



(43) Date de la publication internationale
8 août 2013 (08.08.2013)

- (51) Classification internationale des brevets : Non classée
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/050110
- (22) Date de dépôt international :
17 janvier 2013 (17.01.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1250902 31 janvier 2012 (31.01.2012) 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) Inventeur : DARDE, Arthur; 32 boulevard Saint-Marcel,
F-75005 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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

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

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR CONDENSING OR PSEUDOCONDENSING A GAS

(54) Titre : PROCÉDÉ ET APPAREIL DE CONDENSATION OU DE PSEUDOCONDENSATION D'UN GAZ

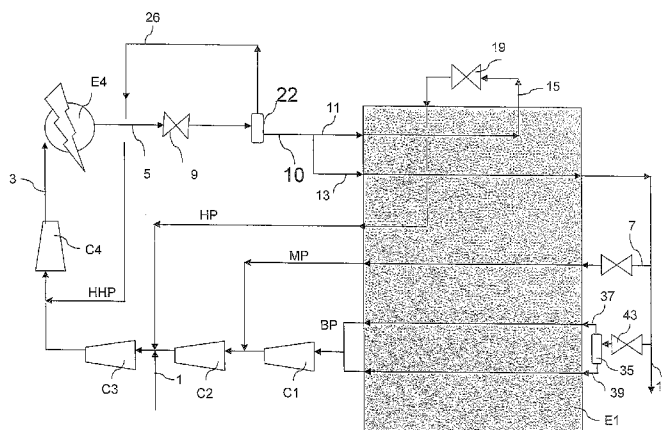


Figure 1

(57) Abstract : In a method for condensing a feed gas rich in carbon dioxide in order to produce a liquefied gas as the end product, the gas is compressed and at least partially condensed in order to form a liquid at a first pressure or a fluid at the first pressure, the first pressure being at least equal to 50 bar, the liquid or fluid is decompressed to a second pressure lower than the first pressure in order to form a decompressed flow, at least a portion of the decompressed flow or a flow derived from the decompressed flow is co-
oled in a heat exchanger (E1), at least a portion of the decompressed flow or flow derived from the decompressed flow is removed from the heat exchanger (E1) as a cooled flow, at least a portion of the cooled flow is sent to vaporise in the heat exchanger (E1) and the at least one cycle gas thus formed is therefore mixed with the gas rich in carbon dioxide before or after it is compressed.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Dans un procédé de condensation d'un gaz d'alimentation riche en dioxyde de carbone pour produire un gaz liquéfié comme produit final, on comprime le gaz, on en condense au moins une partie pour former un liquide à une première pression ou un fluide à la première pression, la première pression étant au moins égale à 50 bars, on détend le liquide ou le fluide jusqu'à une deuxième pression inférieure à la première pression pour former un débit détendu, on refroidit au moins une partie du débit détendu ou un débit dérivé du débit détendu dans un échangeur de chaleur (E1), on sort au moins une partie du débit détendu ou du débit dérivé du débit détendu de l'échangeur de chaleur (E1) comme débit refroidi, on envoie au moins une partie du débit refroidi se vaporiser dans l'échangeur de chaleur (E1) et le au moins un gaz de cycle ainsi formé est donc mélangé au gaz riche en dioxyde de carbone avant ou après la compression.

Procédé et appareil de condensation ou de pseudocondensation d'un gaz

5 L'invention est relative à un procédé et un appareil de condensation ou pseudo-condensation (au-delà du point critique) d'un gaz d'alimentation, par exemple un gaz riche en dioxyde de carbone, contenant par exemple au moins 60% mol. de dioxyde de carbone, voire au moins 80% mol de dioxyde de carbone. Elle concerne en particulier un procédé et un appareil de liquéfaction. On considère qu'un gaz est
10 liquéfié (ou condensé) s'il est refroidi alors qu'il se trouve à une pression supercritique et que sa densité se rapproche plus de celle d'un liquide que d'un gaz. Ceci est nommé pseudo-liquéfaction (ou pseudo-condensation).

Toutes les pressions mentionnées sont des pressions absolues.

La présente invention vise à réduire le coût et la complexité de la ligne
15 d'échange d'un appareil de condensation ou de pseudo-condensation.

WO-A-2008/130359 décrit un cycle de réfrigération utilisant le dioxyde de carbone comme gaz de cycle. Il diffère de la présente invention en ce qu'il doit obligatoirement comprendre une source de chaleur pour vaporiser le liquide formé et ne permet pas la production d'un produit final sous forme liquide.

20 Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de condensation ou de pseudo-condensation d'un gaz d'alimentation riche en dioxyde de carbone dans lequel on comprime le gaz, on en condense ou pseudo-condense au moins une partie pour former un liquide à une première pression ou un fluide à la première pression, la première pression étant au moins égale à 50 bars, on détend le liquide
25 ou le fluide jusqu'à une deuxième pression inférieure à la première pression pour former un premier débit détendu, on refroidit au moins une partie du premier débit détendu ou un débit dérivé du premier débit détendu dans un échangeur de chaleur, on sort au moins une partie du premier débit détendu ou du débit dérivé du premier débit détendu de l'échangeur de chaleur comme débit refroidi, on détend une partie
30 du débit refroidi à une ou plusieurs pressions différentes pour former au moins un deuxième débit détendu puis on envoie le deuxième débit détendu ou les deuxièmes

débits détendus se vaporiser dans l'échangeur de chaleur et le au moins un gaz de cycle ainsi formé est donc mélangé au gaz riche en dioxyde de carbone avant ou après la compression caractérisé en ce que l'on prend le reste du débit refroidi pour être un produit final liquide riche en dioxyde de carbone.

5 Eventuellement une partie du gaz comprimé peut être exportée comme produit, avec ou sans compression à plus haute pression.

De préférence au moins deux parties du débit refroidi se vaporisent dans l'échangeur de chaleur à des pressions différentes.

10 Eventuellement le liquide à la première pression est détendu dans une vanne pour former un débit détendu diphasique, le débit diphasique est envoyé à un séparateur de phases et au moins une partie du liquide du séparateur de phases constituant un débit dérivé d'une partie du débit détendu se refroidit dans l'échangeur de chaleur.

Un gaz du séparateur de phases peut être renvoyé au compresseur.

15 Une partie du débit du liquide du séparateur de phase peut se refroidir dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci et au moins une fraction de cette partie est détendue, se réchauffe dans l'échangeur de chaleur et est envoyée au compresseur (un des compresseurs), éventuellement après avoir été comprimée.

20 De préférence, aucun débit envoyé à l'échangeur n'a une pression supérieure à 60 bars.

De préférence, on détend le liquide depuis la première pression jusqu'à la deuxième pression.

25 La première pression peut être au moins égale à 50 bars, voire au moins égale à 60 bars, voire au moins égale à 70 bars.

La première pression sera de préférence inférieure à 200 bars.

Toute la chaleur pour vaporiser le ou les débits détendus dans l'échangeur provient de préférence de l'au moins une partie du débit détendu ou le ou les débits dérivés du débit détendu qui s'y refroidit.

A part l'apport de froid pour la condensation ou pseudo-condensation, toutes les frigories sont produits par détente du liquide formé par cette condensation ou pseudo-condensation et/ou d'au moins un liquide qui en est dérivé.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de condensation ou de pseudo-condensation d'un gaz d'alimentation comprenant un compresseur, un échangeur de chaleur, des moyens de condensation reliés au compresseur par une conduite, la conduite étant conçue pour amener le gaz d'alimentation mélangé avec un ou des gaz de cycle jusqu'aux moyens de condensation ou de pseudo-condensation, une première vanne, une conduite pour amener au moins une partie du liquide condensé ou du fluide pseudo-condensé par les moyens de condensation ou de pseudo-condensation à la première vanne, le liquide ou le fluide étant à une première pression, une conduite pour envoyer au moins une partie du premier débit détendu ou un débit dérivé du premier débit détendu de la première vanne à l'échangeur de chaleur, une conduite pour sortir le premier débit détendu ou le débit dérivé du premier débit détendu de l'échangeur de chaleur, au moins une deuxième vanne, au moins une conduite pour amener une partie du premier débit détendu ou du débit dérivé du premier débit détendu à la ou les deuxièmes vannes pour y être détendu à une ou plusieurs pressions, une conduite pour amener la ou les parties détendues dans la ou les deuxièmes vannes se vaporiser dans l'échangeur de chaleur pour former le ou les gaz de cycle, au moins une conduite pour amener le ou les gaz de cycle au compresseur, des moyens pour mélanger le ou les gaz de cycle et le gaz d'alimentation en amont ou en aval du compresseur et éventuellement au moins un moyen de compression en amont du compresseur pour comprimer le ou les gaz de cycle caractérisé en ce qu'il comprend une conduite pour sortir le reste du débit détendu ou du débit dérivé du débit détendu, cette deuxième partie constituant un produit final liquide riche en dioxyde de carbone.

L'appareil peut comprendre un séparateur de phases, une conduite pour envoyer une partie du débit détendu de la vanne au séparateur de phases, une conduite pour envoyer un liquide du séparateur de phases à l'échangeur comme débit dérivé du débit détendu.

L'appareil peut comprendre une conduite pour envoyer une partie du liquide du séparateur de phases, refroidi dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci, à un moyen de détente et une conduite pour envoyer la partie depuis le moyen de détente à l'échangeur.

- 5 L'appareil peut comprendre une conduite pour envoyer un gaz du séparateur de phases vers le compresseur.

L'appareil peut comprendre des moyens de refroidissement du liquide ou du fluide en aval des moyens de condensation ou de pseudocondensation et en amont de la vanne.

- 10 De préférence, il n'y a aucun moyen de refroidissement du liquide ou du fluide en aval des moyens de condensation ou de pseudocondensation et en amont de la vanne.

L'échangeur de chaleur peut constituer le seul moyen pour vaporiser le débit détendu ou le ou les débits dérivés du débit détendu refroidi dans cet échangeur.

- 15 De préférence, l'appareil ne comprend pas de source de chaleur extérieure pour chauffer l'échangeur de chaleur.

- Selon ce procédé, on condense le gaz (ou le pseudo-condense s'il est à pression supercritique), par exemple du CO₂, contre une source de froid disponible. Cette source peut être un débit d'air ou d'eau. Le gaz peut être à une pression d'entre
20 50 et 200 bars. Il faut ensuite sous-refroidir le gaz condensé ou pseudo-condensé dans un échangeur avant de le diviser pour former plusieurs débits liquides qui sont ensuite vaporisés à différents niveaux de pression. Ces niveaux de pression différents sont atteints en détendant au moins un des débits liquides. Les liquides sont vaporisés dans l'échangeur pour fournir du froid, tandis que la production liquide
25 restante est envoyée aux stockages.

- L'inconvénient du schéma de base est de sous-refroidir le liquide jusqu'à -50°C en une étape, ce qui revient à imposer à toute la ligne d'échange sa pression de conception qui est supérieur à 60 bars dans cette description. Cette forte pression crée des contraintes sur l'échangeur dont la section de passage doit être réduite,
30 ainsi que le nombre de boîtes permettant l'entrée ou la sortie de fluide.

L'invention vise à réduire la pression pour laquelle l'échangeur principal est conçu, en détendant le liquide à haute pression (ou « gaz pseudo-condensé ») en amont de celui-ci. Une phase gaz peut être générée. Elle doit être recyclée dans le compresseur à la plus haute pression possible pour réduire la pénalité énergétique de ce recyclage de gaz. L'option la plus naturelle est de sous-refroidir le CO₂ condensé vers 80bars avant de le détendre afin d'éliminer la phase gaz ainsi générée. Cela peut se faire avec une partie du CO₂ sous-refroidi, détendue à environ 40 bars, vaporisée contre le fluide à environ 80 bars (cette pression peut s'étaler entre 60 et 200 bars comme indiqué plus haut) et recyclée dans le compresseur au niveau du dernier étage de compression.

La présente invention vise à protéger le fait qu'une simple détente, sans échangeur de sous-refroidissement est une solution pertinente, malgré le fort taux de vaporisation auquel on s'attend en détendant un liquide qui se trouve déjà au point de bulle.

Tous les pourcentages relatifs à des puretés sont des pourcentages molaires.

L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la figure qui représente un procédé selon l'invention.

Dans la Figure 1, un gaz d'alimentation 1 est un gaz riche en dioxyde de carbone, par exemple contenant 98% de dioxyde de carbone et 2% d'azote. Le gaz 1 est comprimé dans un compresseur C3 jusqu'à une pression de 43 bars. Ensuite il est comprimé jusqu'à 80 bars dans un compresseur C4. Le gaz à 80 bars est pseudo-condensé dans un condenseur E4 par échange de chaleur avec de l'eau ou de l'air, sans circuit intermédiaire d'ammoniac, pour produire un fluide supercritique 5. Ce fluide 5 est envoyé du condenseur E4 à la première pression de 80 bars sans être sous-refroidi pour arriver à la vanne 9. Le fluide 5 est détendu dans la vanne 9 jusqu'à une pression de 55 bars, qui est la deuxième pression, pour produire un fluide diphasique. Le fluide diphasique est envoyé à un séparateur de phases 22. Le liquide produit 10 est divisé en deux débits 11, 13. Le liquide 13 est refroidi dans un échangeur E1 jusqu'au bout froid de celui-ci. Le liquide 13 est divisé en trois. Une partie 18 constitue la production liquide du procédé et est envoyée à un stockage à 7 bars. Une partie 7 est détendue à 12 bars (MP) sans produire de gaz, réchauffée

dans l'échangeur E1 et envoyée en amont d'un compresseur C2. La partie restante est détendue dans une vanne 43 et envoyée à un séparateur de phases 35. La fraction gazeuse 37 formée dans le séparateur de phases et la fraction liquide 39 se réchauffent séparément dans l'échangeur E1, qui est un échangeur à plaques en aluminium brasé. La fraction liquide se vaporise et est mélangée avec la fraction gazeuse, le mélange étant envoyé au compresseur C1 à la basse pression BP. Le débit comprimé dans le compresseur C1 est mélangé avec le débit 7 et comprimé dans le compresseur C2 avant d'être mélangé avec le gaz d'alimentation 1 et le débit 15.

L'autre partie de liquide 11 provenant de la vanne 9 est refroidie jusqu'à une température intermédiaire de l'échangeur E1. Ensuite la partie 15 est détendue de 55 bars jusqu'à 43 bars dans une vanne 19 sans production de gaz et réchauffée dans l'échangeur E1 avant d'être recyclée en aval du compresseur C2 et en amont du compresseur C3 à 43 bars.

Le gaz 26 du séparateur de phases 22 est renvoyé à l'entrée du compresseur C4 sans être refroidi ou chauffé.

Les refroidisseurs entre les compresseurs C1, C2, C3 et C4 n'ont pas été illustrés pour des raisons de simplification.

Aucun débit envoyé à l'échangeur E1 n'a une pression supérieure à 50 bars, voire supérieure à 60 bars.

Dans les figures, HHP désigne « très haute pression », HP « haute pression », MP « moyenne pression » et BP « basse pression », les références étant citées en ordre en pression, du plus haut au plus bas.

Les compresseurs C1, C2, C3, C4 peuvent constituer des étages d'un ou deux compresseurs en série, éventuellement plus en parallèle.

Dans les figures, la vaporisation du débit 7 dans le deuxième échangeur E1 n'est pas absolument essentielle mais permet d'améliorer l'efficacité de l'échange.

De préférence la vaporisation du liquide de cycle s'effectue à autant de pressions qu'il y a d'étages C1, C2, C3, C4 de compression, quatre pouvant être un optimum technico-économique, en effet, plus il y a d'étages et plus la ou les machines de compression sont onéreuses.

Si la pression de sortie du compresseur C4 (la première pression) est subcritique, le gaz formé se condense dans l'échangeur E4 formant un liquide. Ce liquide est envoyé à la vanne 9 sans avoir été refroidi en aval de l'échangeur E4 et un fluide diphasique est produit à la deuxième pression.

Revendications

1. Procédé de condensation ou de pseudo-condensation d'un gaz d'alimentation (1) riche en dioxyde de carbone dans lequel on comprime le gaz, on en condense ou pseudo-condense au moins une partie pour former un liquide à une première pression ou un fluide à la première pression (5), la première pression étant au moins égale à 50 bars, on détend le liquide ou le fluide jusqu'à une deuxième pression inférieure à la première pression pour former un premier débit détendu, on refroidit au moins une partie du premier débit détendu ou un débit (11,13) dérivé du premier débit détendu dans un échangeur de chaleur (E1), on sort au moins une partie du débit détendu ou du débit dérivé du débit détendu de l'échangeur de chaleur (E1) comme débit refroidi, on détend une partie (7) du débit refroidi à une pression ou plusieurs pressions différentes pour former au moins un deuxième débit détendu, puis on envoie le deuxième débit détendu ou les deuxièmes débits détendus se vaporiser dans l'échangeur de chaleur (E1) et le au moins un gaz de cycle ainsi formé est donc mélangé au gaz riche en dioxyde de carbone avant ou après la compression caractérisé en ce que l'on prend le reste (18) du débit refroidi pour constituer un produit final liquide riche en dioxyde de carbone.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel le liquide ou le fluide à la première pression est détendu dans une vanne (9) pour former un débit détendu diphasique, le débit diphasique est envoyé à un séparateur de phases (22) et au moins une partie du liquide du séparateur de phases constituant un débit dérivé (11,13) d'une partie du débit détendu se refroidit dans l'échangeur de chaleur (E1).

25

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel un gaz (26) du séparateur de phases (22) est renvoyé au compresseur.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3 dans lequel une partie (11) du débit du liquide du séparateur de phase (22) se refroidit dans l'échangeur de chaleur (E1) jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci et au moins une fraction de cette

30

partie est détendue, se réchauffe dans l'échangeur de chaleur et est envoyée au compresseur (C3, C4) (un des compresseurs), éventuellement après avoir été comprimée.

5 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel aucun débit envoyé à l'échangeur (E1) n'a une pression supérieure à 50 bars.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la première pression est supérieure à 60 bars, voire supérieure à 70 bars abs.

10

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le liquide à détendre (5) n'est pas sous-refroidi, de préférence reste à une température constante, après sa condensation et avant sa détente.

15 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'au moins une partie du gaz (3) est condensé ou pseudo-condensé contre de l'air ou de l'eau.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel toute la
20 chaleur pour vaporiser le ou les débits détendus dans l'échangeur provient de l'au moins une partie du débit détendu ou le ou les débits (11,13) dérivés du débit détendu qui s'y refroidi(ssen)t.

10. Appareil de condensation ou de pseudo-condensation d'un gaz
25 d'alimentation comprenant un compresseur (C3, C4), un échangeur de chaleur (E1), des moyens de condensation (E4) reliés au compresseur par une conduite, la conduite étant conçue pour amener le gaz d'alimentation mélangé avec un ou des gaz de cycle jusqu'aux moyens de condensation ou de pseudo-condensation, une première vanne (9), une conduite pour amener au moins une partie du liquide
30 condensé ou du fluide pseudo-condensé par les moyens de condensation ou de pseudo-condensation à la première vanne, le liquide ou le fluide étant à une première

pression, une conduite pour envoyer au moins une partie du premier débit détendu ou un ou débit(s) dérivé(s) du premier débit détendu de la première vanne à l'échangeur de chaleur, une conduite pour sortir le premier débit détendu ou le(s) débit(s) dérivé(s) du premier débit détendu de l'échangeur de chaleur, au moins une
5 deuxième vanne (43), au moins une conduite pour amener une partie (7) du premier débit détendu ou du débit dérivé du premier débit détendu à la ou les deuxièmes vannes pour y être détendu à une ou plusieurs pressions, une conduite pour amener la ou les parties détendues (39) dans la ou les deuxièmes vannes se vaporiser dans l'échangeur de chaleur pour former le ou les gaz de cycle, au moins une conduite
10 pour amener le ou les gaz de cycle au compresseur, des moyens pour mélanger le ou les gaz de cycle et le gaz d'alimentation en amont ou en aval du compresseur et éventuellement au moins un moyen de compression (C1, C2) en amont du compresseur pour comprimer le ou les gaz de cycle caractérisé en ce qu'il comprend une conduite pour sortir le reste (18) du débit détendu ou du (des) débit(s) dérivé(s)
15 du débit détendu, cette deuxième partie constituant un produit final liquide riche en dioxyde de carbone.

11. Appareil selon la revendication 10 comprenant un séparateur de phases (22), une conduite pour envoyer une partie du débit détendu de la première vanne (9)
20 au séparateur de phases et une conduite pour envoyer un liquide (11,13) du séparateur de phases à l'échangeur (E1) comme débit dérivé du débit détendu.

12 .Appareil selon la revendication 11 comprenant une conduite pour envoyer une partie (11) du liquide (10) provenant du séparateur de phases (22),
25 refroidi dans l'échangeur de chaleur (E1) jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci, à un moyen de détente (19) et une conduite pour envoyer la partie depuis le moyen de détente à l'échangeur.

13. Appareil selon l'une des revendications 10 à 12 dans lequel l'échangeur
30 de chaleur (E1) constitue le seul moyen pour vaporiser le débit détendu ou le ou débits dérivés du débit détendu refroidi(s) dans cet échangeur.

14. Appareil selon l'une des revendications 10 à 13 ne comprenant pas de source de chaleur extérieure pour chauffer l'échangeur de chaleur (E1).

1/1

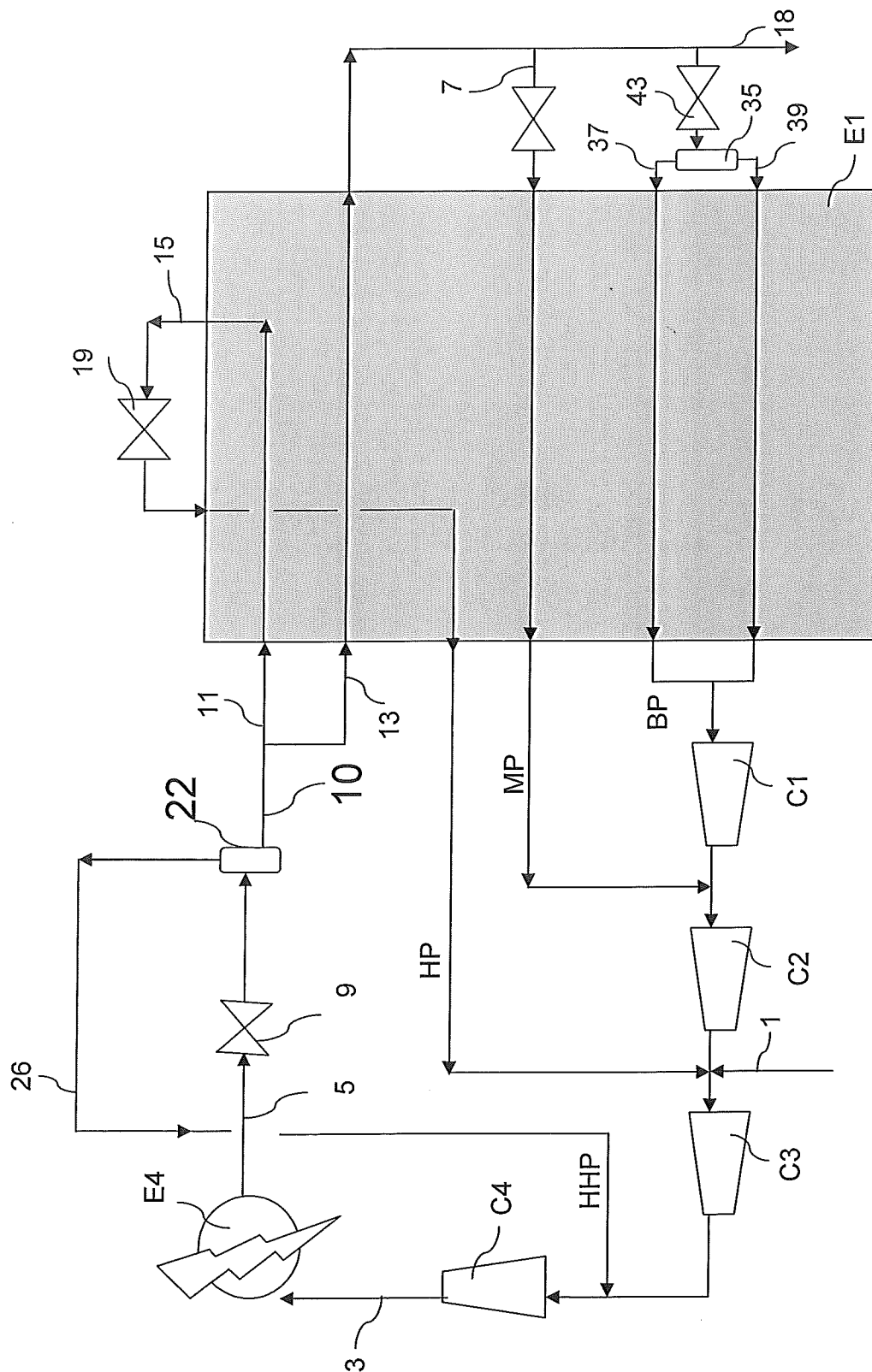


Figure 1