

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2013/160577 A1**

(43) Date de la publication internationale  
31 octobre 2013 (31.10.2013)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :  
F04D 13/14 (2006.01) F25J 3/02 (2006.01)  
F04D 29/58 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2013/050720

(22) Date de dépôt international :  
2 avril 2013 (02.04.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1253464 16 avril 2012 (16.04.2012) FR

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

(72) Inventeurs : DARDE, Arthur; 32 boulevard Saint-Mar-  
cel, F-75005 Paris (FR). DEFAYE, Cyril; 6 Square Su-  
zanne Valadon, 77680 Roissy-en-Brie, F-77680 Roissy-en-  
brie (FR). MOREL, Thomas; 58 rue Pierre Curie, F-  
94360 Bry sur Marne (FR).

(74) Mandataire : BEROU, Amandine; L'Air Liquide S.A.,  
Direction de la Propriété Intellectuelle, 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), eurasiatique (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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

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

Publiée :

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

(54) Title : APPARATUS FOR COMPRESSING A WET GAS FLOW

(54) Titre : INSTALLATION DE COMPRESSION D'UN FLUX GAZEUX HUMIDE

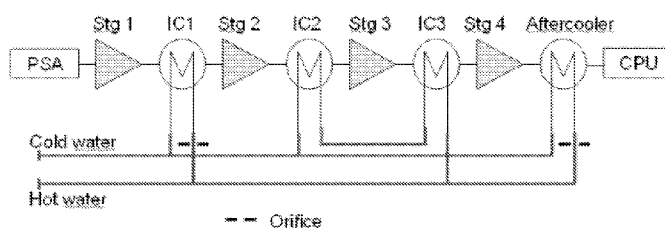


Figure 3

(57) Abstract : Apparatus for compressing a gas flow comprising at least 0.1 vol% water, comprising a compressor containing N compression stages, in which each compression stage comprises a compressing means and an exchanger directly or indirectly connected to a water-coolant circuit (C); and in which at least a first exchanger (IC2) and a second exchanger (IC3), in first and second consecutive or non-consecutive compression stages, are connected in series to the water-coolant circuit (C). The exchangers, which are not connected in series to the water-coolant circuit, comprise at their water-coolant output a device allowing a pressure drop to be created. Method for compressing a gas flow comprising at least 0.1% water and at least 20% CO<sub>2</sub> implementing such a compression apparatus.

(57) Abrégé : Installation de compression d'un flux gazeux comprenant au moins 0,1% en volume d'eau, comprenant un compresseur à N étages de compression, dans laquelle chaque étage de compression comprend un moyen de compression et un échangeur raccordé directement ou indirectement à un circuit d'eau de refroidissement (C); et au moins un premier échangeur (IC2) et un deuxième échangeur (IC3) d'un premier et d'un deuxième étages de compression consécutifs ou non sont raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement (C). Les échangeurs non raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement comprennent à leur sortie d'eau de refroidissement un dispositif permettant de créer une chute de pression. Procédé de compression d'un flux gazeux comprenant au moins 0,1% d'eau et au moins 20% de CO<sub>2</sub> mettant en œuvre une telle installation de compression.



WO 2013/160577 A1

Installation de compression d'un flux gazeux humide

La présente invention est relative à une installation de compression d'un flux gazeux  
5 comprenant au moins 0,1% d'eau, typiquement au moins 0,1% d'eau et au moins 20% de CO<sub>2</sub>,  
et un procédé de compression mettant en œuvre une telle installation.

Afin de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine humaine dans l'atmosphère, des  
procédés de capture du CO<sub>2</sub> générés dans un procédé donné sont développés. Il s'agit  
d'extraire le CO<sub>2</sub> d'un gaz généré par le procédé, éventuellement de le purifier et enfin, en  
10 général, de le comprimer afin de le transporter dans un pipeline.

L'une des voies du traitement du CO<sub>2</sub> consiste à distiller le flux gazeux riche en CO<sub>2</sub>  
dans une unité de purification cryogénique.

Dans une telle unité, il est nécessaire de comprimer le gaz d'entrée ; le gaz d'entrée  
pouvant être des fumées issues d'un procédé tel qu'un procédé de purification par adsorption  
ou un procédé de haut-fourneau.  
15

Pour les applications traitant du CO<sub>2</sub> humide, c'est-à-dire comprenant au moins 0,1%  
d'eau, l'utilisation de compresseurs en inox est préconisée car la condensation du CO<sub>2</sub> humide  
forme de l'acide carbonique qui est très corrosif pour les aciers au carbone.

Cependant l'emploi de compresseurs en inox conduit à une installation présentant un  
coût élevé.  
20

Par ailleurs, le document FR-A-1412608 enseigne une installation de refroidissement  
intermédiaire de gaz comprimé comportant des compresseurs associés à des échangeurs et un  
circuit d'eau de refroidissement. Les échangeurs consécutifs sont raccordés en série au circuit  
d'eau de refroidissement. Un enseignement similaire est donné par les documents WO-A-  
25 2011/088527, US-A-2011/000227 et US-A-7,269,956.

Dès lors, un problème qui se pose est de fournir une installation d'alimentation d'une  
colonne de distillation cryogénique présentant un plus faible coût.

Une solution de l'invention est une installation de compression d'un flux gazeux  
comprenant au moins 0,1% en volume d'eau, comprenant un compresseur à N étages de  
30 compression, dans laquelle :

- chaque étage de compression comprend un moyen de compression et un échangeur raccordé directement ou indirectement à un circuit d'eau de refroidissement C; et

- au moins un premier échangeur IC2 et un deuxième échangeur IC3 échangeur d'un premier et d'un deuxième étages de compression consécutifs ou non sont raccordés en série au

5 circuit d'eau de refroidissement C,

caractérisée en ce que les échangeurs non raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement comprennent à leur sortie d'eau de refroidissement un dispositif permettant de créer une chute de pression.

10 Selon le cas, l'installation selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les enveloppes des échangeurs des n premiers étages de compression, situés côté alimentation du compresseur, sont constituées d'un acier dont la teneur en chrome est inférieure à 11% massique et sans revêtement inoxydable, avec  $n \leq N - 1$  ;

15 - les enveloppes des échangeurs des n premiers étages de compression, situés côté alimentation du compresseur, sont en acier au carbone, avec  $n \leq N - 1$ .

- le deuxième échangeur IC3 est raccordé également directement au circuit d'eau de refroidissement C et un système de régulation de la température permet de contrôler le mélange de l'eau de refroidissement issue du premier échangeur et de l'eau de refroidissement issue directement du circuit d'eau de refroidissement C (cf. figure 4).

20 - les échangeurs non raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement comprennent à leur sortie d'eau de refroidissement un dispositif permettant de créer une chute de pression correspondant à la chute de pression causée par le raccordement en série des échangeurs ;

25 - l'échangeur du dernier étage de compression, situé côté production du compresseur, est en acier inoxydable.

- dans le cadre de l'invention, on a de préférence  $n = N-1$ .

- le dispositif permettant de créer une chute de pression comprend un orifice ou une vanne, typiquement une chute de pression de l'ordre de 1 bar (ou plus si nécessaire).

30 - l'installation d'alimentation alimente en flux gazeux, une colonne de distillation cryogénique.

La présente invention a également pour objet un procédé de compression d'un flux gazeux comprenant au moins 0,1% d'eau et au moins 20% de CO<sub>2</sub> mettant en œuvre une installation de compression selon l'invention.

De préférence, le procédé de compression selon l'invention est caractérisé en ce que :

5 - on mesure la température de l'eau de refroidissement  $T_e$  du circuit de refroidissement C;

- on compare  $T_e$  à la température de rosée  $T_r$  du flux gazeux entrant dans un deuxième échangeur IC3 appartenant à un des N-1 étages de compression situés côté alimentation du compresseur;

10 et, si la température de l'eau du circuit de refroidissement  $T_e$  est telle que  $T_e - T_r < 10^\circ\text{C}$  :

- l'entrée d'eau de refroidissement dudit échangeur est raccordée à la sortie d'eau de refroidissement d'un premier échangeur IC2 appartenant aux dits N-1 étages de compression, situés côté alimentation du compresseur, et/ou

15 - on introduit de l'eau extérieure à ladite installation de compression et présentant une température  $T_s > T_e$  directement dans le circuit d'eau de refroidissement C ou directement dans ledit échangeur,

de sorte que la température  $T_{éch}$  de l'eau entrant dans ledit échangeur soit telle que  $T_{éch} - T_r \geq 10^\circ\text{C}$ .

20 De préférence, le flux gazeux est un flux produit par un PSA (adsorption modulée en pression) H<sub>2</sub>, un PSA CO<sub>2</sub>, un procédé de séparation membranaire, une turbine à combustion, un procédé d'oxycombustion, un procédé de fabrication de ciment, un haut fourneau, un procédé de fabrication d'hydrogène ou un procédé de raffinage.

25 La solution proposée par la présente invention permet de réduire le prix de la machine en évitant la condensation du CO<sub>2</sub> humide (c'est-à-dire comprenant au moins 0,1% d'eau) dans le compresseur permettant de choisir des matériaux beaucoup moins cher, typiquement de l'acier carbone.

L'installation et le procédé selon l'invention vont être décrits plus en détail à l'aide des figures 1 à 3.

Notons dans un premier temps que la composition du flux gazeux à comprimer n'est pas constante et varie en fonction des phases de marche du PSA ou du haut fourneau ce qui modifie la valeur du point de rosée.

La figure 1 donne un exemple de composition d'un flux gazeux issu d'un PSA en phase de production.

La figure 2 donne les courbes de rosée pour les différentes températures de flux gazeux.

La température minimale des gaz dans un échangeur est considérée comme égale à la température d'entrée d'eau de refroidissement, correspondant à la température de peau des tubes de l'échangeur dans lesquels circule l'eau de refroidissement. Autrement dit, la température minimale du flux gazeux dans l'échangeur pourra être contrôlée via la température d'entrée d'eau de refroidissement.

Dès lors, pour éviter le risque de condensation dans les échangeurs de chaleur, une marge pourra être constamment maintenue entre les conditions du flux gazeux et son point de rosée. Afin de maintenir cette marge, l'installation selon l'invention est employée.

L'invention va à présent être détaillée en prenant l'exemple d'une installation de compression comprenant 4 étages de compression (cf. figure 3) alimentant une colonne de distillation cryogénique, en flux gazeux comprimé.

Les échangeurs IC2 et IC3 du deuxième et du troisième étage de compression sont raccordés en série (figure 3). L'échangeur IC3 du troisième étage de compression sera selon l'invention nommé « deuxième échangeur », tandis que l'échangeur IC2 du deuxième étage de compression sera selon l'invention nommé « premier échangeur ».

Autrement dit, l'échangeur du troisième étage de compression est alimenté par le retour d'eau chaude (eau de refroidissement réchauffé dans l'échangeur du second étage de compression) provenant de l'échangeur du second étage de compression permettant ainsi une marge suffisante au point de rosée dans l'échangeur du troisième étage de compression et évitant ainsi les risques de condensation. La différence de température de l'eau entre l'entrée et de sortie de l'échangeur est généralement de 10 ° C.

Les échangeurs IC2 et IC3 du deuxième et du troisième étage de compression doivent être conçus pour un débit d'eau de refroidissement identique. Un dispositif (un orifice ou une vanne par exemple) doit être installé à la sortie des échangeurs IC1 et refroidisseur du premier

et du quatrième étage de compression afin de créer une chute de pression supplémentaire (typiquement de 1 bar) correspondant à la chute de pression induite par l'assemblage en série des échangeurs IC2 et IC3 du deuxième et du troisième étage de compression.

Des moyens de mesure de la température, de la pression et de la teneur en eau du flux gazeux et de la température de l'eau du circuit de refroidissement à l'entrée de l'échangeur du troisième étage de compression peuvent être mis en place afin de calculer la différence entre la température du flux gazeux et son point de rosée.

D'autres arrangements sont également possibles pour alimenter l'échangeur du troisième étage de compression

D'autres arrangements sont également possibles pour alimenter l'échangeur du troisième étage de compression avec de l'eau plus chaude comme par exemple un mélange d'eau froide et chaude à travers une vanne thermostatique, notamment lorsque la marge observée n'est pas suffisante.

Notons qu'en général le ou les premiers échangeurs des premiers étages de compression situés côté alimentation du compresseur n'ont pas besoin de recevoir de l'eau plus chaude et sont raccordés directement au circuit d'eau de refroidissement. En effet, le flux gazeux étant à plus basse pression, son point de rosée est plus froid et donc plus éloigné de la température nominale de l'eau de refroidissement. Lorsque la pression du flux gazeux augmente, son point de rosée se rapproche de celle de l'eau de refroidissement et pour maintenir une marge suffisante, l'invention propose de faire circuler l'eau de refroidissement au moins partiellement en série dans au moins deux échangeurs

Concernant les moyens de compression des trois premiers étages de compression, les volutes du compresseur sont faites en acier au carbone comme pour les compresseurs standard. Les roues sont faites d'un matériau en acier inoxydable martensitique tel que pour les compresseurs standard. La nuance exacte est sélectionnée afin de satisfaire au critère de l'API617 (code américain pour les machines) pour les applications avec du gaz contenant de l'hydrogène.

Les échangeurs des trois premiers étages de compression sont de préférence des échangeurs de type tubes calandre. Leurs enveloppes sont faites d'acier au carbone en standard. Les tubes sont généralement faits d'un matériau à base de cuivre. Pour une telle application avec un circuit d'eau de refroidissement fermés (contenant des inhibiteurs de

corrosion) et du gaz humide, les tubes sont en acier au carbone. Pour un circuit d'eau de refroidissement ouvert ou semi-ouvert, des tubes en inox ou en cuivre sont nécessaires pour éviter la corrosion du côté eau.

De préférence, des ailettes en aluminium sont installées sur les tubes pour améliorer le transfert de chaleur et ainsi réduire la taille de l'échangeur. La plaque tubulaire est en acier carbone forgé. Pour éviter tout risque de fuite du côté de l'eau de refroidissement sur le côté processus qui mènerait à la condensation et ensuite à la corrosion du côté processus, une soudure de résistance de la connexion du tube / plaque tubulaire est recommandée. Ces soudures sont ensuite testées par un test de fuite à l'hélium avec un critère d'acceptation basé sur faible taux de fuite. Afin de réduire la vitesse du gaz entrant dans l'échangeur, une plaque « casse-vitesse » est ajoutée. Toutes les autres parties côté gaz de l'échangeur sont en acier au carbone. Celles-ci peuvent être galvanisées.

Des drains sont installés en point bas en cas de condensation (en cas de rupture du tube par exemple). Un détecteur de niveau dans ces points bas permet de détecter la présence de liquide dans l'échangeur. Un séparateur d'eau est installé sur en sortie de chaque échangeur afin d'éviter toute goutte d'aller vers la roue en cas de condensation (en cas de rupture du tube par exemple). Des pièges à condensats automatiques ne sont pas nécessaires. Seuls des vannes manuelles sont installées dans le drain lorsque le liquide est détecté. Une sonde de température dans les tuyaux d'aspiration des étages permet de détecter la condensation et d'arrêter la machine.

L'échangeur du quatrième étage de compression (refroidisseur) est entièrement fait d'acier inoxydable (la nuance 304L est un bon compromis) car il est fortement soumis à la condensation. Un séparateur d'eau et un piège à condensats automatique permettent d'éliminer l'eau condensée (à haute teneur en acide carbonique) du gaz. Ces dispositifs doivent être adaptés à l'acide carbonique

La présente invention a également pour objet un procédé de démarrage de l'installation de compression selon l'invention, dans lequel :

- un gaz sec à une température  $T_g$  supérieure à la température de rosée  $T_r$  du flux gazeux à comprimer est comprimé dans le compresseur à N étages de compression jusqu'à ce que la température de peau des n premiers moyens de compression et des n premiers échangeurs en contact avec le flux gazeux, situés côté alimentation du compresseur avec

$n \leq N - 1$ , et la température de l'eau du circuit d'eau de refroidissement C soient supérieures à la température de rosée  $T_r$  du flux gazeux à comprimer,

- le gaz sec est remplacé par ledit flux gazeux à comprimer.

De préférence, le flux gazeux comprend au moins 0,1% d'eau et au moins 20% de  
5  $\text{CO}_2$ , et le gaz sec est de l'azote ou du dioxyde de carbone.

Cette procédure de démarrage permet de chauffer les parties du compresseur (volute, tuyaux, échangeurs...) en contact avec le flux gazeux afin d'éviter la condensation du  $\text{CO}_2$  et donc la corrosion de ces parties.

Pendant l'hiver, l'eau de refroidissement peut être trop froide et pourrait induire la  
10 condensation dans les échangeurs. La phase de démarrage à l'azote permet également de réchauffer la température de l'eau de refroidissement à un niveau suffisant. La température de l'eau de refroidissement est surveillée et entre dans les conditions nécessaires pour remplacer l'azote par le gaz procédé et aussi pour contrôler et optimiser la capacité de refroidissement du système d'eau (marche/arrêt des ventilateurs du système de refroidissement). La puissance de  
15 l'eau de refroidissement du ventilateur de refroidissement est réduite lorsque l'eau est trop froide par rapport au niveau de la teneur en eau dans le gaz procédé.

Enfin, la présente invention a également pour objet un procédé d'arrêt de l'installation d'alimentation selon l'invention, dans lequel le compresseur est balayé et purgé avec un gaz sec.

Revendications

1. Installation de compression d'un flux gazeux comprenant au moins 0,1% en volume d'eau, comprenant un compresseur à N étages de compression, dans laquelle:

5 - chaque étage de compression comprend un moyen de compression et un échangeur raccordé directement ou indirectement à un circuit d'eau de refroidissement (C) ; et

- au moins un premier échangeur (IC2) et un deuxième échangeur (IC3) d'un premier et d'un deuxième étages de compression consécutifs ou non sont raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement (C),

10 caractérisée en ce que les échangeurs non raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement comprennent à leur sortie d'eau de refroidissement un dispositif permettant de créer une chute de pression.

2. Installation de compression selon la revendication 1, caractérisée en ce que les  
15 enveloppes des échangeurs des n premiers étages de compression, situés côté alimentation du compresseur, sont constituées d'un acier dont la teneur en chrome est inférieure à 11% massique et sans revêtement inoxydable, avec  $n \leq N - 1$ .

3. Installation de compression selon la revendication 1, caractérisée en ce que les  
20 enveloppes des échangeurs des n premiers étages de compression, situés côté alimentation du compresseur, sont en acier au carbone, avec  $n \leq N - 1$ .

4. Installation de compression selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce  
25 que le deuxième échangeur (IC3) est raccordé également directement au circuit d'eau de refroidissement (C) et un système de régulation de la température permet de contrôler le mélange de l'eau de refroidissement issue du premier échangeur et de l'eau de refroidissement issue directement du circuit d'eau de refroidissement (C).

5. Installation de compression selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce  
30 que les échangeurs non raccordés en série au circuit d'eau de refroidissement comprennent à leur sortie d'eau de refroidissement un dispositif permettant de créer une chute de pression.

6. Installation de compression selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'échangeur du dernier étage de compression, situé côté production du compresseur, est en acier inoxydable.

5 7. Installation de compression selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le dispositif permettant de créer une chute de pression comprend un orifice ou une vanne.

10 8. Procédé de compression d'un flux gazeux comprenant au moins 0,1% d'eau et au moins 20% de CO<sub>2</sub> mettant en œuvre une installation de compression selon l'une des revendications 1 à 7.

9. Procédé de compression selon la revendication 8, caractérisé en ce que :

- on mesure la température de l'eau de refroidissement  $T_e$  du circuit de refroidissement (C);

15 - on compare  $T_e$  à la température de rosée  $T_r$  du flux gazeux entrant dans un deuxième échangeur (IC3) appartenant à un des N-1 étages de compression situés côté alimentation du compresseur;

et, si la température de l'eau du circuit de refroidissement  $T_e$  est telle que  $T_e - T_r < 10^\circ\text{C}$  :

20 - l'entrée d'eau de refroidissement dudit échangeur est raccordée à la sortie d'eau de refroidissement d'un premier échangeur (IC2) appartenant aux dits N-1 étages de compression, situés côté alimentation du compresseur, et/ou

25 - on introduit de l'eau extérieure à ladite installation de compression et présentant une température  $T_s > T_e$  directement dans le circuit d'eau de refroidissement (C) ou directement dans ledit échangeur,

de sorte que la température  $T_{éch}$  de l'eau entrant dans ledit échangeur soit telle que  $T_{éch} - T_r \geq 10^\circ\text{C}$ .

30 10. Procédé de compression selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que le flux gazeux est un flux produit par un PSA H<sub>2</sub>, un PSA CO<sub>2</sub>, un procédé de séparation membranaire, une turbine à combustion, un procédé d'oxycombustion, un procédé de

fabrication de ciment, un haut fourneau, un procédé de fabrication d'hydrogène ou un procédé de raffinage.

5 11. Procédé de démarrage de l'installation de compression selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel :

- un gaz sec à une température  $T_g$  supérieure à la température de rosée  $T_r$  du flux gazeux à comprimer est comprimé dans le compresseur à  $N$  étages de compression jusqu'à ce que la température de peau des  $n$  premiers moyens de compression et des  $n$  premiers échangeurs en contact avec le flux gazeux, situés côté alimentation du compresseur avec  $n \leq N - 1$ , et la température de l'eau du circuit d'eau de refroidissement ( $C$ ) soient supérieures à la température de rosée  $T_r$  du flux gazeux à comprimer,
- le gaz sec est remplacé par ledit flux gazeux à comprimer.

15 12. Procédé de démarrage selon la revendication 11, caractérisé en ce que le flux gazeux comprend au moins 0,1% d'eau et au moins 20% de  $CO_2$ .

13. Procédé de démarrage selon l'une des revendications 11 ou 12, caractérisé en ce que le gaz sec est de l'azote ou du dioxyde de carbone.

20 14. Procédé d'arrêt de l'installation de compression selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le compresseur est balayé et purgé avec un gaz sec.

| Composition        |         |       |
|--------------------|---------|-------|
| CO2                | Molar % | 45.77 |
| N2                 | Molar % | 1.06  |
| CO                 | Molar % | 13.28 |
| H2                 | Molar % | 22.53 |
| H2O                | Molar % | 0.37  |
| CH3OH              | Molar % | 0.20  |
| CH4                | Molar % | 16.78 |
| NH3                | ppmv    | 9.4   |
| C2H6               | ppmv    | 52.7  |
| C2H4               | ppmv    | 2.6   |
| C3H8               | ppmv    | 6.7   |
| C3H6               | ppmv    | 3.4   |
| C6H6               | ppmv    | 1.5   |
| Hg                 | ug/Nm3  | 1.2   |
| Particules (<10µm) | ug/Nm3  | 136   |

Figure 1

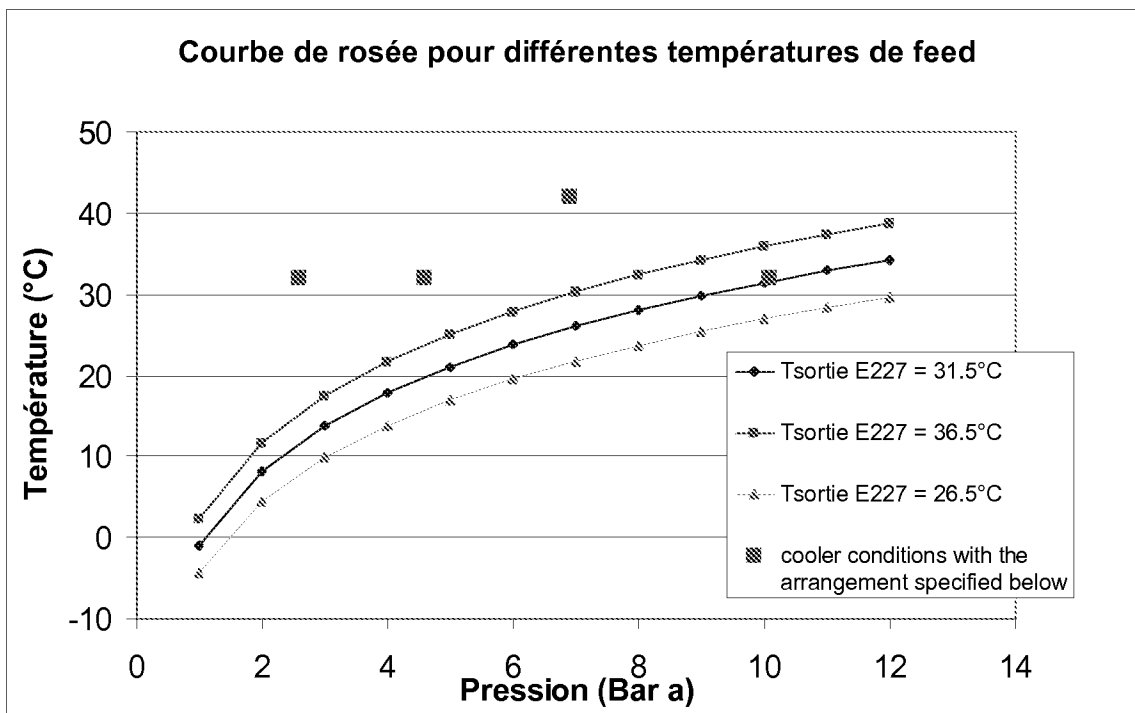


Figure 2

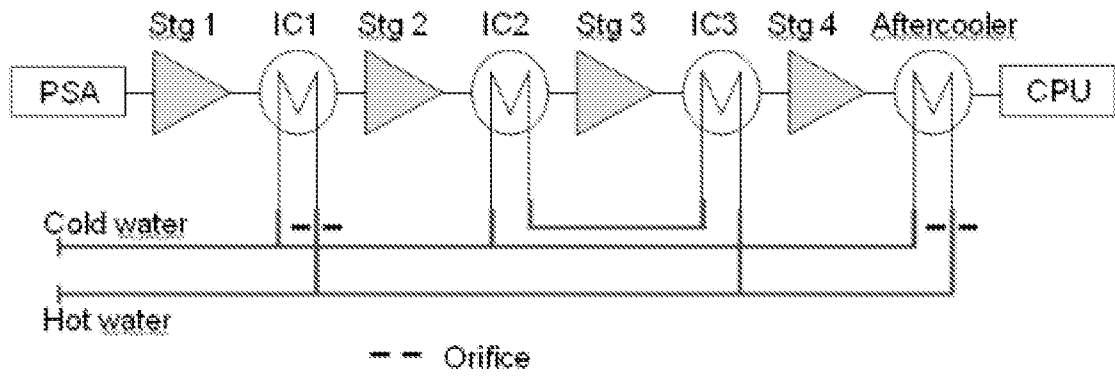


Figure 3

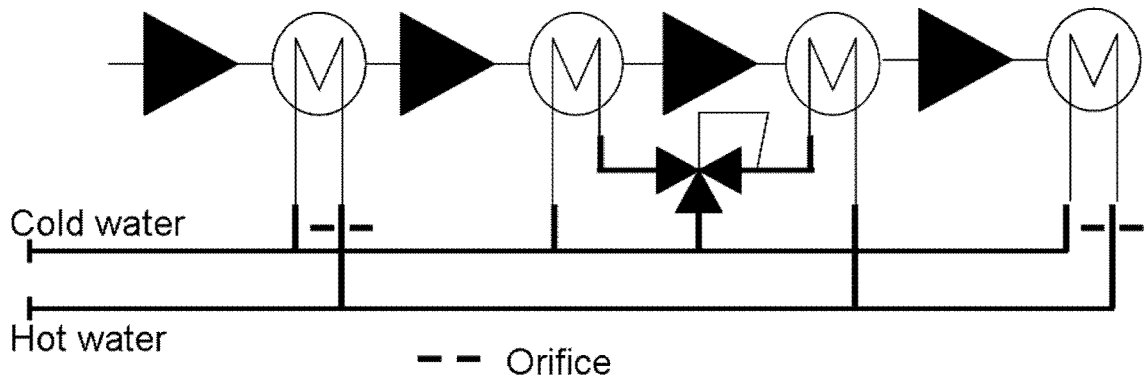


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2013/050720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F04D13/14 F04D29/58 F25J3/02  
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)  
F25J F04D F04C  
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, PAJ, WPI Data

| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category*                              | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
| A                                      | FR 1 413 608 A (BBC BROWN BOVERI & CIE)<br>8 October 1965 (1965-10-08)<br>page 1, left-hand column, paragraph 1 - paragraph 3<br>page 1, right-hand column, last paragraph<br>- page 2, left-hand column, paragraph 3;<br>figure 1<br>page 2, right-hand column, paragraph 4<br>----- | 1,4                   |
| A                                      | WO 2011/088527 A2 (ATLAS COPCO AIRPOWER NV [BE]; JANSSENS STIJN JOZEF RITA JOHANNA [BE]) 28 July 2011 (2011-07-28)<br>page 7, line 30 - page 8, line 16<br>page 8, line 30 - page 9, line 13; figure 1<br>-----<br>-/--   | 1                     |

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  | "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  |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "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   |
| "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) | "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 |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  | "&" document member of the same patent family  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

|  |  |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search<br><br>18 July 2013  | Date of mailing of the international search report<br><br>29/07/2013 |
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer<br><br>Di Giorgio, F                              |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2013/050720

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| A  | US 2011/000227 A1 (KAMIYA YUJI [JP])<br>6 January 2011 (2011-01-06)<br>paragraph [0024]<br>paragraph [0041] - paragraph [0043];<br>figure 4  | 1                     |
| A  | -----<br>US 7 269 956 B2 (GERICKE BERND [DE] ET AL)<br>18 September 2007 (2007-09-18)<br>column 3, line 12 - line 22<br>column 4, line 35 - line 42<br>column 4, line 62 - column 5, line 18;<br>figure 1<br>----- | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

|   |
|---|
| International application No<br>PCT/FR2013/050720 |
|---|

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date              |
|--|------------------|-------------------------|-------------------------------|
| FR 1413608                             | A                | 08-10-1965              | NONE                          |
| -----                                  |                  |                         |                               |
| WO 2011088527                          | A2               | 28-07-2011              | AU 2010343035 A1 17-05-2012   |
|  |                  |                         | BE 1018598 A3 05-04-2011      |
|  |                  |                         | CN 102652222 A 29-08-2012     |
|  |                  |                         | EP 2529116 A2 05-12-2012      |
|  |                  |                         | JP 2013518233 A 20-05-2013    |
|  |                  |                         | KR 20120123296 A 08-11-2012   |
|  |                  |                         | US 2012291434 A1 22-11-2012   |
|  |                  |                         | WO 2011088527 A2 28-07-2011   |
| -----                                  |                  |                         |                               |
| US 2011000227                          | A1               | 06-01-2011              | CN 101943168 A 12-01-2011     |
|  |                  |                         | JP 2011012659 A 20-01-2011    |
|  |                  |                         | US 2011000227 A1 06-01-2011   |
| -----                                  |                  |                         |                               |
| US 7269956                             | B2               | 18-09-2007              | AT 498062 T 15-02-2011        |
|  |                  |                         | CA 2486013 A1 27-10-2005      |
|  |                  |                         | DE 102004020753 A1 29-12-2005 |
|  |                  |                         | EP 1591644 A1 02-11-2005      |
|  |                  |                         | JP 2005315244 A 10-11-2005    |
|  |                  |                         | MX PA05002479 A 31-10-2005    |
|  |                  |                         | US 2005235625 A1 27-10-2005   |
| -----                                  |                  |                         |                               |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/050720

| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE<br>INV. F04D13/14 F04D29/58 F25J3/02<br>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<br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>F25J F04D F04C   |   |                               |
| 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)<br>EPO-Internal, PAJ, WPI Data   |   |                               |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |   |                               |
| Catégorie*   | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents  | no. des revendications visées |
| A  | FR 1 413 608 A (BBC BROWN BOVERI & CIE)<br>8 octobre 1965 (1965-10-08)<br>page 1, colonne de gauche, alinéa 1 -<br>alinéa 3<br>page 1, colonne de droite, dernier alinéa<br>- page 2, colonne de gauche, alinéa 3;<br>figure 1<br>page 2, colonne de droite, alinéa 4<br>-----  | 1,4                           |
| A  | WO 2011/088527 A2 (ATLAS COPCO AIRPOWER NV<br>[BE]; JANSSENS STIJN JOZEF RITA JOHANNA<br>[BE]) 28 juillet 2011 (2011-07-28)<br>page 7, ligne 30 - page 8, ligne 16<br>page 8, ligne 30 - page 9, ligne 13;<br>figure 1<br>-----<br>-/--   | 1                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents   |   |                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date<br>"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)<br>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets |                               |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br>18 juillet 2013   | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br>29/07/2013  |                               |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016   | Fonctionnaire autorisé<br><br>Di Giorgio, F   |                               |

1

| 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   | <p>US 2011/000227 A1 (KAMIYA YUJI [JP])<br/>                     6 janvier 2011 (2011-01-06)<br/>                     alinéa [0024]<br/>                     alinéa [0041] - alinéa [0043]; figure 4</p> <p style="text-align: center;">-----</p>  | 1                             |
| A   | <p>US 7 269 956 B2 (GERICKE BERND [DE] ET AL)<br/>                     18 septembre 2007 (2007-09-18)<br/>                     colonne 3, ligne 12 - ligne 22<br/>                     colonne 4, ligne 35 - ligne 42<br/>                     colonne 4, ligne 62 - colonne 5, ligne 18;<br/>                     figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1                             |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/050720

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| FR 1413608                                      | A  | 08-10-1965             | AUCUN                                   |                        |
| -----   |    |                        |   |                        |
| WO 2011088527                                   | A2 | 28-07-2011             | AU 2010343035 A1                        | 17-05-2012             |
|   |    |                        | BE 1018598 A3                           | 05-04-2011             |
|   |    |                        | CN 102652222 A                          | 29-08-2012             |
|   |    |                        | EP 2529116 A2                           | 05-12-2012             |
|   |    |                        | JP 2013518233 A                         | 20-05-2013             |
|   |    |                        | KR 20120123296 A                        | 08-11-2012             |
|   |    |                        | US 2012291434 A1                        | 22-11-2012             |
|   |    |                        | WO 2011088527 A2                        | 28-07-2011             |
| -----   |    |                        |   |                        |
| US 2011000227                                   | A1 | 06-01-2011             | CN 101943168 A                          | 12-01-2011             |
|   |    |                        | JP 2011012659 A                         | 20-01-2011             |
|   |    |                        | US 2011000227 A1                        | 06-01-2011             |
| -----   |    |                        |   |                        |
| US 7269956                                      | B2 | 18-09-2007             | AT 498062 T                             | 15-02-2011             |
|   |    |                        | CA 2486013 A1                           | 27-10-2005             |
|   |    |                        | DE 102004020753 A1                      | 29-12-2005             |
|   |    |                        | EP 1591644 A1                           | 02-11-2005             |
|   |    |                        | JP 2005315244 A                         | 10-11-2005             |
|   |    |                        | MX PA05002479 A                         | 31-10-2005             |
|   |    |                        | US 2005235625 A1                        | 27-10-2005             |
| -----   |    |                        |   |                        |