



- (51) **Classification internationale des brevets :**
B01D 53/14 (2006.01) **F23J 15/04** (2006.01)

(21) **Numéro de la demande internationale :**
PCT/FR2013/000024

(22) **Date de dépôt international :**
23 janvier 2013 (23.01.2013)

(25) **Langue de dépôt :** français

(26) **Langue de publication :** français

(30) **Données relatives à la priorité :**
12/00332 6 février 2012 (06.02.2012) FR

(71) **Déposant :** IFP ENERGIES NOUVELLES [FR/FR]; 1 et 4 avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR).

(72) **Inventeurs :** GOMEZ, Adrien; 14 CRS Richard Vitton, F-69003 Lyon (FR). JACQUIN, Marc; 49 rue Auguste Compte, F-69002 Lyon (FR). PORCHERON, Fabien; 8 rue Bourdelle, F-69780 Mions (FR). BOUILLON, Pierre-Antoine; 230 rue Garibaldi, F-69003 Lyon (FR). RAYNAL, Ludovic; 39 rue Berthelot, F-69600 Oullions (FR).

(74) **Mandataire :** ELMALEH, Alfred; IFP Energies Nouvelles, 1 et 4 avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR).

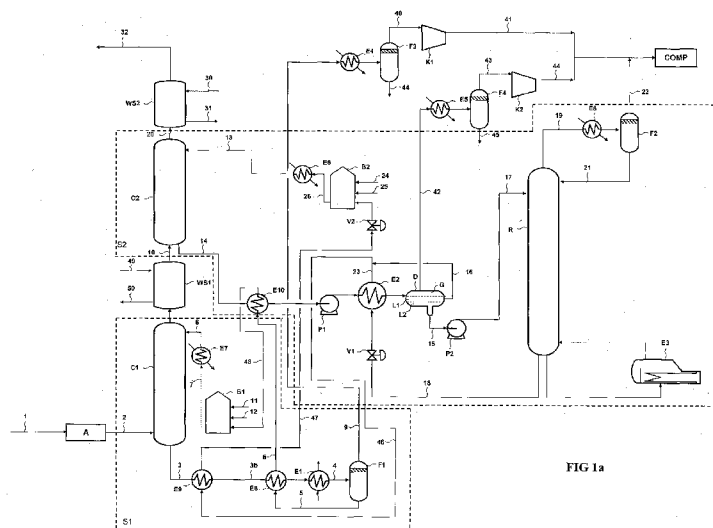
(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,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

[Suite sur la page suivante]

- (54) Title :** METHOD FOR CAPTURING CO₂ BY MEANS OF ABSORPTION WITH TWO ABSORPTION SECTIONS AND USE OF LOW-TEMPERATURE STEAM FOR REGENERATION

- (54) Titre** : PROCÉDÉ DE CAPTAGE DU CO₂ PAR ABSORPTION AVEC DEUX SECTIONS D'ABSORPTION ET UTILISATION DE VAPEUR BASSE TEMPÉRATURE POUR LA RÉGÉNÉRATION



- (S7) Abstract :** The CO₂ contained in combustion flue gases (1) is captured by a first absorbent solution (8) flowing through the first circuit S1 and subsequently by a second absorbent solution (13) flowing through a second circuit S2. In the first circuit S1, only a portion of the CO₂ is captured (capture rate less than 90%) and the first absorbent solution (3) is regenerated in a dedicated device (E1, F1). Subsequently, in the second circuit S2, the remaining CO₂ is removed from the combustion flue gases in order to achieve the desired specifications, and the second absorbent solution (14) is regenerated in a dedicated device (R). Preferably, the first absorbent solution is regenerated at a temperature, and optionally at a pressure, lower than that of the second absorbent solution.

- (57) Abrégé :**

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

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

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

Le CO₂ contenu dans des fumées de combustion (1) est capté par une première solution absorbante (8) circulant dans le premier circuit S1, puis par une deuxième solution absorbante (13) circulant dans le deuxième circuit S2. Dans le premier circuit S1, seulement une partie du CO₂ est capté (taux de captage inférieur à 90%) et la première solution absorbante (3) est régénérée dans un dispositif (E1, F1) dédié. Puis dans le deuxième circuit S2, le restant de CO₂ est éliminé des fumées de combustion pour atteindre les spécifications et la seconde solution absorbante (14) est régénérée dans un dispositif (R) dédié. De manière préférée, la régénération de la première solution absorbante sera réalisée à une température, éventuellement à une pression, inférieure à celle de la seconde solution absorbante.

PROCÉDÉ DE CAPTAGE DU CO₂ PAR ABSORPTION AVEC DEUX SECTIONS D'ABSORPTION ET UTILISATION DE VAPEUR BASSE TEMPÉRATURE POUR LA RÉGÉNÉRATION

5

La présente invention concerne le domaine de la décarbonatation des fumées de combustion.

10 L'énergie est produite par la combustion des ressources fossiles ce qui rejette du CO₂ dans l'atmosphère. Ces émissions font augmenter la concentration du CO₂ dans l'atmosphère et provoquent un réchauffement climatique. Pour limiter l'ampleur de ce réchauffement, il est nécessaire de réduire les émissions de CO₂ liées à la production d'énergie. Une solution consiste à capter puis stocker
15 le CO₂ émis par combustion, notamment au sein des centrales électriques. Un procédé de captage du CO₂ sépare le CO₂ des autres constituants des fumées issues de la combustion des ressources fossiles et permet ainsi de transporter par la suite le CO₂ sous forme concentrée dans un lieu de stockage souterrain. De cette façon, le CO₂ est séquestré dans réservoir souterrain au lieu d'être rejeté
20 dans l'atmosphère.

Un inconvénient majeur des procédés de captage de CO₂ est qu'ils consomment eux même de l'énergie. Dans une centrale électrique, l'installation d'un procédé de captage réduit alors le rendement énergétique dans la centrale : une partie de l'énergie produite par la combustion des ressources fossiles est
25 consommée par l'unité de captage.

Pour capter le CO₂, le procédé de référence est à ce jour l'absorption du CO₂ par une solution basique (e.g. amine), par exemple par une solution aqueuse de monoethanolamine. Un exemple de ce procédé est décrit dans le document FR 2 938 454. Pour éviter la production de CO₂ par le procédé dont l'objet est
30 d'éviter le rejet de CO₂, il est primordial de minimiser la consommation

énergétique, en particulier la consommation énergétique pour régénérer la solution aqueuse d'amine.

La présente invention propose de mettre en œuvre un procédé de
5 captage de CO₂ contenu dans les fumées industrielles avec deux circuits distincts, comportant chacun une étape d'absorption et une étape de régénération. Le premier circuit permet d'éliminer la majeure partie du CO₂, mais ne permet pas d'atteindre les spécifications requises. Le second circuit permet de réaliser une
10 finition. De manière préférée, pour effectuer la régénération, un des circuits utilise de la vapeur basse température. De manière préférée, pour effectuer la régénération, le premier circuit utilise de la vapeur basse température, afin de limiter la consommation d'énergie associée au captage du CO₂.

De manière générale, l'invention décrit un procédé de captage de CO₂
15 contenu dans une fumée de combustion dans lequel on effectue les étapes suivantes :

- a) on met en contact la fumée de combustion avec une première solution absorbante comportant au moins une première amine en phase aqueuse, de manière à produire une fumée appauvrie en CO₂ et une première
20 solution absorbante chargée en CO₂,
- b) on chauffe ladite solution absorbante chargée en CO₂ à une première température comprise entre 70°C et 90°C pour libérer un flux gazeux de CO₂ et produire une solution absorbante régénérée et on sépare au moyen d'un ballon de flash (F1) le flux gazeux de CO₂ et la solution absorbante
25 régénérée qui est recyclée à l'étape a) en tant que première solution absorbante,
- c) on met en contact la fumée appauvrie en CO₂ obtenue à l'étape a) avec une deuxième solution absorbante comportant au moins une deuxième amine en phase aqueuse, de manière à produire des fumées traitées et
30 une deuxième solution absorbante chargée en CO₂,

- d) on régénère au moins une portion de ladite deuxième solution absorbante chargée en CO_2 par chauffage à une deuxième température supérieure à la première température pour produire une fraction régénérée,
- e) on recycle au moins ladite fraction régénérée à l'étape c) en tant que deuxième solution absorbante.

Selon l'invention, la deuxième amine peut être choisie de manière à former une solution monophasique lorsque sa température est inférieure à une température critique et à former deux phases séparables lorsqu'elle est chauffée à une température supérieure à la température critique, et dans lequel, avant l'étape d), on peut effectuer en outre les étapes suivantes :

- f) on peut chauffer ladite deuxième solution absorbante chargée en CO_2 jusqu'à une température supérieure à la température critique pour diviser ladite deuxième solution absorbante en une fraction enrichie en amine et une fraction enrichie en eau,
- g) on peut séparer ladite fraction enrichie en amine et ladite fraction enrichie en eau,
- à l'étape d), on peut régénérer ladite fraction enrichie en eau et, à l'étape e), on peut recycler à l'étape c) un mélange composé de ladite fraction régénérée obtenue à l'étape d) et de ladite fraction enrichie en amine obtenue à l'étape g) en tant que deuxième solution absorbante.

Avant l'étape f), on peut pomper ladite deuxième solution absorbante chargée en CO_2 jusqu'à une pression comprise entre 2 et 5 bars, puis, avant l'étape d), on peut pomper ladite fraction enrichie en eau jusqu'à une pression comprise entre 4 et 10 bars.

Avant l'étape d), on peut pomper ladite deuxième solution absorbante chargée en CO_2 jusqu'à une pression comprise entre 2 et 5 bars.

On peut effectuer l'étape b) à une première pression et on peut effectuer l'étape d) à une deuxième pression supérieure à la première pression.

A l'étape b), on peut augmenter la température de ladite solution absorbante d'une valeur comprise entre 20°C et 50°C de manière à libérer au moins 20% du CO₂ capté par ladite solution absorbante à l'étape a).

La deuxième température peut être comprise entre 100°C et 190°C.

5 Avant l'étape c), on peut mettre la fumée appauvrie en CO₂ obtenue à l'étape a) en contact avec une eau de lavage.

On peut effectuer un échange de chaleur entre la solution absorbante régénérée obtenue à l'étape b) et la deuxième solution absorbante chargée en CO₂ obtenue à l'étape c).

10 On peut effectuer un échange de chaleur entre la fraction régénérée obtenue à l'étape d) et la première solution absorbante chargée en CO₂ obtenue à l'étape a).

La fumée de combustion peut provenir de l'une des unités suivantes : une centrale thermique pour la production d'électricité, une raffinerie, une cimenterie,
15 une installation de sidérurgie, une unité de production de gaz de synthèse par oxydation d'un combustible hydrocarboné.

La présente invention permet, par rapport à l'existant, de diminuer le coût
20 des utilités chaudes d'un procédé de captage du CO₂. Cette mise en œuvre est particulièrement intéressante lorsqu'elle met en œuvre dans le premier circuit une solution absorbante qui permet de réaliser un fort taux de captage malgré une température de régénération relativement basse par rapport aux procédés conventionnels.

25 Le fait d'utiliser au moins deux niveaux de température, voire plus de deux niveaux de température, pour effectuer les régénérations des solutions absorbantes, permet d'exploiter différents fluides disponibles à différents niveaux de température dans l'unité. Ainsi, le procédé de captage de CO₂ selon l'invention dispose d'une grande flexibilité d'intégration thermique avec l'unité de combustion.

30 Le fait d'utiliser deux circuits indépendants de solution absorbante permet de régler indépendamment les débits, les taux de charges, la composition des

deux solutions absorbantes. Cela contribue à la souplesse de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après en se référant aux dessins parmi lesquels :

- la figure 1a schématise un procédé selon l'invention,
- la figure 1b schématise une variante du procédé selon l'invention
- la figure 2 représente la courbe d'évolution de la température critique de démixture en fonction de la composition de la solution absorbante,
- la figure 3 schématise un procédé selon l'art antérieur.

En référence aux figures 1a et 1b, les fumées de combustion à traiter arrivent par le conduit 1 à une pression qui peut être comprise entre 1 et 40 bars, et de préférence entre 1 et 30 bars absolus, et à une température qui peut être comprise entre 10°C et 100°C.

Les fumées de combustion peuvent être produites par une centrale thermique pour la production d'électricité. Le procédé de captage selon l'invention peut également être appliqué à toutes les fumées de combustion, produite par exemple dans une raffinerie, dans une cimenterie, dans une installation de sidérurgie, ou une fumée de combustion produite sous forme de gaz de synthèse par oxydation d'un combustible hydrocarboné.

Les fumées de combustion comportent en général entre 5% et 30% volume de CO₂. Dans le cas des fumées de combustion, la teneur en composés de type SO_x et NO_x peut atteindre une valeur de l'ordre de 200 mg/Nm³ volume pour chacun desdits composés.

Les fumées de combustion arrivant par le conduit 1 peuvent être comprimées par l'organe A. Par exemple, l'élément A est une soufflante ou un compresseur assurant une augmentation de pression de l'ordre de 100 à 250 mbar.

Selon l'invention, le CO₂ est capté par une première solution absorbante circulant dans le premier circuit S1, puis par une deuxième solution absorbante circulant dans le deuxième circuit S2.

Dans le premier circuit S1, les fumées issues de A sont introduites par le conduit 2 dans la section d'absorption C1 munie d'éléments de mise en contact entre gaz et liquide, par exemple des plateaux, un garnissage vrac ou un garnissage structuré. Dans la section C1, les fumées sont mises en contact avec une première solution absorbante arrivant par le conduit 8. Dans C1, par exemple, le gaz circule à contre-courant de la solution liquide. La solution absorbante capte le CO₂ contenu dans les fumées. On évacue par le conduit 3 en fond de la section C1 une solution absorbante chargée en CO₂. On obtient des fumées appauvries en CO₂ évacuée en tête de la section C1. Une section de lavage WS1 peut être mise en œuvre afin d'éviter la contamination de la solution absorbante de la section S2 par entraînement de composés de la solution absorbante provenant de la section S1. Par exemple, la section de lavage WS1 est mise en œuvre dans le cas où la formulation de la solution absorbante de la section S1 est différente de la formulation de la solution absorbante de la section S2. La fumée ainsi traitée est ensuite évacuée par le conduit 10.

De préférence, la première solution absorbante est une solution aqueuse d'amine. De manière préférée, la ou les amines utilisées dans le circuit S1 sont choisies pour leur capacité à absorber une grande quantité de composés acides et leur capacité à être régénérées au moins partiellement à température relativement basse, par exemple à une température inférieure à 90°C. Par exemple, la ou les amines utilisées dans le circuit S1 permettent de réaliser un fort taux de captage (néanmoins inférieure à 90%), malgré une régénération à un faible niveau thermique, par exemple à une température inférieure à 90°C.

La solution aqueuse mise en œuvre dans le circuit S1 peut comporter entre 10% et 80% poids, de préférence entre 20% et 60% poids, de manière très préférée entre 30% et 50% poids en amines. La solution aqueuse mise en œuvre dans le circuit S1 peut comporter entre 20% et 90% poids, de préférence entre 40% et 80% poids d'eau, de manière préférée entre 50% et 70% poids d'eau.

Dans un mode de réalisation, la première solution absorbante peut comporter un autre composé contenant au moins une fonction amine primaire ou secondaire afin de jouer un rôle d'activateur. La deuxième solution absorbante peut contenir une teneur d'activateur comprise entre 0,5% et 20% poids, de
5 préférence entre 0,5% et 15% poids, de manière très préférée entre 0,5% et 10% poids, dans la solution aqueuse.

La solution absorbante peut par ailleurs contenir un solvant organique, non réactif vis à vis des gaz acides, mais qui permet d'augmenter la solubilité physique d'une impureté, afin d'améliorer son élimination (solvant physique).

10 On peut choisir les amines parmi les amines ayant les caractéristiques suivantes: un taux de captage supérieur à 50% pour une énergie de régénération inférieure à 10 GJ/ tCO₂ capté. Par exemple, on peut choisir l'amine parmi les composés suivants : la monoethanolamine (MEA), 2-amino-2-methyl-propanol (AMP), 1-amino-2-propanol, 2-amino-1-butanol, 1-(2-aminoethyl)-pyrrolidine,
15 diethanolamine (DEA), 2 (ethylamino) ethanol, 2-méthylpipérazine, N-methyldiethanolamine (MDEA), 1-(diméthylamino)-2-propanol, la N,N,N',N'-Tétraméthylhexane-1,6-diamine (TMHDA), 1-amino-6-pyrodinyl-hexane, Pentamethyldipropylenetriamine, N,N,N',N'-Tetraethyldiethylenetriamine, Bis[2-(N,N-diméthylamino)-éthyl]éther. Ces amines peuvent être employées seules, ou
20 en mélange.

Les amines peuvent également être mélangées à des solvants à caractère physique, par exemple le méthanol, le sulfolane, les polyéthylèneglycols qui peuvent être étherifiés, les pyrrolydones ou dérivés comme par exemple la N-méthylpyrrolidone, la N-formyl morpholine, l'acétyl morpholine, le carbonate de
25 propylène. Par exemple, la solution absorbante comporte entre 10% et 50% poids d'un solvant à caractère physique.

La solution absorbante évacuée en fond de la section C1 par le conduit 3 est régénérée par chauffage afin de provoquer une libération sous forme gazeuse du CO₂ absorbé par la solution. La solution 3 est chauffée dans l'échangeur E9, E6 puis dans l'échangeur de chaleur E1. Dans l'échangeur E1, la solution
30 absorbante est chauffée jusqu'à une température comprise entre 70°C et 90°C,

de préférence entre 75°C et 85°C à l'aide de vapeur basse température, par exemple une vapeur dont la température est comprise entre 80°C et 100°C, de préférence entre 80°C et 92°C. De préférence, l'augmentation totale de température subie par la solution absorbante dans les échangeurs E9, E6 et E1 est limitée, par exemple à une valeur comprise entre 20°C et 50°C. Lors du chauffage de la solution absorbante dans E9, E6 puis dans E1, une part non négligeable du CO₂ absorbé est libérée sous forme gazeuse. La solution absorbante et le CO₂ gazeux issus de E1 sont introduits dans le ballon de flash F1 pour être séparés. Par exemple, la pression dans le ballon de flash F1 est comprise entre 1 et 2 bars absolus. Le CO₂ gazeux est évacué en tête de F1 par le conduit 9. La solution absorbante appauvrie en CO₂ est évacuée en fond du ballon F1 par le conduit 5 pour être introduit dans l'échangeur de chaleur E6 afin de réchauffer la solution absorbante arrivant par le conduit 3b. La solution refroidie qui est issue de E6 par le conduit 6, est introduite dans l'échangeur E10 afin de préchauffer le flux 14. Le flux 6 refroidi dans E10 est évacué par la conduite 48 et introduite dans le bac de stockage B1. Un appoint en eau ou en amine peut être introduit dans le bac de stockage respectivement par les conduits 11 et 12. Un flux de solution absorbante est prélevé de B1 par le conduit 7. L'échangeur de chaleur E7 permet de baisser la température de la solution 7 jusqu'à une valeur adéquate pour réaliser l'absorption dans C1 par exemple à une température comprise entre 20°C et 40°C. La solution absorbante issue de E7 est recyclée en étant introduite dans la section d'absorption C1 par le conduit 8.

Les fumées appauvries en CO₂ issues de C1 sont introduites dans la section de lavage WS1 pour retirer l'amine et les éventuels produits de dégradation de l'amine entraînés par les fumées. La section de lavage WS1 est munie d'éléments de mise en contact entre gaz et liquide, par exemple des plateaux, un garnissage en vrac ou un garnissage structuré. Dans la section WS1, les fumées appauvries en CO₂ sont mises en contact avec de l'eau arrivant par le conduit 49. Dans WS1, par exemple, le gaz circule à contre-courant de la solution liquide. L'eau de lavage capte l'amine et les éventuels produits de dégradation de l'amine contenus dans les fumées appauvries en CO₂. On évacue par le conduit

50 en fond de la section WS1 l'eau de lavage chargée en l'amine et en produits de dégradation de l'amine. On obtient des fumées purifiées qui sont évacuées en tête de la section WS1 par le conduit 10.

5 Dans le deuxième circuit S2, les fumées partiellement décarbonatées issues de la section WS1 sont introduites par le conduit 10 dans la section d'absorption C2 munie d'éléments de mise en contact entre gaz et liquide, par exemple des plateaux, un garnissage vrac ou un garnissage structuré. Dans la section C2, les fumées sont mises en contact avec la seconde solution
10 absorbante arrivant par le conduit 13. Dans C2, par exemple, le gaz circule à contre-courant de la solution liquide. La solution absorbante capte une partie du CO₂ restant contenu dans les fumées. On évacue par le conduit 14 en fond de la section C2 une solution absorbante chargée en CO₂. On obtient des fumées appauvries en CO₂ évacuées en tête de la section C2 par le conduit 20.

15 La composition de la deuxième solution absorbante comporte des amines en phase aqueuse. On peut mettre en œuvre une solution aqueuse comportant, en général entre 10% et 80% poids, de préférence entre 20% et 60% poids, de manière très préférée entre 30% et 50% poids en amines. La solution aqueuse peut comporter entre 20% et 90% poids, de préférence entre 40% et 80% poids
20 d'eau, de manière très préférée entre 50% et 70% poids d'eau.

Dans un mode de réalisation, la seconde solution absorbante peut comporter un autre composé contenant au moins une fonction amine primaire ou secondaire afin de jouer un rôle d'activateur. La deuxième solution absorbante peut contenir une teneur d'activateur comprise entre 0,5% et 20% poids, de
25 préférence entre 0,5% et 15% poids, de manière très préférée entre 0,5% et 10% poids, dans la solution aqueuse.

Une liste non exhaustive des composés pouvant être utilisés comme activateur est donnée ci-dessous :

- BenzylAmine,
- 30 - N-MethylBenzylAmine,
- N-EthylBenzylAmine,

- α -MethylBenzylAmine,
- α -EthylBenzylAmine,
- PhénéthylAmine,
- TetraHydroIsoQuinoline,
- 5 - IsoIndoline,
- ButylAmine,
- N-ButylPipérazine,
- MonoEthanolAmine,
- AminoEthylEthanolAmine,
- 10 - DiGlycolAmine,
- Pipérazine,
- N-(2-HydroxyEthyl)Pipérazine,
- N-(2-AminoEthyl)Pipérazine,
- N-MethylPipérazine,
- 15 - N-EthylPipérazine,
- N-PropylPipérazine,
- 1,6-HexaneDiAmine,
- 1,1,9,9-TetraMéthylDiPropylèneTriamine,
- Morpholine,
- 20 - Pipéridine,
- 3-(MetylAmino)PropylAmine,
- N-MethylBenzylAmine.

Les amines de la seconde solution absorbante peuvent également être
25 mélangées à des solvants à caractère physique, par exemple le méthanol, le
sulfolane, les polyéthylèneglycols qui peuvent être éthérifiés, les pyrrolydones ou
dérivés comme par exemple la N-méthylpyrrolidone, la N-formyl morpholine,
l'acétyl morpholine, le carbonate de propylène. Par exemple, la solution
absorbante comporte entre 10% et 50% poids d'un solvant à caractère physique.

Dans le mode de la réalisation de la figure 1a, on choisit une amine qui, en phase aqueuse, présente la propriété de former une solution monophasique lorsqu'elle est en solution aqueuse à une température inférieure à une température critique, et de former deux phases liquides séparables lorsque la température de la solution absorbante est supérieure à ladite température critique. En d'autres termes, on choisit l'amine de telle sorte que la solution absorbante qui est au départ monophasique forme deux phases liquides lorsque sa température dépasse la température critique de démixtion, c'est-à-dire un seuil de température.

Par exemple, on peut choisir l'amine de la deuxième solution absorbante parmi les composés suivants : la N,N,N',N'-Tétraméthylhexane-1,6-diamine, et la N,N,N'',N''-tetraéthyl-diéthylène-triamine. Ces amines peuvent être employées seules, ou en mélange.

La figure 2 montre un exemple d'évolution de la température critique T (en °C) de démixtion en fonction de la concentration [C] (en % poids) en amine TMHDA (N,N,N',N'-Tétraméthylhexane-1,6-diamine) pour une solution absorbante constituée de TMHDA en solution aqueuse, n'ayant pas absorbé de composés acides. Le domaine M indique les conditions de température et de concentration pour lesquelles la solution absorbante est monophasique. Le domaine D indique les conditions de température et de concentration pour lesquelles la solution absorbante est diphasique. A haute température, la solution absorbante de concentration globale [C₀] en amines est diphasique (zone D) et se sépare en deux phases, l'une pauvre en amines (concentration [C₁] en amine), l'autre riche en amines (concentration [C₂] en amine).

En référence à la figure 1a, la solution absorbante chargée en CO₂ issue de la section C2 par le conduit 14 est réchauffée dans E10, puis pompée par la pompe P1 jusqu'à une pression comprise entre 2 et 5 bars abs, de préférence entre 3 et 4 bars abs. Puis la solution est chauffée dans l'échangeur E2 jusqu'à une température supérieure à sa température de démixtion. La solution

absorbante issue de E2 est introduite dans le ballon de séparation D. Dans le ballon D, la solution est à une température supérieure à la température critique pour laquelle la solution absorbante se sépare en deux fractions : une fraction L1 riche en amine et une fraction L2 riche en eau. La fraction L1 est riche en amine n'ayant pas réagi avec le CO₂. La fraction L2 est riche en eau et comporte des sels d'amines produits par la réaction de l'amine avec le CO₂. De plus, sous l'effet de la hausse de température, une fraction gazeuse G riche en CO₂ est libérée dans D. Dans le ballon D, les fractions L1 et L2 peuvent être séparées par décantation, centrifugation.

La fraction L2 riche en eau est évacuée de D par le conduit 15, pompée par la pompe P2 jusqu'à une pression comprise entre 4 et 10 bars abs, de préférence entre 6 et 8 bars abs. Puis la fraction L2 sous pression est introduite dans la section de régénération R par le conduit 17 pour être régénérée par distillation et/ou entraînement des composés acides par la vapeur, opération couramment nommée "stripage".

Alternativement, selon le mode de réalisation de la figure 1b, on peut choisir l'amine pour capter les composés acides, avec ou sans propriété de donner deux phases liquides séparables lorsque la température de la solution absorbante est augmentée. Par exemple, l'amine de la deuxième solution absorbante peut être choisie parmi les composés suivants : MEA (monoéthanolamine), la DEA (diéthanolamine), la MDEA (méthyldiéthanolamine), la DIPA (diisopropylamine), ou la DGA (diglycolamine), mais aussi parmi des multiamines telles que la pipérazine, la N-(2-hydroxyéthyl)pipérazine, la 1,2-bis(2-diéthylaminoéthoxy)éthane, et la 1,2-bis(2-pyrolidinoéthoxy)éthane et la 2-méthylpipérazine.

En référence à la figure 1b, la solution absorbante chargée en CO₂ issue de la section C2 par le conduit 14 est réchauffée dans E10, puis pompée par la pompe P1 jusqu'à une pression comprise entre 2 et 5 bars abs, de préférence entre 3 et 4 bars abs. Puis la solution est chauffée dans l'échangeur E2. La solution absorbante issue de E2 est introduite dans le ballon de flash F5. Sous

l'effet de la hausse de température, une fraction gazeuse riche en CO_2 est libérée dans F5. Cette fraction gazeuse est évacuée de F5 par le conduit 42.

La solution absorbante partiellement débarrassée de CO_2 est évacuée de F5 par le conduit 27 pompée par la pompe P2 jusqu'à une pression comprise entre 4 et 10 bars abs, de préférence entre 6 et 8 bars abs. Puis la solution absorbante sous pression est introduite dans la section de régénération R par le conduit 17 pour être régénérée par distillation ou entraînement des composés acides par la vapeur, opération couramment nommée "stripage".

En référence aux figures 1a et 1b, les pompes P1 et P2 permettent d'effectuer la régénération de la solution absorbante dans le circuit S2 à une pression supérieure à celle de la régénération dans le circuit S1. Par exemple, la pression dans les équipements D, F5 et R est supérieure à la pression dans le ballon F1.

En référence aux figures 1a et 1b, la section de régénération R est équipée d'un rebouilleur E3 et d'interne de mise en contact entre gaz et liquide. Dans R, la fraction de solution absorbante est mise en contact avec de la vapeur d'eau qui est générée par le rebouilleur E3 et introduite en fond de R. Par exemple, le rebouilleur E3 chauffe la fraction de solution absorbante à une température comprise entre 100°C et 190°C , de préférence entre 120°C et 190°C , voire entre 140°C et 190°C . Le CO_2 est libéré sous forme gazeuse et évacuée de R par le conduit 19. Le flux 19 de vapeur d'eau riche en CO_2 est partiellement condensé par refroidissement dans E8. Les condensats sont séparés du CO_2 gazeux dans le ballon de séparation F2. Les condensats sont introduits par le conduit 21 en tête de la section R à titre de recycle. Le CO_2 gazeux est évacué par le conduit 22. La solution régénérée est évacuée de la section R par le conduit 18.

Le flux 18 est introduit dans l'échangeur E2 pour réchauffer la solution absorbante 14 issue de la section C2. Après avoir été refroidi, le flux est évacué de E2 par le conduit 23.

En référence à la figure 1a, on assemble dans le conduit 46 le flux arrivant par le conduit 23 et la fraction L1 riche en amine évacuée de D par le conduit 16.

En référence à la figure 1b, on le conduit 23 est prolongé par le conduit 46.

5 En référence aux figures 1a et 1b, le flux 46 sert à réaliser une préchauffe du flux 3 à l'aide de l'échangeur E9. Le flux 46, refroidi dans E9, est introduit dans le bac de stockage B2 par la conduite 47. En fonction des niveaux de pression imposés par les pompes P1 et P2, on prévoit des détentes effectuées par la vanne V1 disposée sur le conduit 18 et la vanne V2 disposée en amont du bac de
10 stockage B2 pour équilibrer les pressions.

Un appoint en eau ou en amine peut être introduit dans le bac de stockage B2 respectivement par les conduits 24 et 25. Un flux de solution absorbante est prélevé de B2 par le conduit 26. L'échangeur de chaleur E6 permet de baisser la température de la solution 26 jusqu'à une valeur adéquate
15 pour réaliser l'absorption dans C2, par exemple à une température comprise entre 20°C et 40°C. La solution absorbante issue de E6 est recyclée en étant introduite dans la section d'absorption C2 par le conduit 13.

Les fumées appauvries en CO₂ issues de C2 par le conduit 20 sont
20 introduites dans la section de lavage WS2 pour retirer l'amine et les éventuels produits de dégradation de l'amine entraînés par les fumées. La section de lavage WS2 est munie d'éléments de mise en contact entre gaz et liquide, par exemple des plateaux, un garnissage en vrac ou un garnissage structuré. Dans la section WS2, les fumées appauvries en CO₂ sont mises en contact avec de l'eau arrivant
25 par le conduit 30. Dans WS2, par exemple, le gaz circule à contre-courant de la solution liquide. L'eau de lavage capte l'amine et les éventuels produits de dégradation de l'amine contenus dans les fumées appauvries en CO₂. On évacue par le conduit 31 en fond de la section WS2 l'eau de lavage chargée en amine et en produits de dégradation de l'amine. On obtient des fumées purifiées qui sont
30 évacuées en tête de la section WS2 par le conduit 32.

Les débits des premières solutions et deuxième solutions absorbantes circulant dans les circuits S1 et S2 sont indépendants et peuvent être déterminés pour profiter au mieux de l'énergie à bas niveau de température nécessaire à la régénération de la première solution absorbante dans E1 et F1.

5 Le CO₂ gazeux issu de F1 par le conduit 9 est refroidi dans l'échangeur de chaleur E4, par exemple par un fluide externe tel que de l'eau ou de l'air. Les condensats formés lors du refroidissement sont séparés du CO₂ gazeux dans le ballon F3 et évacués par le conduit 44. Le flux de CO₂ gazeux évacué de F3 par le conduit 40 est comprimé par le compresseur K1 puis envoyé dans l'unité COMP
10 de compression du CO₂ par le conduit 41.

Le CO₂ gazeux G issu de D par le conduit 42 selon le mode de réalisation de la figure 1a ou le CO₂ gazeux issu de F5 par le conduit 42 selon le mode de réalisation de la figure 1b est refroidi dans l'échangeur de chaleur E5, par exemple par un fluide externe tel que de l'eau ou de l'air. Les condensat formés
15 lors du refroidissement sont séparés du CO₂ gazeux dans le ballon F4 et évacués par le conduit 45. Le flux de CO₂ gazeux évacué de F4 par le conduit 43 est comprimé par le compresseur K2 puis envoyé dans l'unité COMP de compression du CO₂ par le conduit 44.

Le CO₂ gazeux produit par R est envoyé par le conduit 22 dans l'unité
20 COMP de compression du CO₂.

Eventuellement, les flux 22, 41 et 44 de CO₂ ont été mis au même niveau de pression par K1 et K2 pour pouvoir être rassemblés avant d'être envoyés à l'unité COMP.

Les procédés selon l'invention schématisés par les figures 1a et 1b
25 comportent deux circuits de solution absorbante fonctionnant chacun avec un niveau de température de régénération. Sans sortir du cadre de l'invention, le procédé de captage du CO₂ selon l'invention peut comporter un troisième circuit de solution absorbante, voire plus de trois circuits, chacun des circuits fonctionnant avec un niveau de température de régénération indépendant,
30 éventuellement différent, du niveau de température de régénération des autres

circuits et avec une solution absorbante dont la composition est similaire ou différente de la solution absorbante circulant dans les autres circuits.

Les exemples présentés ci-après permettent d'illustrer les avantages du
5 procédé selon l'invention.

Le premier exemple illustre le fonctionnement du procédé selon l'invention schématisé par la figure 1a.

La fumée de combustion à traiter comporte 13,5% molaire de CO_2 et arrive à un débit nominal de 10 000 Nm^3/h . Le procédé est paramétré pour capter
10 90% du CO_2 contenu dans la fumée à traiter, ce qui représente un débit de 2387 kg/h de CO_2 capté.

Dans le circuit S1, on met en œuvre une solution absorbante comportant 33% poids de TMHDA en phase aqueuse. La solution absorbante est chauffée et dans E1 à une température de 80°C par de la vapeur d'eau à 0,7 bars. Dans F1,
15 42% du CO_2 absorbé par la solution absorbante dans C1 est libéré sous forme gazeuse à 1 bar. Dans ces conditions, le procédé consomme 0,98MW thermique au niveau l'échangeur de chaleur E1.

Dans le circuit S2, on met en œuvre une solution absorbante la même solution absorbante que dans dans le circuit S1, et qui comporte 33% poids de
20 TMHDA en solution aqueuse. Selon le niveau de pression de la solution absorbante comprimée par la pompe P1, on libère dans D entre 14% et 15% du CO_2 absorbé par la solution absorbante dans C2. Puis, la fraction L2 de solution absorbante est régénérée dans R en utilisant de la vapeur d'eau à 9 bars dans le rebouilleur E3. Dans ces conditions, le procédé consomme 0,96 MW thermique
25 au niveau de l'échangeur de chaleur E3.

Pour comprimer le CO_2 gazeux, le procédé consomme 0,137 MW électrique au niveau des compresseurs K1 et, K2 et de l'unité COMP.

En comparaison, on met en œuvre le procédé selon l'art antérieur
30 représenté par la figure 3 qui est composé du procédé représenté par la figure 1a

amputé du premier circuit de solution absorbante. Les références de la figure 3 identiques aux références de la figure 1a désignent les mêmes éléments.

La fumée de combustion à traiter comporte 13,5% molaire de CO₂ et arrive à un débit nominal de 10 000 Nm³/h. Le procédé est paramétré pour capter 90% du CO₂ contenu dans la fumée à traiter.

On met en œuvre une solution absorbante comportant 33% poids de TMHDA en phase aqueuse. La fraction L2 de solution absorbante est régénérée dans R en utilisant de la vapeur d'eau à 9 bars dans le rebouilleur E3. Dans ces conditions, le procédé selon l'art antérieur consomme 1,57 MW thermique au niveau de l'échangeur de chaleur E3.

Pour comprimer le CO₂ gazeux, le procédé consomme 0,11 MW électrique au niveau du compresseur K2 et de l'unité COMP.

Pour une même solution absorbante, le procédé selon l'invention consomme 38% de vapeur à 9 bars de moins que le procédé de l'art antérieur.

La consommation d'énergie totale de vapeur basse température à 0,7 bars et de vapeur haute température à 9 bars du procédé selon l'invention est quasiment identique à celle du rebouilleur du procédé selon l'art antérieur (schéma représenté sur la figure 3). Les données comparatives sont représentées dans le tableau 1.

	Art antérieur (figure 3)	Procédé amélioré selon l'invention (figure 1)	Gain configuration "figure 1"
E Rebouilleur (E3) (MW thermique)	1.57	0.96 (coût élevé)	+ 388 %
Consommation de vapeur 9 bar	2785	1703	

(kg/h)			
E Flash (D) (MW terminus)	0	0.98 (coût peu élevé ou nul)	
Consommation de vapeur 0.7 bar (kg/h)	-	1543	
Consommation spécifique de vapeur 0.7 bar (Tonne de vapeur/Tonne de CO ₂ capté)	-	0.65	-
Consommation e- compression CO ₂ (COMP) (MWe, pression sortie à 110 bar)	0.11	0.137	- 25 %

Tableau 1: Récapitulatif des consommations électriques et gain sur le coût de la consommation de vapeur

Dans le cas d'une raffinerie, l'unité FCC est une des plus émettrices de CO₂ mais est également une unité qui produit de la vapeur utilisable, mais excédentaire.

Par exemple, pour une unité FCC traitant 1 Tonne de charge, la quantité moyenne de CO₂ produit est de 0,72 Tonne, et la quantité de vapeur excédentaire est de l'ordre de 0,5 Tonne par Tonne de charge traitée.

En considérant un taux de captage de 90%, la quantité de vapeur disponible par Tonne de CO₂ capté est de 0,77. La consommation spécifique de vapeur basse pression du procédé amélioré selon l'invention présente une consommation de 0,65 Tonne de vapeur par Tonne de CO₂ capté. En conséquence, la consommation de vapeur basse pression est donc largement couverte par la production de vapeur excédentaire de l'unité FCC.

Le coût de la vapeur à 0,7 bars est très faible voire nul comparé à celui de la vapeur à 9 bars. Le coût de régénération du procédé selon l'invention est donc considérablement réduit grâce à l'exploitation de la vapeur excédentaire disponible.

La consommation d'électricité au niveau de la compression du CO₂ augmente de 25% pour le procédé selon l'invention par rapport au procédé selon l'art antérieur. Cette augmentation de puissance reste négligeable par rapport au gain sur l'énergie thermique de la régénération du procédé selon l'invention.

Par conséquent le procédé selon l'invention est plus économique que le procédé selon l'art antérieur, représenté par la figure 3.

REVENDICATIONS

5 1) Procédé de captage de CO₂ contenu dans une fumée de combustion dans lequel on effectue les étapes suivantes :

a) on met en contact (C1) la fumée de combustion avec une première solution absorbante comportant au moins une première amine en phase aqueuse, de manière à produire une fumée appauvrie en CO₂ et une première
10 solution absorbante chargée en CO₂,

b) on chauffe (E1) ladite solution absorbante chargée en CO₂ à une première température comprise entre 70°C et 90°C pour libérer un flux gazeux de CO₂ et produire une solution absorbante régénérée et on sépare au moyen d'un ballon de flash (F1) le flux gazeux de CO₂ et la solution absorbante régénérée qui est recyclée à l'étape a) en tant que première solution
15 absorbante,

c) on met en contact (C2) la fumée appauvrie en CO₂ obtenue à l'étape a) avec une deuxième solution absorbante comportant au moins une deuxième amine en phase aqueuse, de manière à produire des fumées traitées et une deuxième solution absorbante chargée en CO₂,
20

d) on régénère (R) au moins une portion de ladite deuxième solution absorbante chargée en CO₂ par chauffage à une deuxième température supérieure à la première température pour produire une fraction régénérée,

e) on recycle au moins ladite fraction régénérée à l'étape c) en tant que
25 deuxième solution absorbante.

2) Procédé selon la revendication 1, dans lequel la deuxième amine est choisie de manière à former une solution monophasique lorsque sa température est inférieure à une température critique et à former deux phases séparables lorsqu'elle est chauffée à une température supérieure à la température critique, et
30 dans lequel, avant l'étape d), on effectue en outre les étapes suivantes :

f) on chauffe (E2) ladite deuxième solution absorbante chargée en CO₂ jusqu'à une température supérieure à la température critique pour diviser ladite deuxième solution absorbante en une fraction enrichie en amine et une fraction enrichie en eau,

5 g) on sépare (D) ladite fraction enrichie en amine et ladite fraction enrichie en eau,

à l'étape d), on régénère ladite fraction enrichie en eau et, à l'étape e), on recycle à l'étape c) un mélange composé de ladite fraction régénérée obtenue à l'étape d) et de ladite fraction enrichie en amine obtenue à l'étape g) en tant
10 que deuxième solution absorbante.

3) Procédé selon la revendication 2, dans lequel, avant l'étape f), on pompe (P1) ladite deuxième solution absorbante chargée en CO₂ jusqu'à une pression comprise entre 2 et 5 bars, puis, avant l'étape d), on pompe (P2) ladite fraction
15 enrichie en eau jusqu'à une pression comprise entre 4 et 10 bars.

4) Procédé selon la revendication 1, dans lequel, avant l'étape d), on pompe (P2) ladite deuxième solution absorbante chargée en CO₂ jusqu'à une pression comprise entre 2 et 5 bars.

20 5) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, on effectue l'étape b) à une première pression et on effectue l'étape d) à une deuxième pression supérieure à la première pression.

25 6) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel à l'étape b), on augmente la température de ladite solution absorbante d'une valeur comprise entre 20°C et 50°C de manière à libérer au moins 20% du CO₂ capté par ladite solution absorbante à l'étape a).

30 7) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la deuxième température est comprise entre 100°C et 190°C.

8) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel avant l'étape c), on met la fumée appauvrie en CO₂ obtenue à l'étape a) en contact avec une eau de lavage.

5

9) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on effectue un échange de chaleur entre la solution absorbante régénérée obtenue à l'étape b) et la deuxième solution absorbante chargée en CO₂ obtenue à l'étape c).

10

10) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on effectue un échange de chaleur entre la fraction régénérée obtenue à l'étape d) et la première solution absorbante chargée en CO₂ obtenue à l'étape a).

15

11) Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la fumée de combustion provient de l'une des unités suivantes : une centrale thermique pour la production d'électricité, une raffinerie, une cimenterie, une installation de sidérurgie, une unité de production de gaz de synthèse par oxydation d'un combustible hydrocarboné.

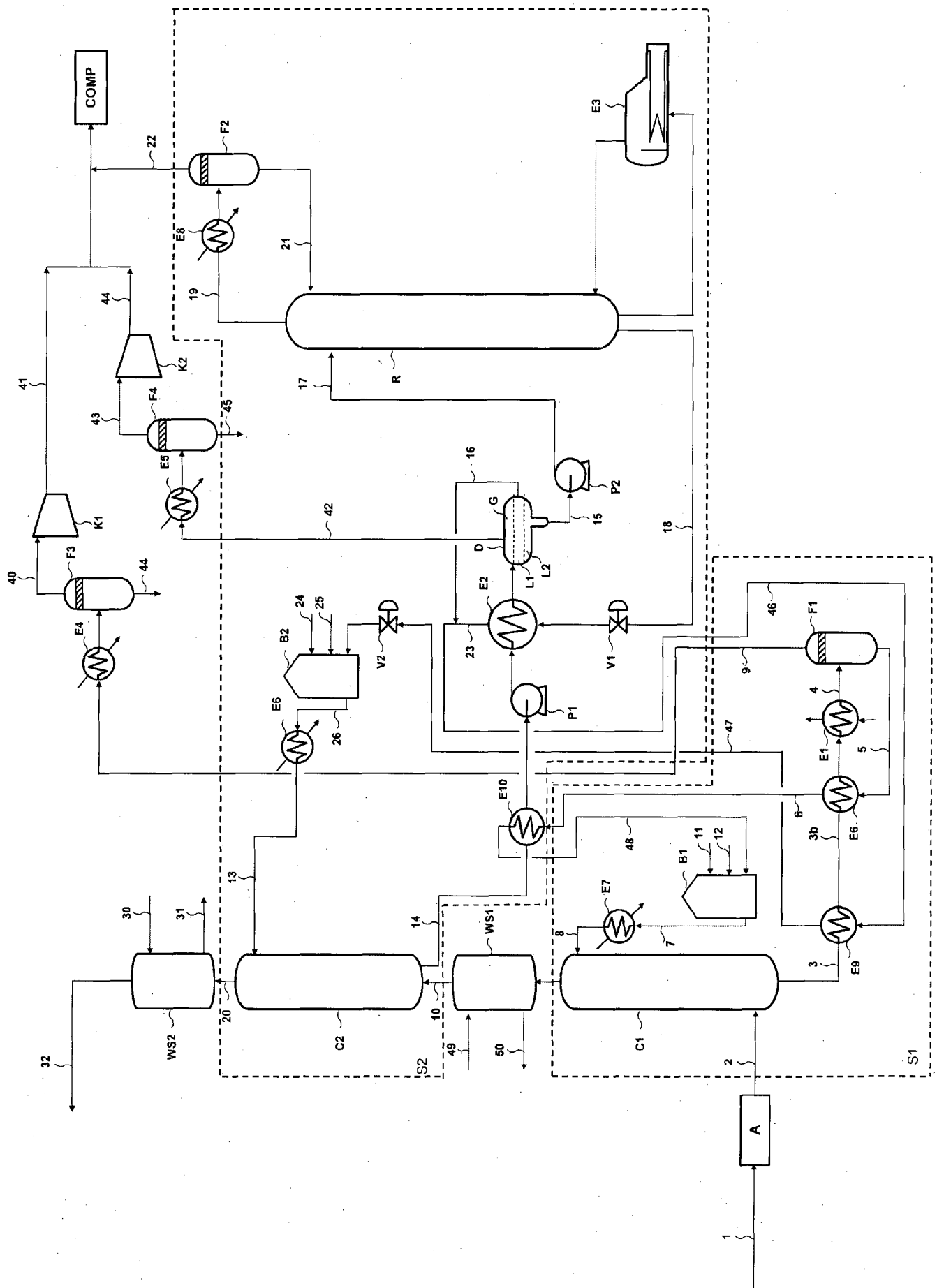


FIG 1a

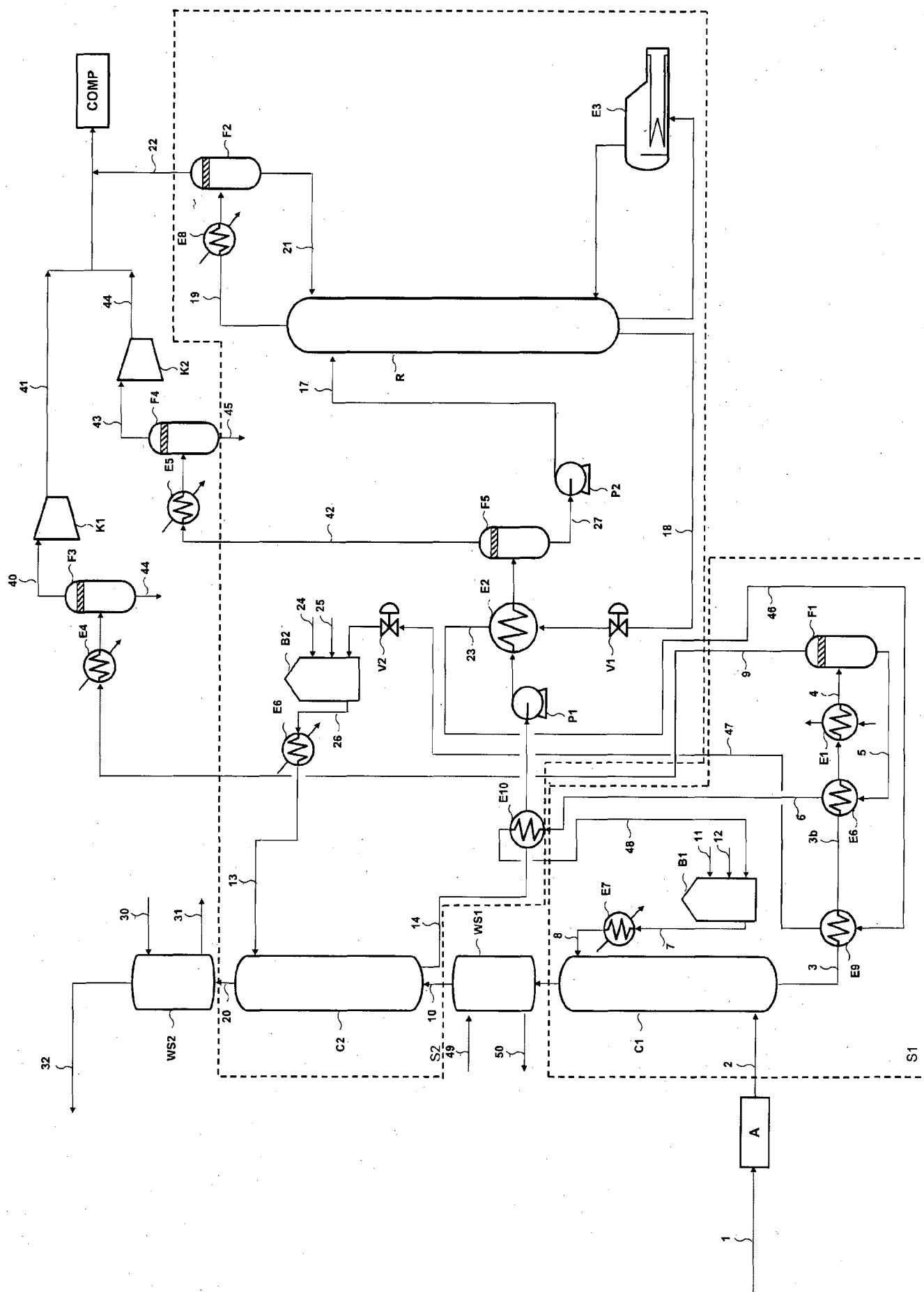


FIG 1b

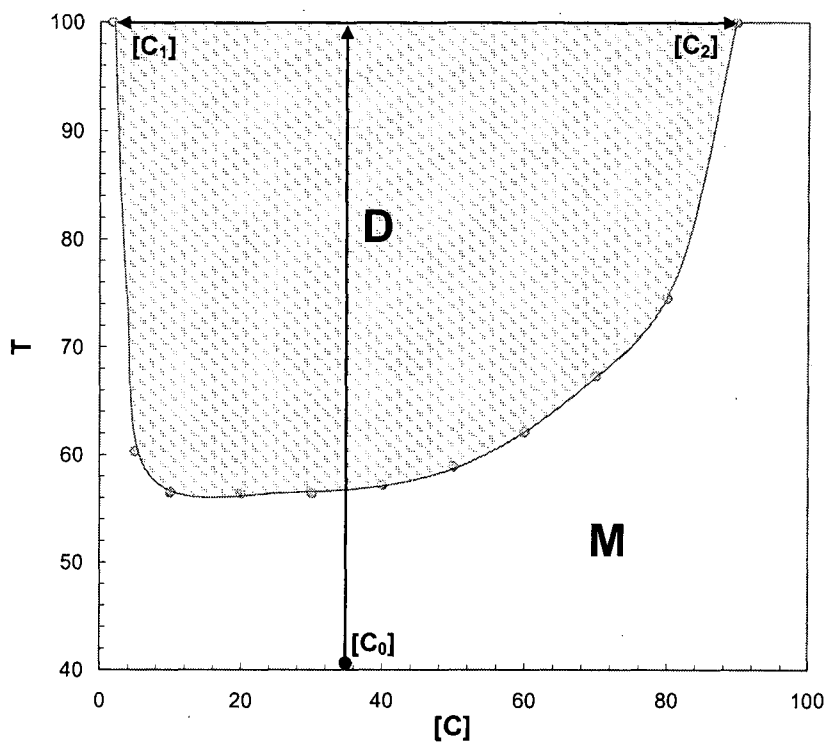


FIG 2

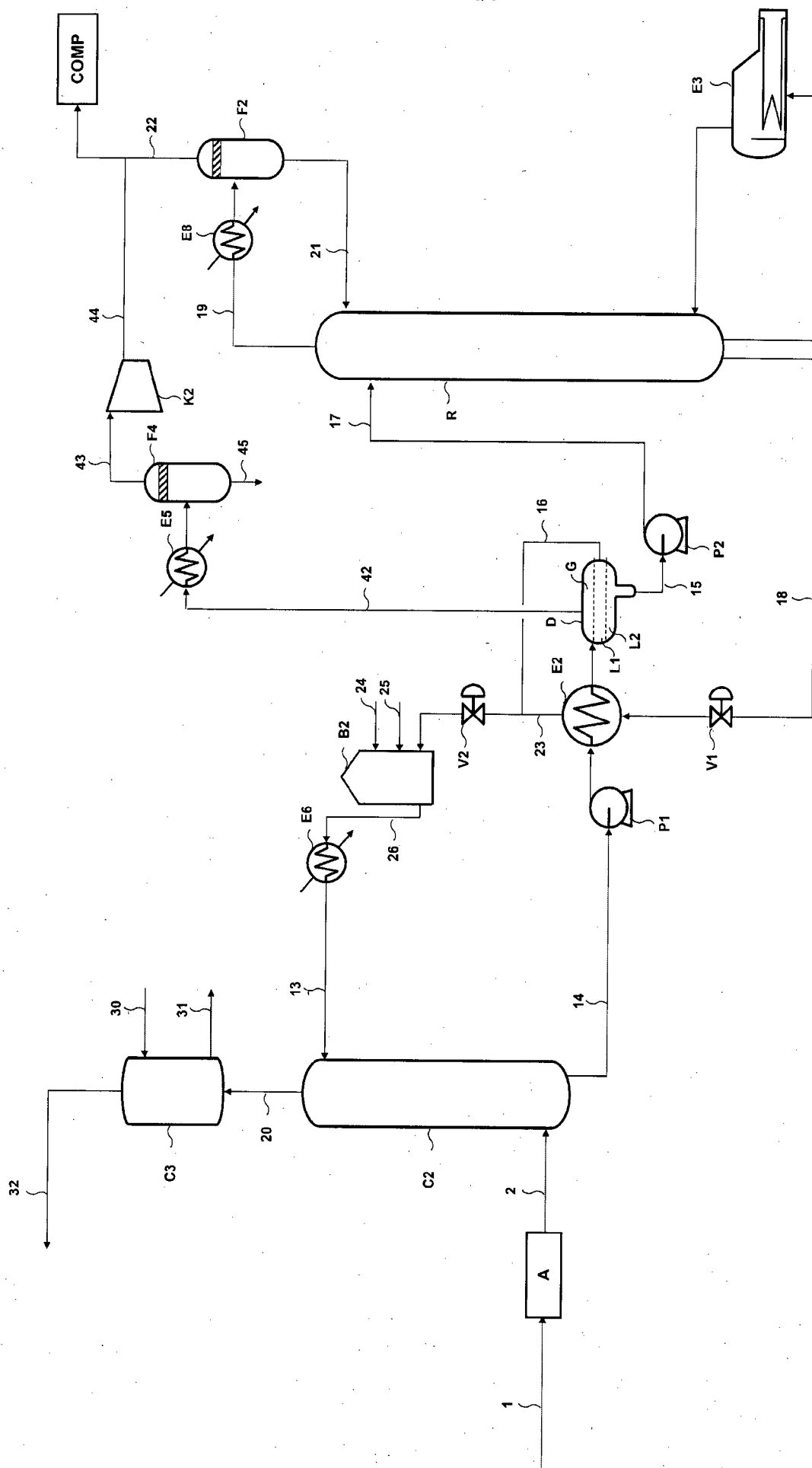


FIG 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2013/000024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B01D53/14 F23J15/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D F23J

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 168 657 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]) 31 March 2010 (2010-03-31)	1,3-7, 9-11
Y	paragraphs [0002], [0007], [0015], [0029] - [0084]; figures 1-6 -----	2,3,8
Y	EP 2 168 659 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR] IFP ENERGIES NOUVELLES [FR]) 31 March 2010 (2010-03-31)	2,3
	paragraphs [0001], [0004], [0010] - [0022]; figures 1-6 -----	
Y	EP 1 813 343 A1 (CANSOLV TECHNOLOGIES INC [CA]) 1 August 2007 (2007-08-01)	8
	paragraphs [0084], [0128] - [0132]; figures 1, 3 ----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 June 2013

Date of mailing of the international search report

18/06/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Focante, Francesca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2013/000024

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 938 454 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR]) 21 May 2010 (2010-05-21) cited in the application page 3; figure 1 -----	8
A	FR 1 497 042 A (POWER GAS LTD) 6 October 1967 (1967-10-06) the whole document -----	1-11
A	GB 867 574 A (PINTSCH BAMAG AG) 10 May 1961 (1961-05-10) the whole document -----	1
A	FR 2 469 199 A1 (SNAM PROGETTI [IT]) 22 May 1981 (1981-05-22) figure; example -----	1-11
A	US 2010/111784 A1 (MAK JOHN [US] ET AL) 6 May 2010 (2010-05-06) figures 2-4 -----	1-11
A	EP 1 142 628 A2 (BOC GROUP PLC [GB]) 10 October 2001 (2001-10-10) figure 2 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/000024

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2168657	A1	31-03-2010	CA 2693065 A1 24-12-2008 EP 2168657 A1 31-03-2010 JP 2008307520 A 25-12-2008 RU 2010101219 A 27-07-2011 US 2010170396 A1 08-07-2010 WO 2008156084 A1 24-12-2008
EP 2168659	A1	31-03-2010	AT 541635 T 15-02-2012 EP 2168659 A1 31-03-2010 ES 2379755 T3 03-05-2012 FR 2936165 A1 26-03-2010 JP 2010110749 A 20-05-2010 US 2010104490 A1 29-04-2010
EP 1813343	A1	01-08-2007	AT 427780 T 15-04-2009 BR PI0411329 A 25-07-2006 CA 2528205 A1 23-12-2004 CA 2642328 A1 23-12-2004 CA 2643340 A1 23-12-2004 CN 1835786 A 20-09-2006 CN 101481092 A 15-07-2009 CN 101481093 A 15-07-2009 EA 200600014 A1 27-10-2006 EA 200700562 A1 31-08-2007 EA 200700563 A1 31-08-2007 EP 1648589 A2 26-04-2006 EP 1806171 A1 11-07-2007 EP 1813343 A1 01-08-2007 JP 4759514 B2 31-08-2011 JP 2006527153 A 30-11-2006 MX 266231 B 23-04-2009 US 2004253159 A1 16-12-2004 WO 2004110595 A2 23-12-2004
FR 2938454	A1	21-05-2010	NONE
FR 1497042	A	06-10-1967	AT 281774 B 10-06-1970 BE 688464 A 19-04-1967 DE 1544106 A1 27-07-1972 DK 142227 B 29-09-1980 FI 48322 B 31-05-1974 FR 1497042 A 06-10-1967 GB 1169175 A 29-10-1969 JP S4319844 B1 27-08-1968 NL 6614616 A 20-04-1967 SE 333723 B 29-03-1971 YU 195466 A 31-10-1973
GB 867574	A	10-05-1961	NONE
FR 2469199	A1	22-05-1981	AR 221174 A1 30-12-1980 AT 379087 B 11-11-1985 AU 536486 B2 10-05-1984 AU 6164480 A 14-05-1981 BE 885234 A1 16-03-1981 BR 8005894 A 19-05-1981 CA 1148332 A1 21-06-1983 CH 642558 A5 30-04-1984

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/000024

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
		CS 221980 B2	29-04-1983	
		DD 153060 A5	23-12-1981	
		DE 3032470 A1	21-05-1981	
		DK 383480 A	09-05-1981	
		EG 14582 A	30-06-1984	
		ES 8106839 A1	01-12-1981	
		FR 2469199 A1	22-05-1981	
		GB 2062597 A	28-05-1981	
		GR 71713 A1	21-06-1983	
		HU 186748 B	30-09-1985	
		IL 61051 A	30-12-1983	
		IN 153605 A1	28-07-1984	
		IT 1193510 B	08-07-1988	
		JP S5667525 A	06-06-1981	
		LU 82772 A1	17-04-1981	
		MW 3580 A1	09-12-1981	
		NL 8005224 A	01-06-1981	
		NO 802802 A	11-05-1981	
		PH 16283 A	26-08-1983	
		PL 226654 A1	05-06-1981	
		PT 71803 A	01-10-1980	
		RO 81870 A1	01-06-1983	
		SE 443093 B	17-02-1986	
		SE 8006602 A	09-05-1981	
		TR 20694 A	06-05-1982	
		US 4367258 A	04-01-1983	
		YU 212980 A	31-10-1983	
		ZA 8005113 A	26-08-1981	
		ZM 7580 A1	23-11-1981	
		ZW 19580 A1	25-03-1981	

US 2010111784	A1	06-05-2010	CA 2676782 A1	28-08-2008
			CN 101674875 A	17-03-2010
			EA 200970784 A1	26-02-2010
			EP 2117682 A1	18-11-2009
			ES 2393266 T3	19-12-2012
			JP 2010519387 A	03-06-2010
			US 2010111784 A1	06-05-2010
			WO 2008103467 A1	28-08-2008

EP 1142628	A2	10-10-2001	BR 0101310 A	06-11-2001
			CA 2342136 A1	05-10-2001
			CN 1325755 A	12-12-2001
			EP 1142628 A2	10-10-2001
			MX PA01003449 A	10-09-2004
			US 2002006371 A1	17-01-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000024

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B01D53/14 F23J15/04
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B01D F23J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, 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
X	EP 2 168 657 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]) 31 mars 2010 (2010-03-31)	1,3-7, 9-11
Y	alinéas [0002], [0007], [0015], [0029] - [0084]; figures 1-6	2,3,8
Y	----- EP 2 168 659 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR] IFP ENERGIES NOUVELLES [FR]) 31 mars 2010 (2010-03-31) alinéas [0001], [0004], [0010] - [0022]; figures 1-6	2,3
Y	----- EP 1 813 343 A1 (CANSOLV TECHNOLOGIES INC [CA]) 1 août 2007 (2007-08-01) alinéas [0084], [0128] - [0132]; figures 1, 3	8
	----- -/-	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 juin 2013

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/06/2013

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Focante, Francesca

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000024

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 938 454 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR]) 21 mai 2010 (2010-05-21) cité dans la demande page 3; figure 1	8
A	FR 1 497 042 A (POWER GAS LTD) 6 octobre 1967 (1967-10-06) le document en entier	1-11
A	GB 867 574 A (PINTSCH BAMAG AG) 10 mai 1961 (1961-05-10) le document en entier	1
A	FR 2 469 199 A1 (SNAM PROGETTI [IT]) 22 mai 1981 (1981-05-22) figure; exemple	1-11
A	US 2010/111784 A1 (MAK JOHN [US] ET AL) 6 mai 2010 (2010-05-06) figures 2-4	1-11
A	EP 1 142 628 A2 (BOC GROUP PLC [GB]) 10 octobre 2001 (2001-10-10) figure 2	1-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000024

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2168657	A1	31-03-2010	CA 2693065 A1	24-12-2008
			EP 2168657 A1	31-03-2010
			JP 2008307520 A	25-12-2008
			RU 2010101219 A	27-07-2011
			US 2010170396 A1	08-07-2010
			WO 2008156084 A1	24-12-2008
EP 2168659	A1	31-03-2010	AT 541635 T	15-02-2012
			EP 2168659 A1	31-03-2010
			ES 2379755 T3	03-05-2012
			FR 2936165 A1	26-03-2010
			JP 2010110749 A	20-05-2010
			US 2010104490 A1	29-04-2010
EP 1813343	A1	01-08-2007	AT 427780 T	15-04-2009
			BR PI0411329 A	25-07-2006
			CA 2528205 A1	23-12-2004
			CA 2642328 A1	23-12-2004
			CA 2643340 A1	23-12-2004
			CN 1835786 A	20-09-2006
			CN 101481092 A	15-07-2009
			CN 101481093 A	15-07-2009
			EA 200600014 A1	27-10-2006
			EA 200700562 A1	31-08-2007
			EA 200700563 A1	31-08-2007
			EP 1648589 A2	26-04-2006
			EP 1806171 A1	11-07-2007
			EP 1813343 A1	01-08-2007
			JP 4759514 B2	31-08-2011
			JP 2006527153 A	30-11-2006
			MX 266231 B	23-04-2009
			US 2004253159 A1	16-12-2004
			WO 2004110595 A2	23-12-2004
FR 2938454	A1	21-05-2010	AUCUN	
FR 1497042	A	06-10-1967	AT 281774 B	10-06-1970
			BE 688464 A	19-04-1967
			DE 1544106 A1	27-07-1972
			DK 142227 B	29-09-1980
			FI 48322 B	31-05-1974
			FR 1497042 A	06-10-1967
			GB 1169175 A	29-10-1969
			JP S4319844 B1	27-08-1968
			NL 6614616 A	20-04-1967
			SE 333723 B	29-03-1971
			YU 195466 A	31-10-1973
GB 867574	A	10-05-1961	AUCUN	
FR 2469199	A1	22-05-1981	AR 221174 A1	30-12-1980
			AT 379087 B	11-11-1985
			AU 536486 B2	10-05-1984
			AU 6164480 A	14-05-1981
			BE 885234 A1	16-03-1981
			BR 8005894 A	19-05-1981
			CA 1148332 A1	21-06-1983
			CH 642558 A5	30-04-1984

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/000024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
		CS 221980 B2	29-04-1983	
		DD 153060 A5	23-12-1981	
		DE 3032470 A1	21-05-1981	
		DK 383480 A	09-05-1981	
		EG 14582 A	30-06-1984	
		ES 8106839 A1	01-12-1981	
		FR 2469199 A1	22-05-1981	
		GB 2062597 A	28-05-1981	
		GR 71713 A1	21-06-1983	
		HU 186748 B	30-09-1985	
		IL 61051 A	30-12-1983	
		IN 153605 A1	28-07-1984	
		IT 1193510 B	08-07-1988	
		JP S5667525 A	06-06-1981	
		LU 82772 A1	17-04-1981	
		MW 3580 A1	09-12-1981	
		NL 8005224 A	01-06-1981	
		NO 802802 A	11-05-1981	
		PH 16283 A	26-08-1983	
		PL 226654 A1	05-06-1981	
		PT 71803 A	01-10-1980	
		RO 81870 A1	01-06-1983	
		SE 443093 B	17-02-1986	
		SE 8006602 A	09-05-1981	
		TR 20694 A	06-05-1982	
		US 4367258 A	04-01-1983	
		YU 212980 A	31-10-1983	
		ZA 8005113 A	26-08-1981	
		ZM 7580 A1	23-11-1981	
		ZW 19580 A1	25-03-1981	

US 2010111784	A1	06-05-2010	CA 2676782 A1	28-08-2008
			CN 101674875 A	17-03-2010
			EA 200970784 A1	26-02-2010
			EP 2117682 A1	18-11-2009
			ES 2393266 T3	19-12-2012
			JP 2010519387 A	03-06-2010
			US 2010111784 A1	06-05-2010
			WO 2008103467 A1	28-08-2008

EP 1142628	A2	10-10-2001	BR 0101310 A	06-11-2001
			CA 2342136 A1	05-10-2001
			CN 1325755 A	12-12-2001
			EP 1142628 A2	10-10-2001
			MX PA01003449 A	10-09-2004
			US 2002006371 A1	17-01-2002
