



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
21.08.2024 Bulletin 2024/34

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F25J 1/00^(2006.01) F25J 1/02^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24155741.2**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
**F25J 1/0027; F25J 1/004; F25J 1/0221;
F25J 3/0266; F25J 3/067; F25J 2200/02;
F25J 2200/70; F25J 2205/04; F25J 2210/02;
F25J 2210/04; F25J 2210/06; F25J 2210/62;
F25J 2215/04; F25J 2220/82; F25J 2230/30;**

(22) Date de dépôt: **05.02.2024**

(Cont.)

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE**
75007 Paris (FR)

(72) Inventeur: **MOREL, Thomas**
94503 Champigny sur Marne (FR)

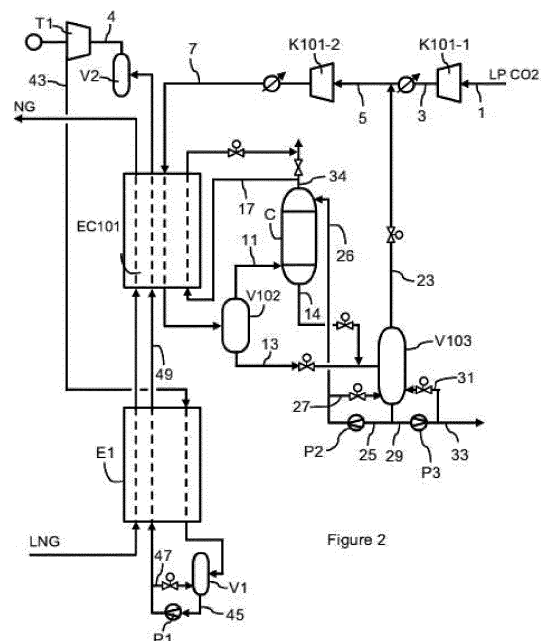
(30) Priorité: **17.02.2023 FR 2301521**

(74) Mandataire: **Air Liquide**
L'Air Liquide S.A.
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE LIQUÉFACTION D'UN GAZ RICHE EN DIOXYDE DE CARBONE**

(57) Un appareil de liquéfaction d'au moins un gaz riche en dioxyde de carbone comprend un premier échangeur de chaleur (E1), un deuxième échangeur de chaleur (EC101), un cycle de Rankine organique comprenant une turbine (T1) et une pompe (P1), des moyens pour envoyer un débit de gaz naturel liquéfié (LNG) au premier échangeur de chaleur où il se réchauffe formant un débit réchauffé, des moyens pour envoyer le débit réchauffé se réchauffer dans le deuxième échangeur de chaleur formant un débit de gaz naturel (NG), des moyens pour envoyer seulement le ou les flux de gaz riche en dioxyde de carbone (1) au deuxième échangeur de chaleur pour se liquéfier au moins partiellement par échange de chaleur indirect avec le débit réchauffé, le cycle de Rankine organique étant relié au premier échangeur de chaleur pour y fournir toute la chaleur.

[FIG.2]



(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
(Cont.)
F25J 2230/80; F25J 2235/80; F25J 2245/02;
F25J 2270/904

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de liquéfaction d'un gaz riche en dioxyde de carbone.

[0002] Un gaz riche en dioxyde de carbone contient au moins 90% mol de dioxyde de carbone, de préférence au moins 95% mol de dioxyde de carbone, voire au moins 99% mol de dioxyde de carbone.

[0003] Dans les terminaux de gaz naturel liquéfié (GNL), le GNL est stocké dans des conditions cryogéniques à basse pression. Afin de l'utiliser sous forme gazeuse et de le transporter sur de longues distances par gazoduc, le GNL doit être pompé et vaporisé. Sur la plupart des terminaux GNL installés dans le monde, cette vaporisation est assurée en utilisant d'une part de l'eau de mer comme moyen de chauffage ou des gaz de combustion produits par la combustion d'une partie du gaz naturel. Dans les deux cas, le froid est simplement perdu dans l'environnement, ce qui n'est pas efficace.

[0004] Aujourd'hui, l'utilisation des cycles organiques de Rankine est étudiée et des installations de démonstration commencent à être installées dans le monde entier. Ce procédé repose sur l'utilisation de composants purs ou mélangés comme moyen de chauffage.

[0005] Si le cycle de Rankine peut fonctionner avec de l'eau comme fluide de travail pour des applications telles que la récupération de chaleur d'origine géothermique, l'utilisation de fluides organiques s'évaporant à basse température permet d'exploiter des sources froides à faible température. On parle alors de cycle organique de Rankine ou cycle ORC (pour « Organic Rankine Cycle » en anglais). Les cycles ORC sont classiquement industrialisés en utilisant le GNL comme source froide et de l'eau de mer comme source chaude, mais ils présentent des rendements énergétiques relativement faibles, de l'ordre de 20 kWh par tonne de GNL vaporisée, c'est-à-dire 0,015 kWh/Nm³.

[0006] WO2021/019132 A1 décrit un procédé dans lequel un gaz est liquéfié à une température voisine de la température du LNG fournissant une partie des frigories pour la liquéfaction. Il n'est donc pas adapté à liquéfier un gaz riche en dioxyde de carbone qui serait solide à de telles températures.

[0007] Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de liquéfaction d'au moins un gaz, le seul gaz liquéfié ou tous les gaz liquéfiés étant riche en dioxyde de carbone dans lequel :

- i) Un débit de gaz naturel liquéfié ou de gaz naturel, ou de gaz naturel supercritique, le débit étant à au plus -100°C, est envoyé à un premier échangeur de chaleur où il se réchauffe formant un débit réchauffé
- ii) Le débit réchauffé se réchauffe dans un deuxième échangeur de chaleur formant un débit de gaz naturel à une température supérieure à 0°C
- iii) Le flux de gaz riche en dioxyde de carbone à une pression d'au moins 20 barg est envoyé au deuxième

échangeur de chaleur pour se liquéfier au moins partiellement par échange de chaleur indirect avec le débit réchauffé et un flux au moins partiellement liquéfié sort du deuxième échangeur de chaleur

iv) Un cycle de Rankine organique fournit de la chaleur au premier échangeur de chaleur en y envoyant un gaz détendu dans une turbine du cycle, le gaz détendu se liquéfie dans le premier échangeur de chaleur formant un liquide, le liquide est pressurisé par une pompe, le liquide pressurisé se réchauffe dans le premier échangeur et ensuite dans le deuxième échangeur avant d'être envoyé à la turbine.

[0008] Selon d'autres aspects facultatifs:

- le gaz naturel liquéfié se vaporise dans le premier échangeur de chaleur.
- le liquide pressurisé se vaporise au moins partiellement dans le premier échangeur de chaleur.
- le liquide pressurisé ou le liquide pressurisé au moins partiellement vaporise entre dans le deuxième échangeur à entre -10°C et -50°C.
- un deuxième débit riche en CO₂ à une pression d'au moins 40 bars g, se liquéfie dans le deuxième échangeur de chaleur formant un deuxième flux liquéfié.
- le flux partiellement liquéfié sortant du deuxième échangeur est séparé par condensation partielle et/ou par distillation pour former un produit liquide riche en CO₂ et un gaz contenant du CO₂ qui est renvoyé au flux de gaz riche en dioxyde de carbone à une pression moins de 20 bars g, étant comprimé avec le flux de gaz riche en dioxyde de carbone dans un compresseur.
- le flux partiellement liquéfié sortant du deuxième échangeur est séparé par condensation partielle et/ou par distillation pour former un produit liquide riche en CO₂ et un gaz contenant du CO₂, au moins une partie du gaz se réchauffant dans le deuxième échangeur de chaleur.
- on génère de l'électricité au moyen d'un générateur relié à la turbine.
- un liquide formé par condensation partielle et/ou distillation est détendu jusqu'à une première pression, éventuellement inférieure à la pression d'un stockage, envoyé à un séparateur de phases opérant à cette première pression et le liquide du séparateur est pressurisé jusqu'à une pression supérieure à la première pression.
- le premier échangeur a deux extrémités, le débit de gaz naturel liquéfié ou de gaz naturel, ou de gaz naturel supercritique étant envoyé à une extrémité du premier échangeur de chaleur le gaz détendu dans la turbine (T1) étant envoyé à l'autre extrémité du premier échangeur de chaleur.
- toute la chaleur pour réchauffer le débit de gaz naturel liquéfié (LNG) ou de gaz naturel, ou de gaz naturel supercritique dans le premier échangeur de chaleur (E1) provient du cycle de Rankine.

[0009] Le deuxième échangeur de chaleur a deux extrémités, le flux de gaz riche en dioxyde de carbone à une pression d'au moins 20 barg étant envoyé à une extrémité du deuxième échangeur de chaleur pour se liquéfier au moins partiellement par échange de chaleur indirect avec le débit réchauffé et le flux au moins partiellement liquéfié sortant de l'autre extrémité du deuxième échangeur de chaleur.

[0010] Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de liquéfaction d'un gaz riche en dioxyde de carbone comprenant un premier échangeur de chaleur, un deuxième échangeur de chaleur, un cycle de Rankine organique comprenant une turbine et une pompe, des moyens pour envoyer un débit de gaz naturel liquéfié ou de gaz naturel ou de gaz naturel supercritique, le débit étant à au plus -100°C, au premier échangeur de chaleur où il se réchauffe formant un débit réchauffé, des moyens pour envoyer le débit réchauffé se réchauffer dans le deuxième échangeur de chaleur formant un débit de gaz naturel à une température supérieure à 0°C, des moyens pour envoyer un flux de gaz riche en dioxyde de carbone à une pression d'au moins 20 barg au deuxième échangeur de chaleur pour se liquéfier au moins partiellement par échange de chaleur indirect avec le débit réchauffé, des moyens pour sortir un flux au moins partiellement liquéfié du deuxième échangeur de chaleur, le cycle de Rankine organique étant relié au premier échangeur de chaleur pour y fournir de la chaleur en y envoyant un gaz détendu dans la turbine du cycle, des moyens pour envoyer le gaz détendu liquéfié dans le premier échangeur de chaleur formant un liquide à la pompe, des moyens pour envoyer le liquide pressurisé de la pompe au premier échangeur de chaleur pour s'y réchauffer et s'y vaporiser, des moyens pour envoyer le liquide vaporisé dans le premier échangeur de chaleur au deuxième échangeur de chaleur et des moyens pour envoyer le liquide vaporisé réchauffé dans le deuxième échangeur de chaleur à la turbine. Selon d'autres aspects de l'invention :

- l'appareil comprend des moyens pour liquéfier un deuxième flux riche en dioxyde de carbone à une pression supérieure à 20 barg, voire au moins égale à 40 barg au moins partiellement dans le deuxième échangeur de chaleur.

[0011] Le premier et le deuxième échangeurs de chaleur peuvent constituer une seule ligne d'échange, de sorte que le gaz naturel liquéfié (ou pas) passe du premier au deuxième échangeur de chaleur sans sortir de la ligne d'échange. Dans ce cas, le premier et le deuxième échangeurs peuvent former partie d'un même empilement de plaques formant des passages entre eux.

[0012] Sinon le premier et le deuxième échangeurs peuvent séparés l'un de l'autre.

[0013] [FIG.1] illustre que dans ce procédé, le gaz naturel liquéfié LNG est introduit dans un échangeur de chaleur en aluminium brasé E1 à haute pression, typi-

quement entre 40 et 120 bar g, à l'état supercritique. Le gaz naturel liquéfié est à une température d'au plus -100°C et peut être remplacé par du gaz naturel ou du gaz naturel supercritique. Dans ces conditions, les densités diminuent lorsque la température augmente et le gaz naturel GN sort de l'échangeur E1 entre -10 et -50°C. Afin d'atteindre la température ambiante, le GN froid est introduit dans un échangeur E3 alimenté par de l'eau de mer qui permet de le réchauffer entre 0 et 15°C selon la température de l'eau de mer.

[0014] Du côté du fluide caloporteur, le fluide sous forme liquide est stocké dans la cuve V1, pompé par la pompe P1 et vaporisé partiellement ou totalement dans l'échangeur E1. A la sortie de l'échangeur E1, le fluide de cycle HM est encore froid (entre -10°C et -50°C) et éventuellement pas totalement vaporisé et doit être réchauffé à température ambiante par l'échangeur E2 alimenté en eau de mer avant d'être détendu dans une turbine T1. Plus la température est élevée à l'entrée de la turbine, meilleure est la récupération d'énergie. Un réservoir V2 protège la turbine des débordements de liquide en cas de dysfonctionnement. L'énergie récupérée par la turbine est convertie en électricité par le générateur. Cela permet une récupération de 35 kWh/t LNG mais une partie du froid est encore perdue dans l'eau de mer.

[0015] Comme les effets du réchauffement de la planète sont chaque jour plus perceptibles, on étudie la capture et la liquéfaction de CO2 dans les régions industrialisées, ce CO2 étant ensuite transporté par bateau vers des stockages souterrains très éloignés.

[0016] Chaque site industriel produit des gaz contenant du CO2 avec des compositions différentes. C'est pour cette raison que des procédés de purification de CO2 sont souvent éloignés des procédés de liquéfaction qui collectent le CO2 de plusieurs sources.

[0017] Il est connu de CN105545390 d'utiliser les frigories d'un débit de gaz naturel liquéfié pour liquéfier du CO2 et pour produire de l'électricité avec deux cycles organiques de Rankine. Or la présente invention utilise un seul cycle organique de Rankine, le fluide de cycle se réchauffant contre le gaz riche en CO2 qui se liquéfie au moins partiellement. L'avantage réside dans une plus grande facilité d'opération.

[0018] La présente invention propose d'utiliser les frigories de la vaporisation de gaz naturel liquéfié ou de réchauffement de gaz naturel pour fournir du froid pour un cycle organique de Rankine et ensuite pour liquéfier un débit riche en CO2.

[0019] L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant aux figures où:

[FIG.2] représente un procédé selon l'invention.

[FIG.3] représente un procédé selon l'invention.

[0020] Dans la [FIG.2], un débit de gaz naturel liquéfié LNG se réchauffe dans un échangeur de chaleur E1 et se vaporise dans un échangeur de chaleur EC101 pour

produire du gaz naturel NG au bout chaud de l'échangeur EC101. Le gaz naturel liquéfié est à une température d'au plus 100°C et peut être remplacé par du gaz naturel ou du gaz naturel supercritique.

[0021] Un débit gazeux 1 contenant au moins 90% mol de dioxyde de carbone, de préférence au moins 95% mol de dioxyde de carbone, voire au moins 99% mol de dioxyde de carbone est comprimé dans un premier étage K101-1 d'un compresseur centrifuge formant un gaz comprimé 3 et est ensuite refroidi formant un gaz refroidi 5. Le débit 1 contient au moins un autre composant plus léger que le dioxyde de carbone, par exemple l'azote, l'oxygène, l'argon, le monoxyde de carbone, l'hydrogène, le méthane. Le gaz 5 est comprimé jusqu'à au moins 20 bar g, par exemple 22 bars g dans un deuxième étage K101-2 du compresseur. Après refroidissement le gaz 7 comprimé dans le deuxième étage est envoyé au bout chaud de l'échangeur de chaleur EC101 où il se refroidit en parcourant tout l'échangeur et en se condensant partiellement. Le débit partiellement condensé est séparé dans un séparateur de phases V102 dont le gaz 11 alimente une colonne de lavage C en cuve. Le liquide 13 du séparateur de phases V102 est détendu dans une vanne et mélangé avec un liquide de cuve 35 de la colonne C. Les deux débits 13 et 14 sont détendus jusqu'à une pression d'environ 5500mbarg et envoyés à un séparateur de phases V103.

[0022] Le gaz 23 formé dans le séparateur V103 est enrichi en l'au moins un composant plus léger et est envoyé se mélanger avec le gaz comprimé et refroidi 5.

[0023] Le liquide du séparateur V103 est divisé en deux, une partie 29 étant pressurisée par une pompe P3. Le liquide pompé dans P3 est divisé en deux, une partie 31 étant renvoyée au séparateur V103 et le reste 33 servant de produit liquide à 7 barg. Le stockage (non-illustré) auquel le liquide 33 est destiné est à basse pression et souvent pas tout à côté de l'unité de liquéfaction de la Fig.2, On détend de 22 à 5.5 barg au niveau de l'unité de liquéfaction et on recycle le gaz formé dans le gaz d'entrée 1. En détendant le liquide 13, 14 à une pression basse, ceci permet d'y injecter un liquide sous-refroidi qui va compenser les entrées thermiques.

[0024] Ainsi le liquide 33 est pressurisé par la pompe P3 en aval du séparateur V103 pour arriver à la pression de stockage en passant par une canalisation, ce qui implique d'en vaincre les pertes de charge.

[0025] Le reste 25 du liquide est pressurisé par la pompe P2. Le liquide 25 pompé dans P2 est divisé en deux, une partie 27 étant renvoyée au séparateur V103 et le reste 26 servant de liquide de lavage de la colonne C.

[0026] Le gaz de tête 34 de la colonne C contient du dioxyde de carbone ainsi que au moins une impureté légère présente dans le gaz 1 telles que l'oxygène, l'azote, l'argon, le monoxyde de carbone... Ce gaz 34 est envoyé à l'atmosphère. Sinon au moins une partie 17 du gaz se réchauffe dans l'échangeur de chaleur EC101.

[0027] Un cycle de production de froid relie les deux échangeurs de chaleur EC101, E1. Un gaz 4 est détendu

dans une turbine T1 formant le débit détendu 43 qui se refroidit dans l'échangeur E1 contre le débit LNG. Le gaz détendu se condense partiellement dans l'échangeur E1 et arrive dans un séparateur de phases V1. Le liquide formé 45 est pressurisé par une pompe P1 et renvoyé en partie 47 au séparateur V1. Le reste du liquide pressurisé se vaporise dans l'échangeur E1 formant le débit 49 qui se réchauffe dans l'échangeur EC101 pour être envoyé à un séparateur V2 et ensuite comme débit 4 à la turbine T1, formant un cycle fermé.

[0028] On génère de l'électricité au moyen d'un générateur relié à la turbine T1.

[0029] Ce schéma permet de liquéfier 1,7 tonne de CO2 pour 1 tonne de gaz naturel liquéfié vaporisé.

[0030] Dans une variante plus simple, le ou les débits partiellement liquéfiés sont séparés par condensation partielle ou par distillation. La présence de la colonne C n'est pas essentielle.

[0031] [FIG.3] diffère de la figure précédente en ce qu'elle comprend un compresseur supplémentaire KB. Une partie 8 du débit riche en CO2 7 à 22 bars est surpressée dans le compresseur KB jusqu'à au moins 40 bars g, par exemple 45 bars g, se liquéfié dans l'échangeur EC101 et est détendue jusqu'à une pression d'environ 5500mbarg pour être envoyé au séparateur V103.

[0032] Ce schéma permet de liquéfier 2 tonnes de CO2 pour 1 tonne de gaz naturel liquéfié vaporisé. Si le procédé est un peu moins efficace que le précédent en termes de consommation d'énergie, ce schéma par contre minimise l'approche de températures dans l'échangeur EC101, ce qui permet l'usage d'un échangeur brasé en aluminium à plaques et à ailettes moins cher que la technologie nécessaire pour la [FIG. 1] qui nécessite l'usage d'un échangeur en acier inoxydable brasé ou un échangeur de chaleur à circuit imprimé ou un échangeur de chaleur lié par diffusion. Le flux 8 n'est pas nécessairement formé en surpressant une partie du débit 7 mais peut être un flux indépendant riche CO2 disponible à une pression plus élevée, de telle sorte que le compresseur KB n'est pas nécessaire.

Revendications

1. Procédé de liquéfaction d'au moins un gaz, le seul gaz liquéfié ou tous les gaz liquéfiés étant riche en dioxyde de carbone, dans lequel :

- i) Un débit de gaz naturel liquéfié (LNG) ou de gaz naturel, ou de gaz naturel supercritique, le débit étant à au plus -100°C, est envoyé à un premier échangeur de chaleur (E1) où il se réchauffe formant un débit réchauffé
- ii) Le débit réchauffé se réchauffe dans un deuxième échangeur de chaleur (EC101) formant un débit de gaz naturel (NG) à une température supérieure à 0°C
- iii) L'au moins un flux de gaz riche en dioxyde

- de carbone (1) à une pression d'au moins 20 barg est envoyé au deuxième échangeur de chaleur pour se liquéfier au moins partiellement par échange de chaleur indirect avec le débit réchauffé et un flux au moins partiellement liquéfié sort du deuxième échangeur de chaleur, aucune partie du flux de gaz riche en dioxyde de carbone n'étant envoyée au premier échangeur de chaleur
- iv) Un cycle de Rankine organique (4,43,45, 47, T1, P1) fournit de la chaleur au premier échangeur de chaleur en y envoyant un gaz détendu (43) dans une turbine du cycle (T1), le gaz détendu se liquéfie dans le premier échangeur de chaleur formant un liquide (45), le liquide est pressurisé par une pompe (P1), le liquide pressurisé se réchauffe dans le premier échangeur et ensuite dans le deuxième échangeur avant d'être envoyé à la turbine.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel le gaz naturel liquéfié (LNG) se vaporise dans le premier échangeur de chaleur (E1).
 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel le liquide pressurisé se vaporise au moins partiellement dans le premier échangeur de chaleur (E1).
 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le liquide pressurisé ou le liquide pressurisé au moins partiellement vaporisé (49) entre dans le deuxième échangeur (EC101) à entre -10°C et -50°C.
 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel un deuxième débit riche en CO₂ (8) à une pression d'au moins 40 bars g, se liquéfie dans le deuxième échangeur de chaleur (EC101) formant un deuxième flux liquéfié aucune partie du deuxième débit riche en CO₂ n'étant envoyée au premier échangeur de chaleur
 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le flux partiellement liquéfié (13) sortant du deuxième échangeur est séparé par condensation partielle et/ou par distillation (C) pour former un produit liquide riche en CO₂ (33) et un gaz contenant du CO₂ (23) qui est renvoyé au flux de gaz riche en dioxyde de carbone à une pression moins de 20 bars g, étant comprimé avec le flux de gaz riche en dioxyde de carbone dans un compresseur (K101-2).
 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le flux partiellement liquéfié sortant du deuxième échangeur (EC101) est séparé par condensation partielle et/ou par distillation (C) pour former un produit liquide riche en CO₂ (14) et un gaz contenant du CO₂ (34), au moins une partie (17) du gaz se réchauffant dans le deuxième échangeur de chaleur.
 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel on génère de l'électricité au moyen d'un générateur relié à la turbine (T1).
 9. Procédé selon une des revendications précédentes dans lequel le premier échangeur a deux extrémités, le débit de gaz naturel liquéfié (LNG) ou de gaz naturel, ou de gaz naturel supercritique étant envoyé à une extrémité du premier échangeur de chaleur (E1) le gaz détendu dans la turbine (T1) étant envoyé à l'autre extrémité du premier échangeur de chaleur.
 10. Procédé selon une des revendications précédentes dans lequel toute la chaleur pour réchauffer le débit de gaz naturel liquéfié (LNG) ou de gaz naturel, ou de gaz naturel supercritique dans le premier échangeur de chaleur (E1) provient du cycle de Rankine.
 11. Appareil de liquéfaction d'au moins un gaz riche en dioxyde de carbone, le seul gaz liquéfié ou tous les gaz liquéfiés étant riche en dioxyde de carbone, comprenant un premier échangeur de chaleur (E1), un deuxième échangeur de chaleur (EC101), un cycle de Rankine organique comprenant une turbine (T1) et une pompe (P1), des moyens pour envoyer un débit de gaz naturel liquéfié (LNG) ou de gaz naturel ou de gaz naturel supercritique, le débit étant à au plus -100°C, au premier échangeur de chaleur où il se réchauffe formant un débit réchauffé, des moyens pour envoyer le débit réchauffé se réchauffer dans le deuxième échangeur de chaleur formant un débit de gaz naturel (NG) à une température supérieure à 0°C, des moyens pour envoyer un flux de gaz riche en dioxyde de carbone (1) à une pression d'au moins 20 barg au deuxième échangeur de chaleur pour se liquéfier au moins partiellement par échange de chaleur indirect avec le débit réchauffé, des moyens pour sortir un flux au moins partiellement liquéfié du deuxième échangeur de chaleur, ces moyens n'étant pas reliés au premier échangeur de chaleur, le cycle de Rankine organique étant relié au premier échangeur de chaleur pour y fournir toute la chaleur en y envoyant un gaz (43) détendu dans la turbine du cycle, des moyens pour envoyer le gaz détendu liquéfié (45) dans le premier échangeur de chaleur formant un liquide à la pompe, des moyens pour envoyer le liquide pressurisé de la pompe au premier échangeur de chaleur pour s'y réchauffer et s'y vaporiser, des moyens pour envoyer le liquide vaporisé dans le premier échangeur de chaleur au deuxième échangeur de chaleur et des moyens pour envoyer le liquide vaporisé (4, 49) réchauffé dans le deuxième échangeur de chaleur à la turbine.
 12. Appareil selon la revendication 9 comprenant des

moyens pour liquéfier un deuxième flux (8) riche en dioxyde de carbone à une pression supérieure à 20 barg, voire au moins égale à 40 barg au moins partiellement dans le deuxième échangeur de chaleur (EC101) et pour le sortir du deuxième échangeur de chaleur, ces moyens n'étant pas reliés au premier échangeur de chaleur (E1). 5

13. Appareil selon la revendication 9 ou 10 dans lequel le premier et le deuxième échangeur de chaleur (E1, EC101) constituent une seule ligne d'échange. 10

15

20

25

30

35

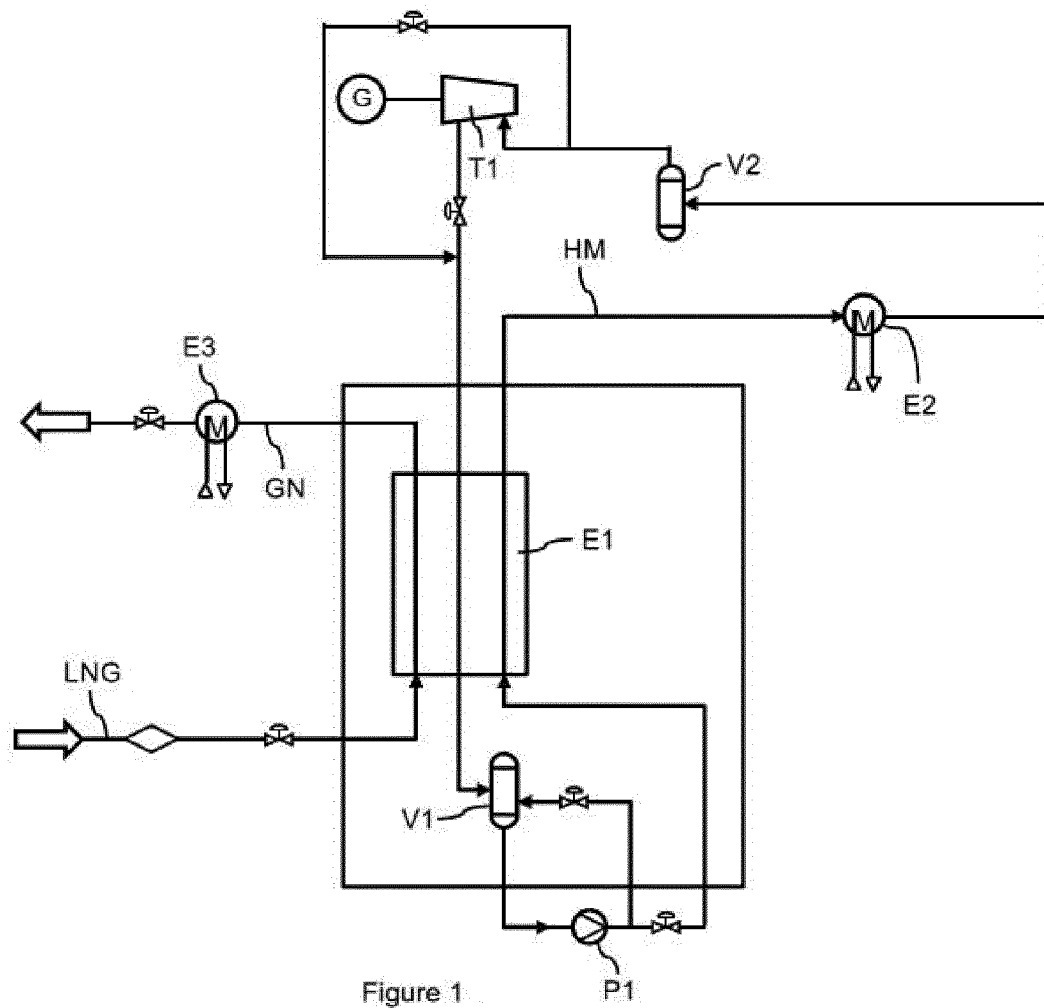
40

45

50

55

[FIG.1]



[FIG.2]

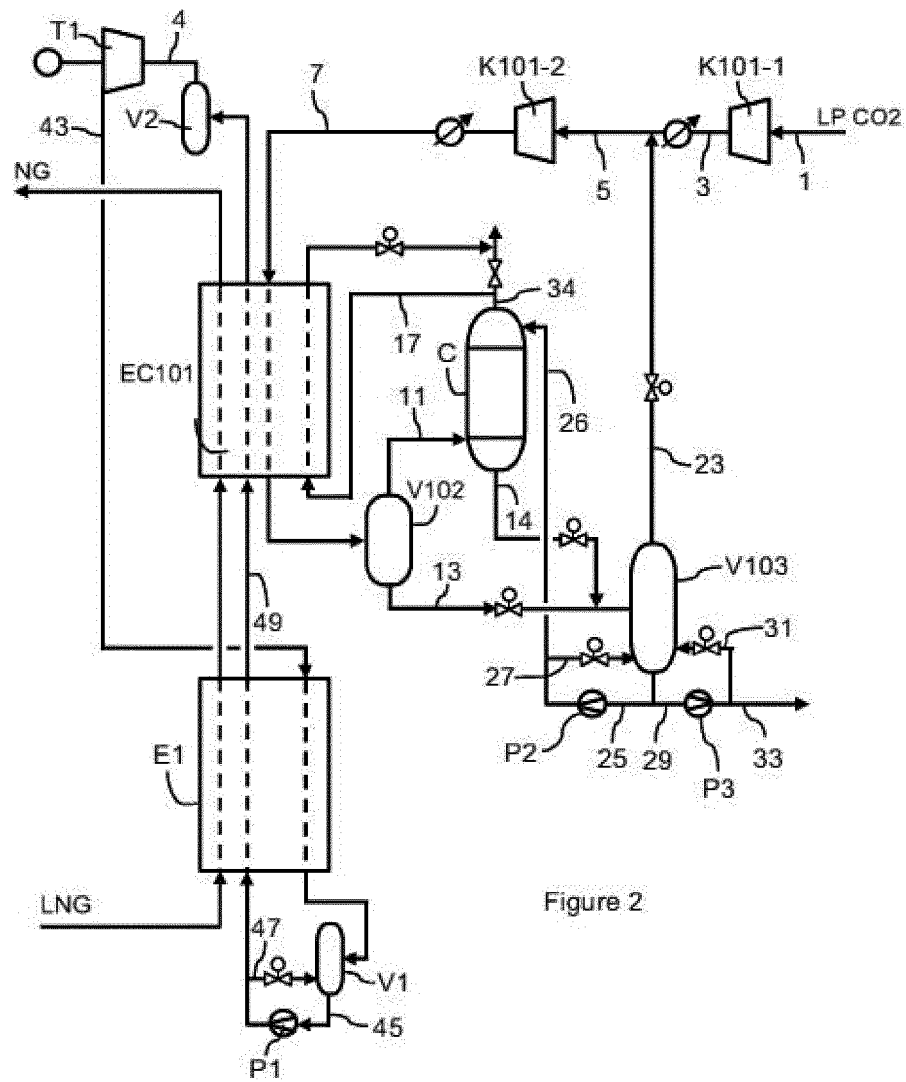


Figure 2

[FIG.3]

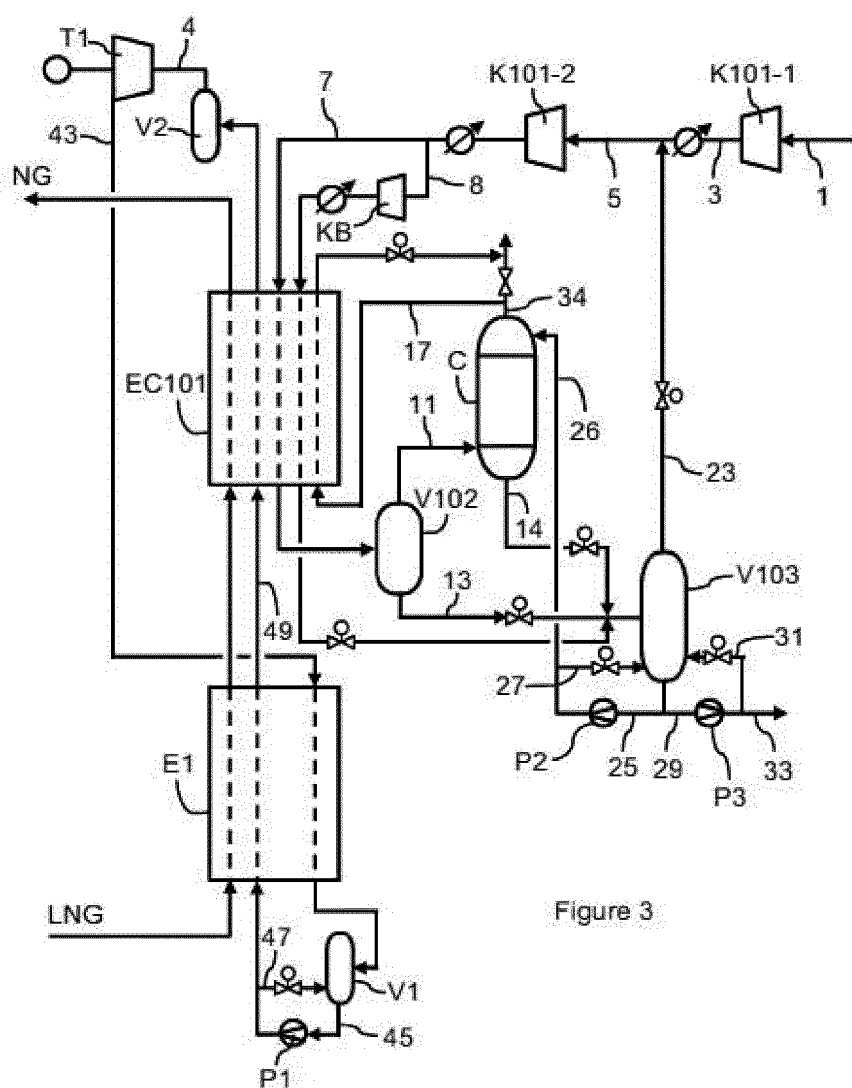


Figure 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 15 5741

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	CN 106 016 968 A (WANG JIAWEN) 12 octobre 2016 (2016-10-12) * alinéa [0053]; figure 3 *	1-13	INV. F25J1/00 F25J1/02
Y	ASPELUND A ET AL: "A liquefied energy chain for transport and utilization of natural gas for power production with CO ² capture and storage - Part 1", APPLIED ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, GB, vol. 86, no. 6, 1 juin 2009 (2009-06-01), pages 781-792, XP025962954, ISSN: 0306-2619, DOI: 10.1016/J.APENERGY.2008.10.010 [extrait le 2008-11-25] * figure 8 *	1-13	
Y	WO 2021/019143 A1 (AIR LIQUIDE) 4 février 2021 (2021-02-04) * page 14, lignes 29-35; figure 4 * * page 16, lignes 9-27 * * page 18, lignes 12-16 * * page 19, lignes 10-28 * * page 21, lignes 3-7,22-27 * * page 24, lignes 10-14,20 *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F25J
A	ASPELUND ET AL: "Gas conditioning-The interface between CO ² capture and transport", 20070616, vol. 1, no. 3, 16 juin 2007 (2007-06-16), pages 343-354, XP022119495, * page 345, alinéa 3.2 * * page 345, alinéa 5 *	1,11	
A	EP 2 278 210 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]) 26 janvier 2011 (2011-01-26) * alinéas [0053] - [0055]; figures 2,3 *	1,11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 juin 2024	Examineur Göritz, Dirk
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 15 5741

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2010/107634 A1 (XU JIANGUO [US] ET AL) 6 mai 2010 (2010-05-06) * alinéa [0018]; figure 1 * -----	1,11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 juin 2024	Examineur Göritz, Dirk
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 15 5741

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-06-2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 106016968 A	12-10-2016	AUCUN	
WO 2021019143 A1	04-02-2021	EP 4004467 A1 FR 3099234 A1 JP 2022542137 A KR 20220047785 A WO 2021019143 A1	01-06-2022 29-01-2021 29-09-2022 19-04-2022 04-02-2021
EP 2278210 A1	26-01-2011	AUCUN	
US 2010107634 A1	06-05-2010	CA 2741513 A1 CN 102209867 A KR 20110077025 A TW 201018786 A US 2010107634 A1 WO 2010052546 A1	14-05-2010 05-10-2011 06-07-2011 16-05-2010 06-05-2010 14-05-2010

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2021019132 A1 [0006]
- CN 105545390 [0017]