et est ensuite envoyé à une chambre de combustion 25 ou à une turbine qui détend un gaz de combustion produit par la chambre de
20 combustion. L'eau envoyée au contacteur 217 peut éventuellement être préchauffée, éventuellement par échange de chaleur dans un échangeur 6 avec de l'air comprimé 1 envoyé à l'appareil 7, de l'air surpressé ou un autre débit chaud. Si l'eau servant à la saturation après dernier étage est plus chaude, elle va aussi préchauffer l'azote de dilution avant la chambre de combustion. La chambre
25 de combustion 25 est également alimentée par un gaz de synthèse 23 provenant d'un gazéifieur 13. Le gazéifieur reçoit éventuellement de l'oxygène 11 de l'appareil de séparation d'air 7 et un carburant 15, par exemple du gaz naturel, du charbon.

30 Le gaz 27 produit par la chambre de combustion 25 est détendu dans une turbine pour fournir de l'électricité.

Un avantage majeur de l'invention est qu'il permet de remplacer ou de réduire la taille d'au moins un réfrigérant inter-étage du compresseur car le contacteur permet de réaliser le refroidissement requis.

Revendications

- 5 1. Procédé d'alimentation en azote d'une chambre de combustion dans lequel : de l'azote gazeux (9) est soutiré d'un appareil de séparation d'air (7) à une première pression, l'azote est comprimé dans un compresseur d'azote (C1, C2, C3) et envoyé à une chambre de combustion (25) à une deuxième pression, qui est la pression de sortie du dernier étage (C3) du compresseur d'azote caractérisé
- 10 en ce que le compresseur d'azote comprend au moins deux étages et entre deux étages du compresseur d'azote, l'azote est humidifié par contact direct en passant dans un contacteur (17, 117) alimenté en tête par de l'eau et l'azote humidifié est comprimé dans au moins un étage du compresseur d'azote pour former l'azote à la deuxième pression envoyé à la chambre de combustion.
- 15
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel toute l'eau envoyée au contacteur est transférée au flux gazeux d'azote.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel l'eau envoyée au
- 20 contacteur (17, 117) est à une température qui diffère au plus de 10°C, voire de 5°C, de la température ambiante.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'azote est également humidifié dans un contacteur (217) en aval du dernier étage
- 25 du compresseur d'azote.
5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel l'eau envoyée dans le contacteur (217) en aval du dernier étage du compresseur d'azote est préchauffée par un flux (1) de l'unité de séparation d'air.
- 30
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'azote (9) est humidifié uniquement par contact direct avec de l'eau.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel un gaz de la chambre de combustion (25) est détendu dans une turbine.

5 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la chambre de combustion (25) est alimentée par un carburant (23) provenant d'une unité de gazéification, l'unité de gazéification étant alimenté par de l'oxygène gazeux (11) provenant de l'appareil de séparation d'air (7).

10 9. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel seule une partie de l'eau envoyée au contacteur (17, 117, 217) est transférée au flux gazeux d'azote et l'eau excédentaire sortant du contacteur sous forme liquide est utilisée comme eau glacée dans l'unité de séparation d'air.

15 10. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'azote est refroidi par contact direct avec l'eau dans le contacteur (17, 117).

20 11. Appareil d'alimentation en azote d'une chambre de combustion comprenant un compresseur (C1, C2, C3), au moins un contacteur (17, 117) à contact direct disposé pour recevoir de l'azote comprimé provenant d'un étage du compresseur ainsi que des moyens pour envoyer de l'eau à l'au moins un contacteur, au moins une conduite pour envoyer de l'azote comprimé du dernier étage du compresseur à la chambre de combustion caractérisé en ce que le compresseur ayant au moins deux étages, en ce que le contacteur est relié en aval d'un étage du compresseur et en amont d'un autre étage du compresseur
25 pour recevoir de l'azote comprimé et pour envoyer de l'azote humidifié à l'étage suivant, des moyens pour envoyer de l'azote comprimé et humidifié du dernier étage du compresseur à la chambre de combustion à travers l'au moins une conduite.

30 12. Appareil selon la revendication 11 comprenant des moyens (217) pour humidifier l'azote par contact direct en aval du dernier étage du compresseur.

13. Appareil selon la revendication 11 sans moyen d'humidification de l'azote en aval du dernier étage du compresseur.

14. Appareil selon l'une des revendications 11 à 13 dans lequel le contacteur (17, 117, 217) constitue un moyen de refroidissement de l'azote comprimé.

5

15. Appareil selon l'une des revendications 11 à 14 dans lequel le contacteur (17, 117, 217) ne comprend pas de moyen de sortie de liquide.

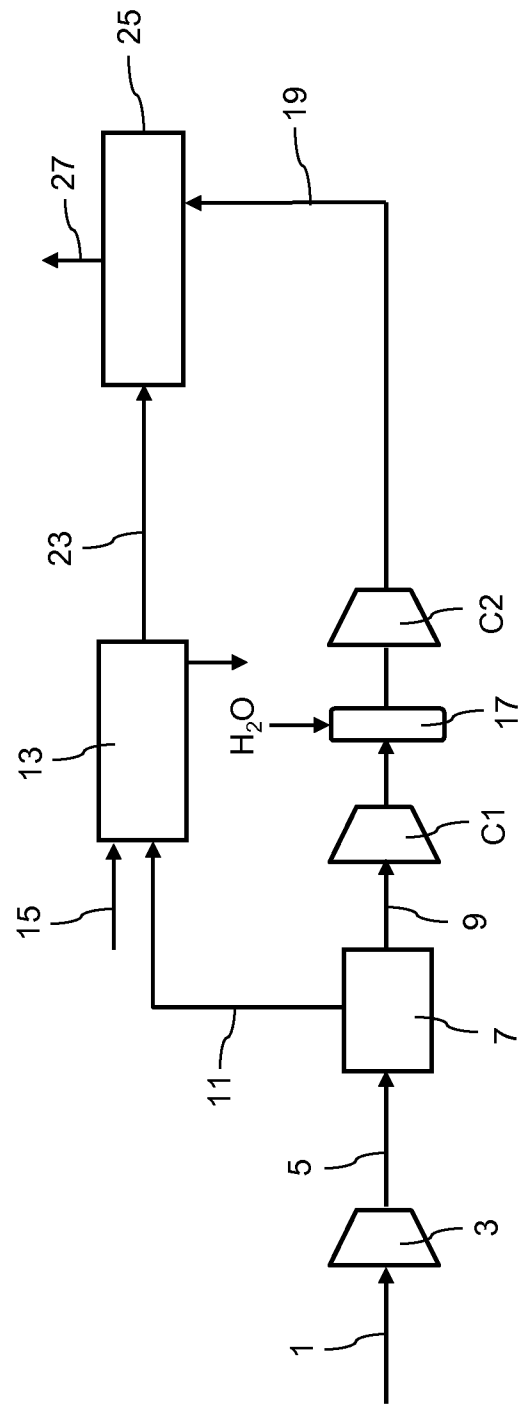


Figure 1

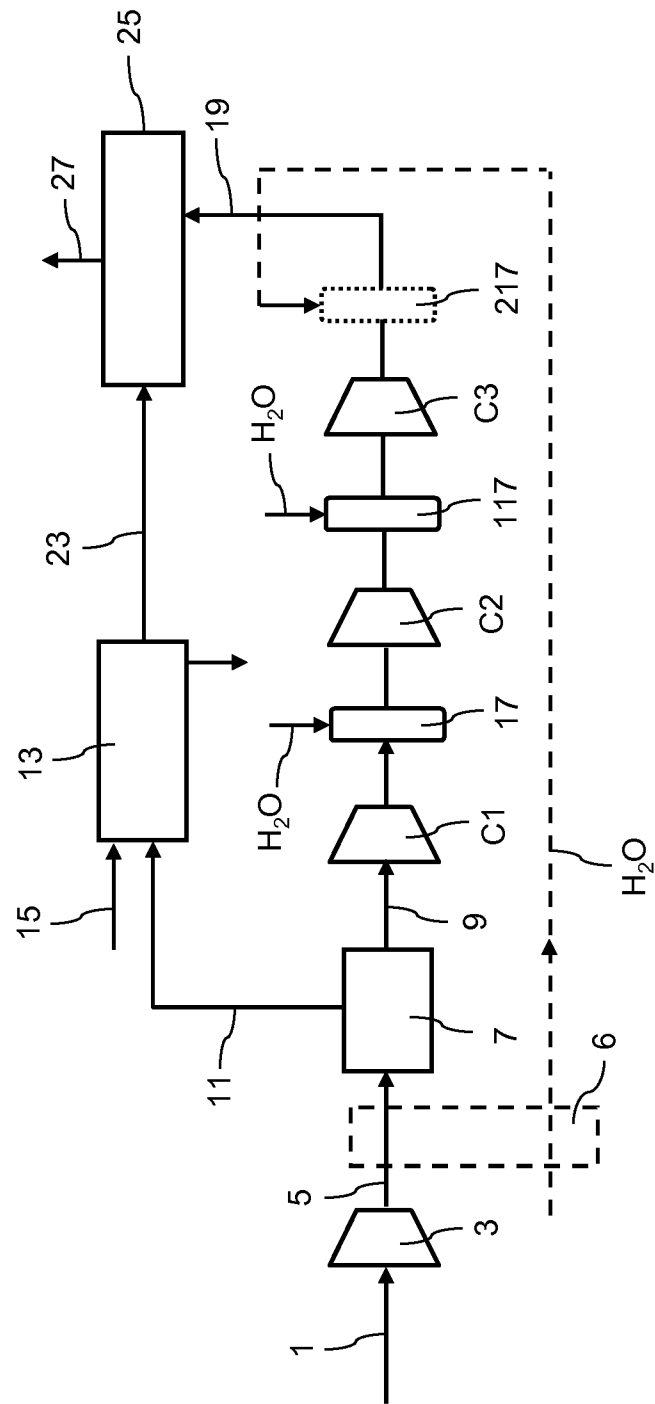


Figure 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/052716

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F02C3/28 F01K23/06 F01K21/04 F02C3/30 F25J3/04 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02C F01K F25J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/277860 A1 (BENIPAL R S; BENNIPARR R S; MAJUMDAR A; MAZUMDAR A; MISHRA S R; RAMABH) 17 November 2011 (2011-11-17) cited in the application paragraph [0027] figure 1 -----	1-15
A	US 5 865 023 A (SORENSEN JAMES CHRISTIAN [US] ET AL) 2 February 1999 (1999-02-02) cited in the application column 6, line 22 - line 36 figure 1 ----- -/-	1-15
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 March 2013		Date of mailing of the international search report 04/04/2013
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Rapenne, Lionel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/052716

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SMITH A R ET AL: "NEXT-GENERATION INTEGRATION CONCEPTS FOR AIR SEPARATION UNITS AND GAS TURBINES", JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER, ASME, NEW YORK, NY, US, vol. 119, no. 2, 1 April 1997 (1997-04-01) , pages 298-304, XP001032885, ISSN: 0742-4795 cited in the application page 5, column 1 figure 11 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/052716

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011277860 A1	17-11-2011	AU 2011202285 A1	01-12-2011
		CA 2740273 A1	17-11-2011
		CN 102311806 A	11-01-2012
		EP 2390482 A2	30-11-2011
		US 2011277860 A1	17-11-2011

US 5865023 A	02-02-1999	US 5666800 A	16-09-1997
		US 5865023 A	02-02-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052716

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F02C3/28 F01K23/06 F01K21/04 F02C3/30 F25J3/04 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F02C F01K F25J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2011/277860 A1 (BENIPAL R S; BENNIPARR R S; MAJUMDAR A; MAZUMDAR A; MISHRA S R; RAMABH) 17 novembre 2011 (2011-11-17) cité dans la demande alinéa [0027] figure 1	1-15
A	US 5 865 023 A (SORENSEN JAMES CHRISTIAN [US] ET AL) 2 février 1999 (1999-02-02) cité dans la demande colonne 6, ligne 22 - ligne 36 figure 1	1-15
----- ----- -/-		
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 22 mars 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/04/2013
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Rapenne, Lionel

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	SMITH A R ET AL: "NEXT-GENERATION INTEGRATION CONCEPTS FOR AIR SEPARATION UNITS AND GAS TURBINES", JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER, ASME, NEW YORK, NY, US, vol. 119, no. 2, 1 avril 1997 (1997-04-01) , pages 298-304, XP001032885, ISSN: 0742-4795 cité dans la demande page 5, colonne 1 figure 11 -----	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052716

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011277860 A1	17-11-2011	AU 2011202285 A1	01-12-2011
		CA 2740273 A1	17-11-2011
		CN 102311806 A	11-01-2012
		EP 2390482 A2	30-11-2011
		US 2011277860 A1	17-11-2011

US 5865023 A	02-02-1999	US 5666800 A	16-09-1997
		US 5865023 A	02-02-1999
