

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية والتجارية  
-----

## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 34447 B1**  
(51) Cl. internationale : **F25J 3/06; B01D 53/00;  
C01B 31/20**  
(43) Date de publication : **01.08.2013**

---

(21) N° Dépôt : **35631**  
(22) Date de Dépôt : **01.02.2013**  
(30) Données de Priorité : **14.07.2010 EP 10007269.3**  
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2011/001471 22.06.2011**  
(71) Demandeur(s) : **ALSTOM TECHNOLOGY LTD, Brown Boveri Strasse 7 CH-5401 Baden (CH)**  
(72) Inventeur(s) : **STALLMAN, Olaf**  
(74) Mandataire : **SABA & CO**

---

(54) Titre : **PRODUCTION ÉCOÉNERGÉTIQUE DE CO<sub>2</sub> UTILISANT LA DILATATION À ÉTAGE SIMPLE ET DES POMPES POUR UNE ÉVAPORATION ÉLEVÉE**  
(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ ET UNE INSTALLATION POUR LA PRODUCTION DE CO<sub>2</sub> LIQUIDE À PARTIR DE GAZ DE COMBUSTION AVEC UNE CONSOMMATION D'ÉNERGIE RÉDUITE ET UN COMPORTEMENT STABLE.

Abrégé

Un procédé et une installation pour la production de CO<sub>2</sub> liquide à partir de gaz de combustion avec une consommation d'énergie réduite et un comportement stable.

5

(VINGT PAGES)

ALSTOM TECHNOLOGY LTD  
P. P. SABA & CO., Casablanca

17

1

01 AOUT 2013

PV/35631

PRODUCTION ÉCOÉNERGÉTIQUE DE CO<sub>2</sub> UTILISANT LA DILATATION À ÉTAGE SIMPLE ET DES POMPES POUR UNE ÉVAPORATION ÉLEVÉE

**Spécification**

- 5 L'invention est en relation avec une méthode et un appareil pour la liquéfaction du CO<sub>2</sub> contenu dans le gaz de combustion. La liquéfaction du CO<sub>2</sub> du gaz de combustion a été connue pour longtemps.

La plupart des méthodes cryogéniques pour la production du CO<sub>2</sub> à travers la combustion du gaz de combustion utilisent des systèmes conventionnels de séparation ayant deux ou  
10 plusieurs étapes de séparation. Dans la figure 1, apparaît une installation d'art préalable comme un bloc-diagramme.

Dans les figures de cette application, la température et la pression de plusieurs points du courant du gaz de combustion ainsi que celui du CO<sub>2</sub> sont indiquées par ce qu'on appelle  
15 drapeaux. Les températures et les pressions appartenant à chaque drapeau sont rassemblées dans un tableau dans ce qui suit. C'est évident pour un homme qualifié dans l'art que ces températures et pressions constituent des exemples. Elles peuvent varier selon la composition du gaz de combustion, la température ambiante et la pureté demandée du CO<sub>2</sub> liquide.

Dans un premier compresseur 1, le gaz de combustion est comprimé. Cette compression  
20 peut-être un processus de compression à plusieurs étapes avec des refroidisseurs et des séparateurs d'eau entre chaque étape de compression (ça ne se voit pas) séparant la plupart de la vapeur d'eau et de l'eau du gaz de combustion.

Dans la figure 1, le courant du gaz de combustion est désigné par la référence numéro 3. Lorsqu'il est émis par le premier compresseur 1, le gaz de combustion atteint une  
25 température significativement plus haute que la température ambiante puis se refroidit pour arriver approximativement à 13° C par un premier refroidisseur 5. La pression est approximativement 35.7 bar.

L'humidité toujours contenue dans le courant du gaz de combustion 3 a été libérée de l'eau par un processus de séchage convenable, par exemple l'adsorption séchée par un déshydrateur 7 et par la suite transmise à une séparation primaire étape 9. Cette première étape de séparation 9 comprend un échangeur de chaleur primaire 11 et un bidon de  
5 séparation intermédiaire 13. Cet échangeur de chaleur primaire 11 sert à refroidir le courant du gaz de combustion 3. En conséquence de ce refroidissement, une condensation partielle du CO<sub>2</sub> contenu dans le courant du gaz de combustion prend place. Donc, le courant du gaz de combustion 3 entre dans le bidon de séparation intermédiaire 13 comme un mélange de deux phases où la phase liquide et la phase gazeuse du courant du gaz de combustion sont  
10 séparées par des moyens de gravitation. Dans le premier bidon de séparation, la pression est approximativement 34.7 bar ainsi que la température est de -19°C (voir drapeau No. 5).

Au fond du bidon de séparation intermédiaire 13, le CO<sub>2</sub> liquide est extrait et puis s'étend à travers une valve de réduction de pression primaire 15.1 à une pression approximativement 18.4 bar (voir référence No. 3.1). Ce qui donne une température du CO<sub>2</sub> entre -22°C et -  
15 29°C (voir drapeau No.10). Le courant partiel du CO<sub>2</sub> 3.1 du gaz de combustion est chauffé et évaporé dans l'échangeur de chaleur primaire 11 par le courant du gaz de combustion 3. A la sortie de l'échangeur de chaleur primaire 11, le courant partiel 3.1 possède une température approximativement de 25°C et une pression approximativement 18 bar (voir drapeau No.11).

Suivant le courant partiel secondaire 3.2 qui étant extrait en tête du bidon de séparation intermédiaire 13, il devient évident que ce courant partiel 3.2 étant extrait du bidon de séparation intermédiaire 13 dans un état gazeux a été refroidit dans un échangeur de chaleur  
20 secondaire 17 et condensé partiellement. Ensuite, ce courant partiel 3.2 étant aussi présent comme un mélange de deux phases a été transmis à un bidon de séparation 19. L'échangeur de chaleur secondaire 17 et le bidon de de séparation secondaire 19 sont alors les composants essentiels de l'étape de séparation secondaire 21.  
25

Dans le bidon de séparation secondaire 19, une séparation basée sur la gravité entre la phase liquide et la phase gazeuse du courant partiel 3.2 prend place de nouveau. Dans le bidon de séparation secondaire 19, la pression atteint approximativement 34.3 bar et la  
30 température arrive approximativement à -50°C (voir drapeau No.6).



La phase gazeuse dans le bidon de séparation 19, appelée dégagement gazeux 23, est extraite en tête du bidon de séparation secondaire 19, qui s'étend pour arriver approximativement à 27 bar dans une valve de réduction de pression secondaire 15.2, puis se refroidit et touche approximativement  $-54^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No.7).

- 5 Dans les figures, le dégagement gazeux est désigné par la référence numéro 23. Le dégagement gazeux 23 coule à travers l'échangeur de chaleur secondaire 17 refroidissant ainsi le gaz de combustion 3.2 dans le contre-courant.

10 Au fond du bidon de séparation secondaire 19, le  $\text{CO}_2$  liquide (voir référence No. 3.3) est extrait et étendu approximativement à 17 bar dans une valve de réduction de pression troisième 15.3, touchant ainsi une température de  $-54^{\circ}\text{C}$  de même (voir drapeau No. 7a). Ce courant 3.3 est aussi transmis à l'échangeur de chaleur secondaire 17. Dans l'échangeur de chaleur 17, une partie du  $\text{CO}_2$  liquide est évaporée et le courant 3.3 s'étend jusqu'à approximativement 5 à 10 bar dans une valve de réduction de pression quatrième 15.4, de façon qu'à cette étape, la température arrive à  $-54^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No. 7b) ainsi que le  
15 courant 3.3 est transmis de nouveau à l'échangeur de chaleur secondaire 17.

Après que le courant 3.3 coule à travers l'échangeur de chaleur secondaire 17, il est transmis de nouveau à l'échangeur de chaleur primaire 11. A l'entrée de l'échangeur de chaleur primaire 11, ce courant possède une pression approximativement de 5 à 10 bar avec une température variant de  $-22^{\circ}\text{C}$  à  $-29^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No.14).

- 20 Ce courant 3.3 se chauffe dans l'échangeur de chaleur primaire 11, de sorte qu'à la sortie de cet échangeur, il touche une température approximativement de  $-7^{\circ}\text{C}$  avec une pression variant approximativement de 5 à 10 bar. Le courant troisième 3.3 est transmis à un compresseur secondaire 25 dans l'étape de compression primaire, tandis que le courant 3.1 ayant une pression approximativement 18 bar est transmis à l'étape de compression  
25 secondaire durant la compression à trois étapes 25 dans la figure 1.

Le refroidisseur intermédiaire entre les phases variées du compresseur secondaire 25 ainsi que le refroidisseur complémentaire pour le  $\text{CO}_2$  comprimé ne paraissent pas dans le figure 1.

A la sortie du compresseur secondaire 25, le CO<sub>2</sub> comprimé possède une pression variant entre 60 bar et 110 bar avec des températures entre 80°C et 130°C. Dans le refroidissement intermédiaire, qui ne paraît pas, le CO<sub>2</sub> est refroidit conformément à la température ambiante.

- 5 Si c'est nécessaire, le CO<sub>2</sub> peut être soit directement introduit dans les pipelines ou bien liquéfié et transmis de la pompe primaire de CO<sub>2</sub> 27 dans le pipeline par exemple (ça ne se voit pas). La pompe primaire de CO<sub>2</sub> élève la pression du CO<sub>2</sub> liquide jusqu'à la pression donnée par le pipeline.

10 Retournant au dégagement gazeux 23, il est facile de voir que le dégagement gazeux coule à travers l'échangeur de chaleur secondaire 17 et l'échangeur de chaleur primaire 11, prenant la chaleur ainsi du courant du gaz de combustion 3. A la sortie de l'échangeur de chaleur primaire 11, le dégagement gazeux 23 possède une température variant approximativement entre 26°C et 30°C ainsi qu'une pression approximativement 26 bars (voir drapeau No.16).

15 En vue de maximiser la récupération de l'énergie, il faut surchauffer le dégagement gazeux 23 avec une surchauffe de dégagement gazeux 29 puis le transmettre à la turbine de dilatation 31 ou une autre machine de dilatation. Là où l'énergie mécanique est recyclée et ensuite le dégagement gazeux est émis dans les environs avec une basse pression correspondante approximativement à la pression environnante.

20 Cette installation décrite par les moyens de la figure 1 pour liquéfier le CO<sub>2</sub>, est relativement simple et travaille sans problèmes. L'inconvénient de cette production d'art préalable du CO<sub>2</sub> liquide à partir du gaz de combustion des centrales électriques, par exemple chargées en fossiles dans sa haute demande d'énergie ayant des effets négatifs sur le degré d'efficacité net de la centrale électrique.

25 L'invention a donc comme objectif d'assurer une méthode et une installation pour liquéfier le CO<sub>2</sub> contenu dans le gaz de combustion opérant avec une demande d'énergie réduite, augmentant ainsi le degré d'efficacité net de la centrale électrique.

En même temps, la méthode doit être aussi simple que possible et la technique d'opération favorablement contrôlable en vue de garantir une opération robuste sans problèmes.

Selon l'invention, cet objet est résolu par une méthode de production du CO<sub>2</sub> liquide à partir de la combustion du gaz de combustion où cette dernière est partiellement condensée dans une phase de séparation à une seule étape, cette dernière comprend au moins un échangeur de chaleur ainsi qu'un bidon de séparation où cet échangeur de chaleur au moins est refroidit par le dégagement gazeux étendu et le CO<sub>2</sub> liquide étendu, et où une partie de ce CO<sub>2</sub> est étendue à un niveau de pression primaire et est séparée après avoir passée dans ce seul échangeur de chaleur au moins en CO<sub>2</sub> liquide est CO<sub>2</sub> gazeux dans un bidon de séparation supplémentaire où le CO<sub>2</sub> gazeux et le CO<sub>2</sub> liquide du bidon de séparation supplémentaire sont étendus à un niveau de pression secondaire. Une deuxième partie du CO<sub>2</sub> liquide du bidon de séparation est étendue à un niveau de pression troisième en vue de refroidir le CO<sub>2</sub> dans l'échangeur de chaleur au moins.

Dû au flux de volume réduit résultant de l'évaporation du CO<sub>2</sub> à un niveau de pression plus élevé, donc le résultat se manifeste par une réduction considérable de l'électricité demandée du compresseur secondaire 25 ayant un effet direct sur l'amélioration du degré d'efficacité net de la centrale électrique en amont.

Un autre mode de réalisation avantageux de l'invention réclamée comprend la mesure que la pression d'une troisième partie du CO<sub>2</sub> liquide du bidon de séparation primaire est élevée à un quatrième niveau de pression pour refroidir le CO<sub>2</sub> dans un seul échangeur de chaleur au moins.

Ce courant de CO<sub>2</sub> peut-être ensuite introduit dans le compresseur 25 à une étape de compression même plus élevée aboutissant à une consommation d'électricité réduite davantage.

Il est préférable que la deuxième partie du CO<sub>2</sub> liquide de ce bidon de séparation soit étendue à une pression approximativement de 15 bar à 25 bar, et de préférence à 20 bar. Cette portée de pression correspond aux ratios de compression communs appliqués en général aux compresseurs centrifuges.

Un autre mode de réalisation avantageux de la méthode réclamée comprend que la troisième partie du CO<sub>2</sub> liquide du bidon de séparation primaire est élevée à une pression approximativement de 40 bar à 50 bar, de préférence que ça soit 45 bar.

Ces niveaux de pression permettent une opération efficace de l'énergie de la centrale d'un côté en gardant commercialement les ratios de compression disponibles et permettant de diriger la centrale selon des points d'opération différents se basant, par exemple, sur la qualité demandée du CO<sub>2</sub> et/ou la température ambiante.

- 5 Il est aussi avantageux d'utiliser les courants partiels de CO<sub>2</sub> des bidons de séparation pour des objectifs de refroidissement dans le seul échangeur de chaleur au moins.

En utilisant ces courants de CO<sub>2</sub> pour des objectifs de refroidissement, l'utilisation de moyens de refroidissement inflammables peut être évitée, ce qui aboutit à un danger réduit d'incendie et minimise les coûts des systèmes de sécurité.

- 10 En introduisant les courants CO<sub>2</sub> dans des étapes différentes d'un compresseur secondaire selon leur niveau de pression, une réduction alors de la consommation d'énergie est achevée.

Comprimant le gaz de combustion (3) dans un compresseur primaire, puis la refroidissant dans un refroidisseur primaire et/ou la séchant par un déshydrateur avant d'entrer dans l'échangeur de chaleur au moins, réduit le volume du gaz de combustion étant donné que la plupart de la vapeur d'eau a été séparée. Cela signifie que la taille du déshydrateur et de la centrale pour la production du CO<sub>2</sub> liquide peut être plus petite aboutissant à la réduction des pertes d'énergie ainsi que la réduction des coûts.

- 20 En étendant le dégagement gazeux de la dernière étape de séparation jusqu'à approximativement 27 bar et aboutissant à une température approximativement de -54°C, avant d'entrer au seul échangeur de chaleur au moins, le niveau de pression après la dilatation est aussi élevé que possible, maximisant par conséquent la récupération de l'énergie dans le dilatateur.

25 Une autre réduction de la consommation d'énergie peut être achevée en étendant le dégagement gazeux après avoir passé le seul échangeur de chaleur au moins dans une machine de dilatation au moins et, par la suite l'introduire de nouveau dans le seul échangeur de chaleur au moins.

Optionnellement, le dégagement gazeux 23 peut être surchauffé après avoir passé l'échangeur de chaleur au moins et avant d'entrer dans une machine de dilatation au moins.



Si la chaleur perdue peut être utilisée pour la surchauffe, la production de la machine de dilatation peut être élevée et aboutit à une efficacité totale meilleure de la centrale.

Il est préférable d'utiliser deux étapes de dilatation (voir fig. 3) maximisant ainsi le montant de CO<sub>2</sub> qui peut être dirigé vers le troisième et le quatrième niveau de pression.

- 5 D'autres avantages de l'invention réclamée, sont expliqués en relation avec les figures 2 et 3 en ce qui suit.

### Les figures

Les dessins présentés sont les suivants :

10 Figure 1 une installation de la liquéfaction du CO<sub>2</sub> du gaz de combustion selon l'art préalable et

Figures 2 et 3 mode de réalisation des installations de la liquéfaction du CO<sub>2</sub> selon l'invention.

### Description des figures

- 15 Dans la figure 2, des composants identiques sont désignés par des numéros de référence identiques. Les déclarations concernant la figure 1 sont appliquées proportionnellement.

Le traitement du courant du gaz de combustion 3 dans le compresseur primaire 1, le refroidisseur primaire 5, le déshydrateur 7 et l'échangeur de chaleur primaire 11, prend place tel décrit dans les moyens de la figure 1. Le courant du gaz de combustion 3 coule de  
20 l'échangeur de chaleur primaire 11 directement vers l'échangeur de chaleur primaire 17, puis il est transmis au bidon de séparation primaire actuel 19. En fait, les deux phases (liquide et gazeuse) du courant du gaz de combustion 3 sont divisées dans le bidon de séparation primaire 19 en courant de dégagement gazeux 23 et un courant partiel du CO<sub>2</sub> liquide. Au fond du bidon de séparation primaire 19, ce courant partiel est extrait et possède  
25 la référence numéro 3.3 comme dans la figure 1.

Comme déjà expliqué dans la description de la figure 1, le courant partiel 3.3 s'est étendu jusqu'à la pression de 17.5 bar dans une valve de réduction de pression troisième 15.3. se

refroidissant ainsi à  $-54^{\circ}\text{C}$ . Le courant partiel 3.3 coule à travers l'échangeur de chaleur secondaire 17, se chauffant ainsi du courant du gaz de combustion 3 et entre avec une température approximativement de  $-47^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No.8') dans le bidon de séparation secondaire 33.

- 5 Là-bas, le  $\text{CO}_2$  partiellement liquide et partiellement gazeux possède une pression approximativement de 16.5 bar et une température de  $-47^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No. 9').

En tête du bidon de séparation secondaire 33, la phase gazeuse est extraite et est étendue dans une valve de réduction de pression quatrième 15.4. Le courant partiel gazeux étant extrait en tête du bidon de séparation secondaire 33 est désigné par le numéro de référence  
10 3.4 dans la figure 2.

Au fond du bidon de séparation 33, un courant liquide 3.5 est extrait et étendu dans une valve de réduction de pression cinquième 15.5. Par la suite, les courants partiels 3.4 et 3.5 sont réunis de nouveau. Puis, ils ont une pression approximativement de 5 à 10 bar et une température de  $-54^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No.7d').

- 15 Une deuxième portion 3.6 du  $\text{CO}_2$  du bidon de séparation primaire 19 est étendue à travers une valve de réduction de pression sixième 15.6 à une pression approximativement de 23 bar (voir drapeau 7e') et puis retourne à l'échangeur 17 a un point d'entrée intermédiaire.

Avec le  $\text{CO}_2$  partiellement liquide et partiellement gazeux, le courant du gaz de combustion 3 dans l'échangeur de chaleur secondaire 17, est refroidit.

- 20 Comme la température d'entrée du courant partiel 3.6 est plus élevée que les températures d'entrée du dégagement gazeux 23 et du courant partiel 3.3, le courant du gaz de combustion est donc refroidit avec le courant partiel 3.6. Il est possible ainsi de prendre de la chaleur du courant du gaz de combustion 3 même avec cette température plus élevée de  $-45^{\circ}\text{C}$ . Dans la figure 2, ce fait est illustré par la position de la zone d'échange de chaleur du  
25 courant partiel 3.6.

Le courant partiel 3.6 quitte l'échangeur de chaleur secondaire 17 avec une température approximativement de  $-22^{\circ}\text{C}$  à  $-29^{\circ}\text{C}$  (voir drapeau No. 13') puis il est transmis directement à l'échangeur de chaleur primaire 11. Dans l'échangeur de chaleur primaire 11, le courant partiel 3.6 prend de la chaleur du courant du gaz de combustion 3. Le courant partiel 3.6

quitte l'échangeur de chaleur primaire (voir drapeau no 11) avec une température approximativement de 25°C et une pression approximativement de 18 bar et peut ainsi être transmis à l'étape de compression secondaire du compresseur secondaire 25.

5 Comme le courant partiel 3.6 peut être transmis à l'étape de compression secondaire du compresseur secondaire 25, le courant partiel 3.3 qui doit être transmis à l'étape de compression primaire du compresseur secondaire 25, est réduit proportionnellement. Par conséquent, l'électricité demandée par le compresseur secondaire 25 est plus petite. Ceci a des effets positifs sur la demande de l'énergie de l'installation selon l'invention.

10 Occasionnellement, le reste 3.7 du CO<sub>2</sub> liquide du bidon de séparation primaire 19 est pompé (voir référence numéro 37) à une pression approximativement de 45 bar (voir drapeau 7g) avec la pompe 37 du CO<sub>2</sub>, et retourne à l'échangeur 17 aussi à un point d'entrée intermédiaire.

15 Parallèlement au courant partiel 3.6, un autre courant partiel 3.7 coule à travers l'échangeur de chaleur secondaire 17 et l'échangeur de chaleur primaire 11. Le courant partiel 3.7 est conduit par une pompe 37 de CO<sub>2</sub> arrivant ainsi à un niveau de pression plus élevé approximativement de 45 bar (voir drapeau No. 7g). Une huitième valve 15.8 sert à contrôler le montant de CO<sub>2</sub> qui est pompé par la pompe 37 du CO<sub>2</sub>.

20 Comme les températures d'entrée des courants partiels 3.6 et 3.7 sont plus élevées que les températures d'entrée du dégagement gazeux 23 ainsi que du courant partiel 3.3, le courant du gaz de combustion est donc refroidit par les courants partiels 3.6 et 3.7. Il est donc possible de prendre de la chaleur du courant du gaz de combustion 3 même avec la température élevée. Dans la figure 2, ce fait est illustré par la position de la zone d'échange de la chaleur du courant partiel 3.7.

25 Le courant partiel 3.7 quitte l'échangeur de chaleur secondaire 17 avec une température approximativement de -22°C à -29°C (voir drapeau No. 20) puis il est transmis directement à l'échangeur de chaleur primaire 11. Dans l'échangeur de chaleur primaire 11, le courant partiel 3.7 prend de la chaleur du courant du gaz de combustion 3. Le courant partiel 3.7 quitte l'échangeur de chaleur primaire (voir drapeau No. 21) avec une température approximativement de 25°C et une pression approximativement de 44 bar, et peut donc être

transmis après la seconde et avant la troisième étape de compression du compresseur secondaire 25.

Comme le courant partiel 3.7 peut être transmis à la troisième étape de compression du compresseur secondaire 25, le courant partiel 3.3 qui doit être transmis à l'étape de compression primaire du compresseur secondaire 25, est réduit proportionnellement. Par conséquent, l'électricité demandée par le compresseur secondaire 25 est plus petite. Ceci a des effets positifs sur la demande de l'énergie de l'installation selon l'invention.

L'extraction du courant partiel 3.7 est possible quand le dégagement gazeux de l'énergie est utilisé au moins par la double dilatation à travers les dilatateurs 31 et 39 comme dans la figure 3. Ceci maximise la récupération de froid du dégagement gazeux tel décrit en ce qui suit.

Tous les courants soient liquides ou soient à deux phases (3.3, 3.6, 3.7) sont évaporés dans l'échangeur 17 et 11 avant d'être envoyés au décompresseur de CO<sub>2</sub> ou au compresseur secondaire 25. Se basant sur le niveau de pression, les courants de CO<sub>2</sub> sont introduits à des étapes de compression différentes du compresseur secondaire 25.

L'utilisation des niveaux de pression différents pour l'évaporation du CO<sub>2</sub> a de multiples avantages : elle contrôle mieux la condensation du gaz de combustion. En outre, les besoins de la compression totale peuvent être minimisés en ayant le CO<sub>2</sub> à des pressions élevées facilement disponibles.

Une autre possibilité de réduire la demande d'énergie de la centrale de liquéfaction du CO<sub>2</sub> peut être vue non seulement en surchauffant le dégagement gazeux 23 dans le surchauffeur du dégagement gazeux 19 après la sortie de l'échangeur de chaleur primaire 11 mais aussi le transmettre de nouveau à l'échangeur de chaleur primaire 17 après la dilatation dans la turbine de dilatation 31. Après la surchauffe, le dégagement gazeux atteint une température approximativement de 80°C à approximativement 100°C avec une pression approximativement 26 bar (voir drapeau No. 17).

Avec la dilatation dans la machine de dilatation primaire 31, la pression se dégringole jusqu'à 2.3 bar et le dégagement gazeux 23 atteint une température de -54°C. Le dégagement gazeux 23 peut donc encore une fois contribuer au refroidissement du courant 3

du gaz de combustion et du courant partiel 3.2. Ensuite, le dégagement gazeux 23 peut être émis dans les environs avec une basse pression et une température approximativement environnante.

Il est possible de même, d'appliquer une dilatation à plusieurs étapes et de surchauffer le  
5 dégagement gazeux 23 tel apparaît dans la figure 3.

Dans le mode de réalisation dans la figure 3, le dégagement gazeux 23 est envoyé directement après la sortie de l'échangeur de chaleur primaire 11 vers la turbine de dilatation primaire 31 puis vers l'échangeur de chaleur secondaire 17. De l'échangeur de chaleur secondaire 17, le dégagement gazeux coule à travers l'échangeur de chaleur  
10 primaire 11. Avant d'entrer dans la turbine de dilatation primaire 31, le dégagement gazeux possède une température approximativement de 30°C avec une pression approximativement 26 bar (voir drapeau No.16). Dû à la dilatation dans la machine de dilatation primaire 31, la pression se dégringole jusqu'à 8 bar et le dégagement gazeux atteint une température de -54°C.

15 La deuxième étape de dilatation comprend une turbine de dilatation secondaire 39. Avant d'entrer dans la machine de dilatation secondaire 39, le dégagement gazeux 23 possède une température approximativement de 30°C (voir drapeau 22). Dû à la dilatation dans la machine de dilatation secondaire 39, la pression se dégringole jusqu'à 2 bar et le dégagement gazeux atteint une température de -47°C (voir drapeau 23).

20 Le dégagement gazeux 23 peut donc encore une fois contribuer au refroidissement du courant 3 du gaz de combustion et du courant partiel 3.2. Ensuite, le dégagement gazeux 23 peut être émis dans les environs avec une basse pression et une température approximativement environnante.

La dilatation à une seule étape ou à plusieurs étapes aboutit à une réduction considérable  
25 dans la demande d'énergie de l'installation selon l'invention, car le dégagement gazeux 23 contribue d'un côté à un montant meilleur de refroidissement du courant du gaz de combustion et le courant partiel 3.2 ainsi que la machine de dilatation 31 et/ou 39 génèrent le travail mécanique qui peut être par exemple utilisé pour conduire le compresseur primaire 1 ou le compresseur secondaire 25. En tout et pour tout, il est possible de dire que la  
30 méthode selon l'invention et l'installation de liquéfaction du CO<sub>2</sub> demandée en vue

d'exécuter la méthode selon l'invention sont toujours relativement simples du côté de leur modèle malgré les avantages considérables.

Par ailleurs, cette installation améliore clairement le contrôle sur la condensation du gaz de combustion. Avec le rajustement du flux de la vitesse sur la pompe 37 du CO<sub>2</sub> ainsi que les  
5 valves 15.6 et 15.3, la force motrice du transfert de la chaleur et la différence de température LMTD, est variée. De cette façon, la performance de l'étape de séparation peut être ajustée. Ceci est important spécialement en opérant à des températures de condensation proches du point de sublimation et de gel du CO<sub>2</sub>.

En vue de maximiser l'effet décrit, la récupération de chaleur du dégagement gazeux à  
10 partir de la séparation peut être augmentée tout en ayant les gaz évacués/le dégagement gazeux 23 circulant de nouveau vers la boîte froide après dilatation, au moins une fois avant de le dégager dans l'atmosphère.

Tableau des drapeaux, pressions et températures.

Numéro du Drapeau	Température, approx. [°C]	Pression, approx. [bar]
1	13	35,7
2	13	35
5	-19	34,7
5'	-19	34,7
6	-51	34,3
6'	-51	34,3
7	-54	27
7a	-54	17
7a'	-54	27
7b	-54	5 à 10
7b'	-48	44
7c	-54	17,5

5

7c'	-54	17,5
7d	-54	5 à 10
7d'	-54	5 à 10
7e	-45	≈ 20 à 23

7g	-47	45
7h	-47	44
8	-47	16,5
8'	-47	16,5
9	-47	16,5
9'	-47	16,5
10	-22 à -29	20,5
11	25	20
11'	26 à 30	19
12	-7	5-10
12'	-7	5 à 10
13	-22 à -29	20
14	-22 à -29	5-10
16	26 à 30	26
17	80 à 100	25,8
18	-54	2,3
19	80 à 130	60 à 110
20	-22 à -29	43,5
21	26 à 30	43
22	26 à 30	7
	Les tolérances des températures sont $\pm 5^{\circ}\text{C}$	Les tolérances des pressions sont $\pm 5$ bar

1



**Revendications**

1. Méthode de production du CO<sub>2</sub> liquide à partir de la combustion de gaz de combustion où ce dernier est condensé partiellement dans une phase de séparation à étape unique. En effet, cette phase de séparation à étape unique comprend au moins un échangeur de chaleur (11, 17) et un bidon de séparation (19), où cet échangeur de chaleur au moins (11, 17) est refroidit par un dégagement gazeux étendu (23) et un CO<sub>2</sub> liquide étendu (3.3) et où le CO<sub>2</sub> étendu (3.3) est séparé après avoir passé au moins ce seul échangeur de chaleur (17) en CO<sub>2</sub> liquide et CO<sub>2</sub> gazeux dans un bidon de séparation supplémentaire (33) où le CO<sub>2</sub> gazeux (3.4) et la première partie du CO<sub>2</sub> liquide (3.5) du bidon de séparation supplémentaire (33) sont étendus jusqu'au niveau de pression primaire (drapeau 7e') en vue de refroidir le CO<sub>2</sub> dans le seul échangeur de chaleur au moins (17).
2. Méthode selon la revendication 1, se caractérisant par une pression élevée de la quatrième partie du CO<sub>2</sub> liquide (3.7) du bidon de séparation primaire (33) jusqu'à un quatrième niveau de pression (drapeau 7h), ainsi que cette pression est étendue (drapeau 7h) pour refroidir le CO<sub>2</sub> dans le seul échangeur de chaleur au moins (17).
3. Méthode selon la revendication 2, caractérisée par, que la quatrième partie du CO<sub>2</sub> liquide (3.7) du bidon de séparation supplémentaire (33) s'est élevée jusqu'à une pression approximativement 40 bar à 50 bar, de préférence à 47 bar (drapeaux 7h et 20).
4. Méthode selon une des revendications précédentes, caractérisée par, que les courants partiels du CO<sub>2</sub> (3.3, 3.6, 3.7) à partir des bidons de séparation (19, 33) sont utilisés pour des objectifs de refroidissement dans le seul échangeur de chaleur au moins (17, 11).
5. Méthode selon une des revendications précédentes, caractérisée par, que les courants de CO<sub>2</sub> (3.3, 3.6, 3.7) sont introduits dans des étapes différentes d'un compresseur secondaire (25) se basant sur la pression des courants de CO<sub>2</sub> (3.3, 3.6, 3.7).
6. Méthode selon une des revendications précédentes, caractérisée par, que le gaz de combustion (3) est comprimée dans un compresseur primaire (1), refroidie dans un refroidisseur primaire (5) et/ou séchée par un déshydrateur (7) avant d'entrer dans le seul échangeur de chaleur au moins (11, 17).

7. Méthode selon une des revendications précédentes, caractérisée par, que le dégagement gazeux (23) de la dernière étape de séparation (21) est étendu jusqu'à approximativement  $-54^{\circ}\text{C}$  avant d'entre dans le seul échangeur de chaleur au moins (17).
- 5 8. Méthode selon une des revendications précédentes ( ), caractérisée par, que le dégagement gazeux (23) après avoir passé dans l'échangeur de chaleur au moins (11, 17) est étendu dans une machine de dilatation au moins (31, 39) et est introduit de nouveau, par la suite, dans le seul échangeur de chaleur au moins (17, 11).
- 10 9. Méthode selon une des revendications précédentes ( ), caractérisée par, que le dégagement gazeux (23) est surchauffé dans une surchauffe (29) après avoir passé dans un échangeur de chaleur au moins (11, 17) et avant avoir entré dans une machine de dilatation au moins (31, 39).
- 15 10. Centrale pour la production du  $\text{CO}_2$  liquide à partir de la combustion du gaz de combustion où le gaz de combustion (3) est condensée partiellement dans un échangeur de chaleur (11, 17), des bidons de séparation (19, 33), dans de plusieurs valves de réduction de pression (15) et un deuxième compresseur à plusieurs étapes (25).
- 20 11. Centrale selon la revendication 10, caractérisée par, qu'elle comprend au moins une pompe de  $\text{CO}_2$  (37).
12. Centrale selon la revendication 10 ou 11, caractérisée par, qu'elle comprend au moins une machine de dilatation (31, 39).
13. Centrale selon les revendications 10 à 12, caractérisée par, qu'elle comprend au moins une surchauffe du dégagement gazeux (29).
- 25 14. Centrale selon les revendications 10 à 13, caractérisée par, qu'elle comprend un compresseur primaire (1), un refroidisseur primaire (5) et un déshydrateur (7).

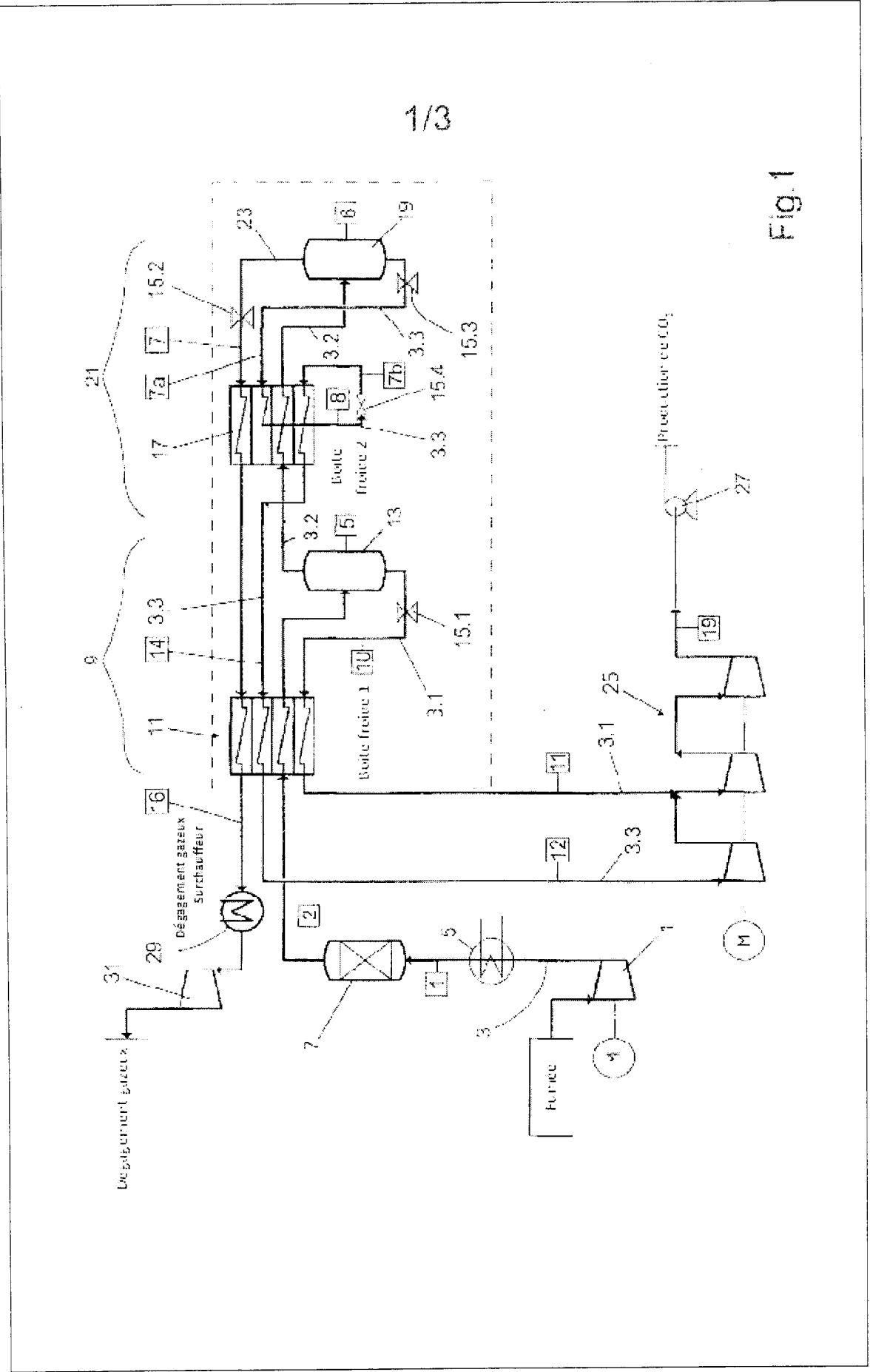


Fig. 1

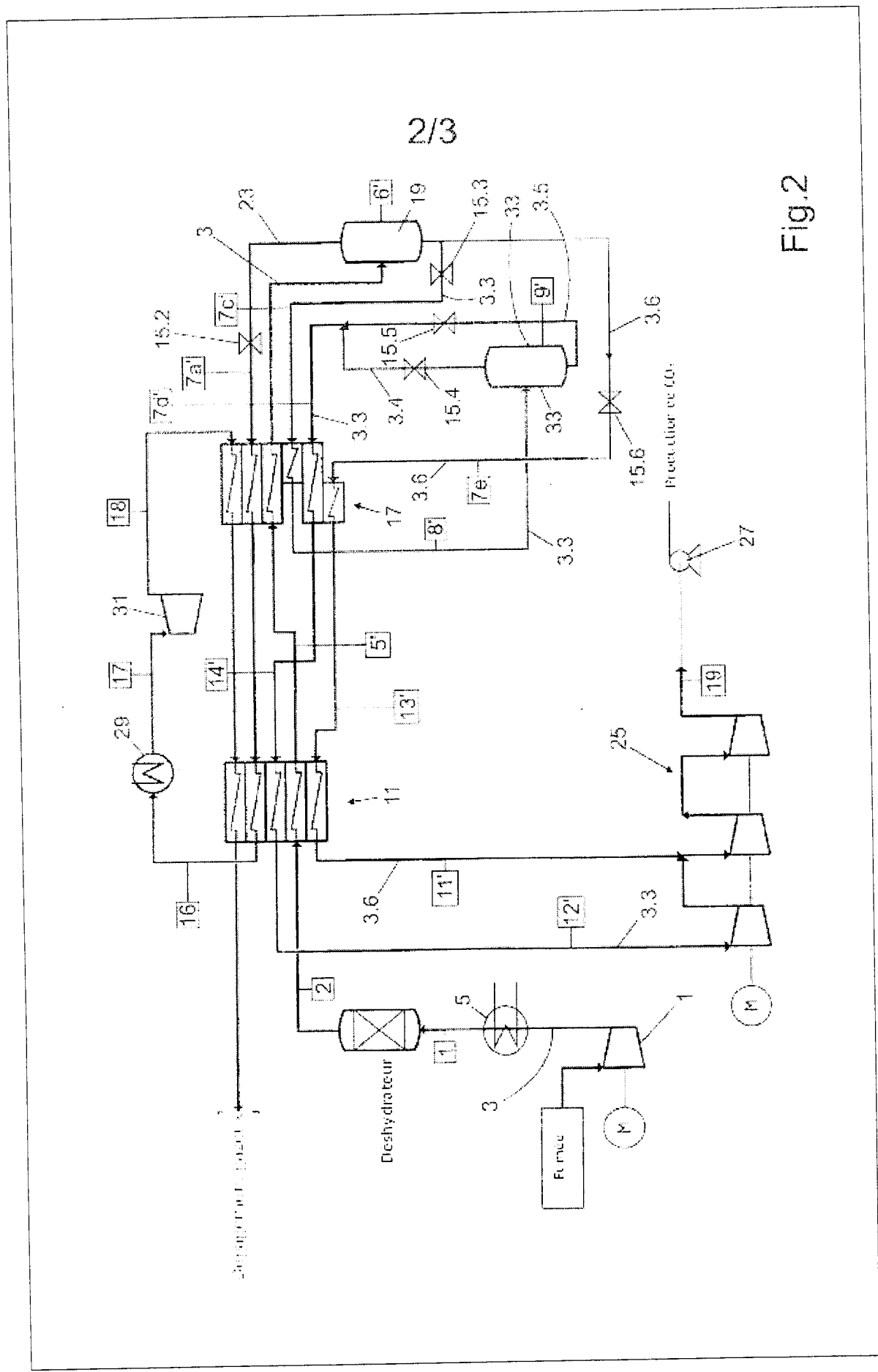


Fig.2

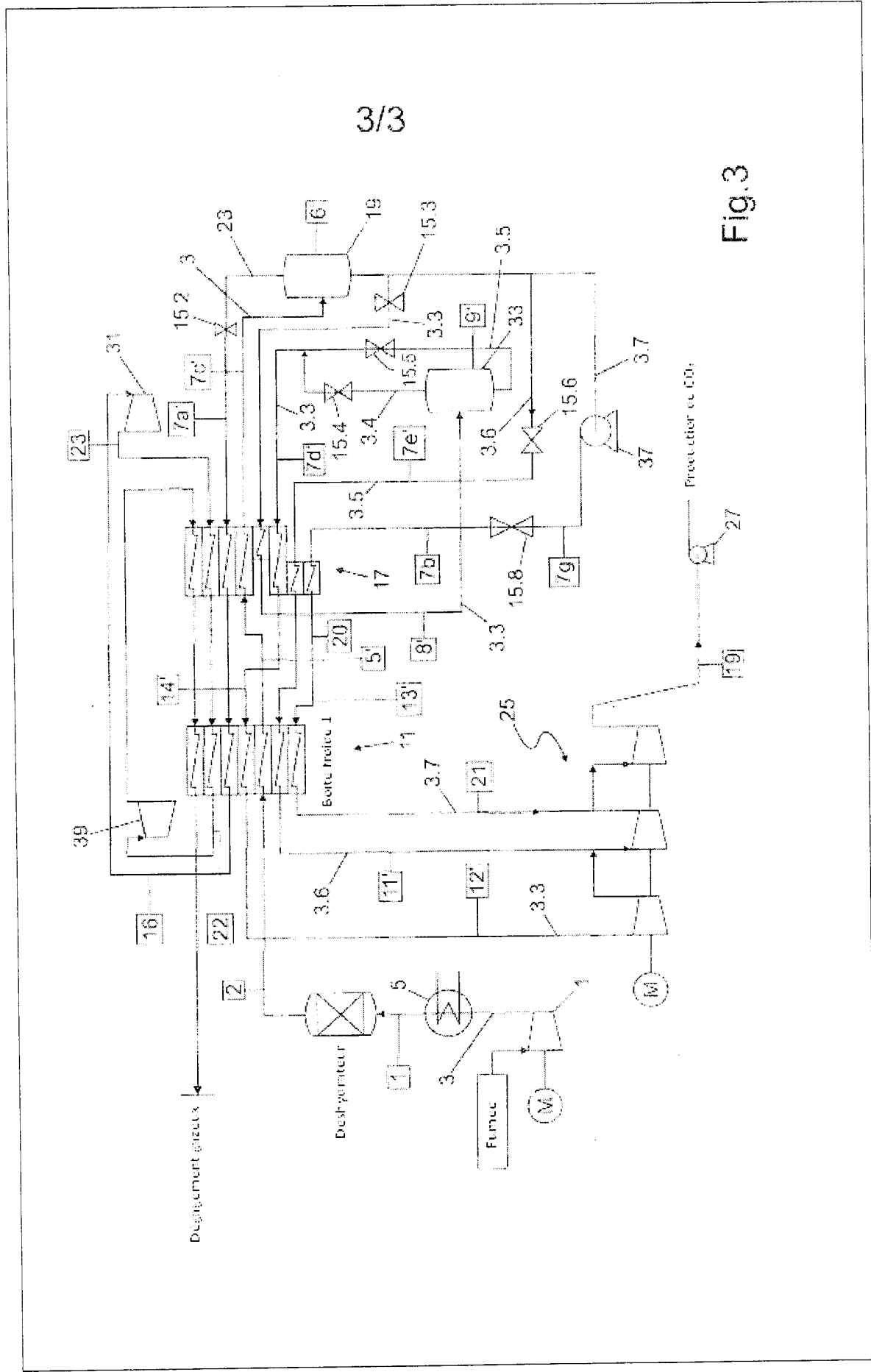


Fig.3