

12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 10.11.15.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 12.05.17 Bulletin 17/19.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71) Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

72) Inventeur(s) : CHAMBRON NICOLAS.

73) Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

74) Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

54) METHODE POUR OPTIMISER LA LIQUEFACTION DE GAZ NATUREL.

57) Procédé de liquéfaction d'un courant d'hydrocarbures à partir d'un courant d'alimentation comprenant au moins les étapes suivantes :

Etape a) : passage du gaz d'alimentation contre un courant réfrigérant mixte à travers un échangeur de chaleur pour fournir un flux d'hydrocarbures au moins partiellement liquéfié ayant une température inférieure à - 140°C ;

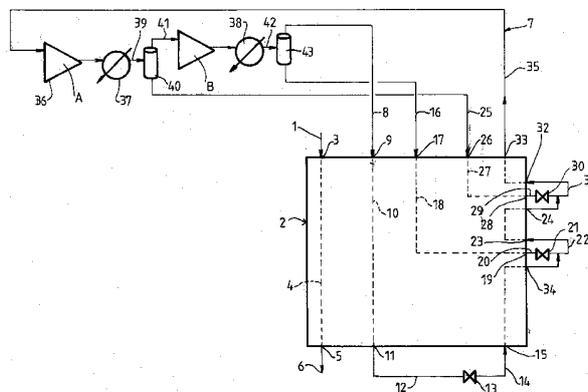
Etape b) : extraction d'un courant réfrigérant mixte de l'échangeur de chaleur à partir d'une sortie où la température dans l'échangeur de chaleur est la plus élevée ;

Etape c) : introduction du réfrigérant mixte issu de l'étape b) dans un moyen séparateur de phases afin de produire un courant réfrigérant gazeux et un premier courant réfrigérant liquide ;

Etape d) : passage du premier courant réfrigérant liquide issu de l'étape c) dans l'échangeur de chaleur à partir d'une première entrée et jusqu'à une sortie dite intermédiaire au-delà de laquelle le courant réfrigérant ainsi obtenu est détendu, la température T1 à ladite sortie étant telle que ladite détente produit une fraction gaz inférieure à 20% ;

Etape e) : passage du courant réfrigérant gazeux issu de l'étape c) dans l'échangeur de chaleur à partir d'une entrée et jusqu'à une sortie à une température T3 dont le niveau est le plus bas des niveaux de température dudit échangeur de

chaleur.



La présente invention concerne un procédé de liquéfaction d'un courant d'hydrocarbures tel que le gaz naturel en particulier dans un procédé pour la production de gaz naturel liquéfié. Sur des usines de liquéfaction de gaz naturel typiques utilisant un cycle de réfrigérant mixte, des courants réfrigérants sont
5 utilisés pour produire le froid à différents niveaux d'un échangeur de chaleur principal en se vaporisant contre le courant d'hydrocarbures à liquéfier (typiquement le gaz naturel).

Il est souhaitable de liquéfier le gaz naturel pour un certain nombre de raisons. A titre d'exemple, le gaz naturel peut être stocké et transporté sur de
10 longues distances plus facilement à l'état liquide que sous forme gazeuse, car il occupe un volume plus petit pour une masse donnée et n'a pas besoin d'être stocké à une pression élevée.

Plusieurs méthodes de liquéfaction d'un courant de gaz naturel pour obtenir du gaz naturel liquéfié (GNL) sont connues. Typiquement le réfrigérant mixte est
15 comprimé au moyen d'un compresseur et séparé en un courant gazeux et au moins un courant liquide, puis les deux courants sont combinés pour former un courant diphasique. Ce courant diphasique est introduit dans l'échangeur de chaleur principal où il est totalement liquéfié et sous-refroidi jusqu'à la température la plus froide du procédé, typiquement celle du courant de gaz naturel liquéfié. A
20 la sortie la plus froide de l'échangeur de chaleur principal, le réfrigérant est détendu et réintroduit dans l'échangeur principal afin d'être vaporisé contre la fraction riche en hydrocarbures qui se liquéfie.

Cette solution n'est pas optimisée à cause de la composition diphasique du courant réfrigérant une fois que les deux phases sont recombinaées et introduites
25 dans cet état dans l'échangeur. En effet le courant réfrigérant liquide contient les composés les plus lourds. Ces derniers vont donc se vaporiser à une température plus élevée que des composés plus légers tels que l'azote ou le méthane par exemple. Il est donc utilisé pour produire le froid à une température intermédiaire (typiquement de l'ordre de -30°C- -50°C, pour le pré-refroidissant et la liquéfaction
30 partielle du mélange d'hydrocarbures à liquéfier). Alors que le courant réfrigérant gazeux contient les composés les plus légers. Il est utilisé pour produire le froid à une température plus froide (typiquement inférieure à -100°C), pour la liquéfaction et le sous-refroidissement total du mélange d'hydrocarbures à liquéfier.

Donc, il n'est pas nécessaire que le réfrigérant liquide soit autant sous-refroidi que le réfrigérant gazeux avant d'être détendu et vaporisé en face du courant d'hydrocarbures à liquéfier. Or c'est ce que propose le procédé typique de l'état de la technique tel que décrit dans le paragraphe précédent.

5

Par ailleurs, dans la demande de brevet US2009/0260392 A1, est décrite la liquéfaction d'une fraction riche en hydrocarbures contre un réfrigérant mixte, ce courant réfrigérant étant séparé dans un séparateur de phases en une phase gazeuse et une phase liquide à la suite d'une étape de compression et de refroidissement dudit réfrigérant mixte. Ensuite, les deux phases du réfrigérant
10 sont refroidies séparément puis recombinaées seulement après que les deux phases aient été détendues. Une fois recombinaées ces deux phases sont de nouveau introduites dans l'échangeur sous forme d'un courant diphasique et réchauffées contre le gaz naturel qui se liquéfie. Ce « réchauffage » arrive, tant
15 pour la phase liquide du réfrigérant que pour la phase gazeuse, une fois que ces courants du réfrigérant sont détendus.

Les inventeurs de la présente invention ont alors mis au point une solution permettant de résoudre le problème soulevé ci-dessus tout en optimisant les dépenses énergétiques.

20 La solution proposée est de séparément présenter le courant réfrigérant liquide et le courant réfrigérant gazeux dans l'échangeur de chaleur principal. Le liquide est alors refroidi à un niveau intermédiaire de température, tandis que le gaz est liquéfié et refroidi jusqu'à la sortie la plus froide de l'échangeur thermique principal. Le réfrigérant gazeux liquéfié est alors détendu et réintroduit dans
25 l'échangeur thermique principal. Il est mélangé avec le réfrigérant liquide refroidi et au préalable également détendu, une fois qu'il a atteint le niveau correct de température.

La présente invention a pour objet un procédé de liquéfaction d'un courant d'hydrocarbures tel que le gaz naturel à partir d'un courant d'alimentation
30 comprenant au moins les étapes suivantes :

Etape a) : passage du gaz d'alimentation contre un courant réfrigérant mixte à travers un échangeur de chaleur pour fournir un flux d'hydrocarbures au moins partiellement liquéfié ayant une température inférieure à -140°C ;

5 Etape b) : extraction d'un courant réfrigérant mixte de l'échangeur de chaleur à partir d'une sortie où la température dans l'échangeur de chaleur est la plus élevée;

Etape c) : introduction du réfrigérant mixte issu de l'étape b) dans un moyen séparateur de phases afin de produire un courant réfrigérant gazeux et un premier courant réfrigérant liquide;

10 Etape d) : passage du premier courant réfrigérant liquide issu de l'étape c) dans l'échangeur de chaleur à partir d'une première entrée et jusqu'à une sortie dite intermédiaire au-delà de laquelle le courant réfrigérant ainsi obtenu est détendu, la température T_1 à ladite sortie étant telle que ladite détente produit une fraction gaz inférieure à 20%, préférentiellement inférieure à 10%;

15 Etape e) : parallèlement à l'étape d), compression du courant réfrigérant gazeux issu de l'étape c) puis refroidissement avant introduction du courant réfrigérant ainsi obtenu dans un moyen séparateur de phases afin de produire un courant réfrigérant gazeux et un deuxième courant réfrigérant liquide;

20 Etape f) : passage du deuxième courant réfrigérant liquide issu de l'étape e) dans l'échangeur de chaleur à partir d'une deuxième entrée et jusqu'à une sortie au-delà de laquelle le courant réfrigérant ainsi obtenu est détendu, la température T_2 à ladite sortie étant supérieure à T_1 et telle que ladite détente produit une fraction gaz inférieure à 20%, préférentiellement inférieure à 10%;

25 Etape g) : passage du courant réfrigérant gazeux issu de l'étape e) dans l'échangeur de chaleur à partir d'une troisième entrée et jusqu'à une sortie à une température T_3 dont le niveau est le plus bas des niveaux de température dudit échangeur de chaleur afin de produire un courant liquéfié, puis détente du courant ainsi obtenu ;

Etape h) : passage du courant issu de l'étape g) dans l'échangeur de chaleur depuis une entrée à la température T3 jusqu'à une sortie à une température sensiblement égale à la température T2;

5 Etape i) : mélange du courant réfrigérant issu de l'étape h) avec le courant réfrigérant issu de l'étape f), puis passage du mélange ainsi obtenu dans l'échangeur de chaleur depuis une entrée ayant une température sensiblement égale à T2 jusqu'à une sortie ayant une température sensiblement égale à T1 ;

10 Etape j) : mélange du courant réfrigérant issu de l'étape i) avec le courant réfrigérant issu de l'étape d) puis passage du mélange ainsi obtenu dans l'échangeur de chaleur jusqu'à la sortie.

Plus particulièrement, un objet de la présente invention concerne :

- Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce que le courant réfrigérant mixte circule dans circuit de réfrigération en cycle fermé.
- 15 - Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable à l'étape c) de compression du réfrigérant mixte issu de l'étape b) suivie d'un refroidissement.
- 20 - Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce que T1 est comprise entre -30°C et -50°C.
- Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce que T2 est comprise entre -80°C et -110°C.
- 25 - Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce que T3 est comprise entre -140°C et -170°C.
- Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce que le courant réfrigérant mixte contient des constituants parmi l'azote, du méthane, de l'éthylène, de l'éthane, du butane et du pentane.

- Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce que le courant réfrigérant gazeux issu de l'étape e) contient de l'azote et du méthane.

5 - Un procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce qu'aucune pompe n'est mise en œuvre.

Le procédé objet de la présente invention permet d'optimiser l'utilisation des courants réfrigérants liquides et gazeux dans le cycle de liquéfaction étant donné que le liquide, qui contient les composants les plus lourds, ne doit pas être autant sous-refroidi que le réfrigérant gazeux.

10 Par ailleurs, aucune pompe n'est mise en œuvre dans le procédé objet de l'invention car le liquide intermédiaire (ci-dessus appelé premier courant réfrigérant liquide issu de l'étape c)) n'est pas pompé afin d'être mélangé au liquide à haute pression (ci-dessus appelé deuxième courant réfrigérant liquide issu de l'étape e).

15 Cela est notamment avantageux en termes de dépenses d'investissement.

Bien que le procédé selon la présente invention soit applicable à divers courants d'alimentation d'hydrocarbures, il est particulièrement adapté pour des courants de gaz naturel à liquéfier. En outre l'homme de l'art comprendra aisément que, après liquéfaction, le gaz naturel liquéfié peut être davantage traité, si désiré. A titre
20 d'exemple, le gaz naturel liquéfié obtenu peut être dépressurisé au moyen d'une vanne de Joule-Thomson ou par l'intermédiaire d'une turbine. En outre, d'autres étapes de traitement intermédiaires entre la séparation gaz / liquide et le refroidissement peuvent être réalisées. Le courant d'hydrocarbures à liquéfier est généralement un flux de gaz naturel obtenu à partir de gaz naturel ou des
25 réservoirs de pétrole. Comme alternative, le flux de gaz naturel peut également être obtenu d'une autre source, comprenant également une source synthétique tel qu'un procédé de Fischer-Tropsch. Habituellement, le flux de gaz naturel est composé essentiellement de méthane. De préférence, le courant d'alimentation comprend au moins 60% mol de méthane, de préférence au moins 80% mol de
30 méthane. En fonction de la source, le gaz naturel peut contenir des quantités d'hydrocarbures plus lourds que le méthane, tels que l'éthane, le propane, le butane et le pentane ainsi que certains hydrocarbures aromatiques. Le flux de gaz

naturel peut également contenir des produits non-hydrocarbures tels que H₂O, N₂, CO₂, H₂S et d'autres composés soufrés, et autres.

5 Le flux d'alimentation contenant le gaz naturel peut être prétraité avant d'être introduit dans l'échangeur de chaleur. Ce prétraitement peut comprendre la réduction et/ou l'élimination des composants indésirables tels que le CO₂ et le H₂S, ou d'autres étapes telles que le pré-refroidissement et/ou la mise sous pression. Etant donné que ces mesures sont bien connues de l'homme de l'art, elles ne sont pas davantage détaillées ici.

10 L'expression "gaz naturel" telle qu'utilisée dans la présente demande se rapporte à toute composition contenant des hydrocarbures dont au moins du méthane. Cela comprend une composition « brute » (préalablement à tout traitement tel que nettoyage ou lavage), ainsi que toute composition ayant été partiellement, substantiellement ou entièrement traitée pour la réduction et / ou élimination d'un ou plusieurs composés, y compris, mais sans s'y limiter, le soufre, le dioxyde de
15 carbone, l'eau, et les hydrocarbures ayant deux atomes de carbone ou plus. Le séparateur peut être toute unité, colonne ou arrangement adapté pour séparer le réfrigérant mixte en un courant de réfrigérant vapeur et un flux de réfrigérant liquide. De tels séparateurs sont connus dans l'état de la technique et ne sont pas détaillés ici.

20 L'échangeur de chaleur peut être toute colonne, une unité ou autre agencement adapté pour permettre le passage d'un certain nombre de flux, et ainsi permettre un échange de chaleur direct ou indirect entre une ou plusieurs lignes de fluide réfrigérant, et un ou plusieurs flux d'alimentation.

25 L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant à la figure qui illustre le schéma d'un mode de réalisation particulier d'une mise en œuvre d'un procédé selon l'invention.

30 Sur la figure, un flux 1 de gaz naturel éventuellement préalablement prétraité (ayant typiquement subi une séparation d'une partie d'au moins un des constituants suivants : de l'eau, du CO₂, du méthanol, des composés soufrés) est introduit dans un échangeur de chaleur 2 afin d'être liquéfié.

La figure montre donc un procédé de liquéfaction d'un flux d'alimentation 1. Le courant d'alimentation 1 peut être un courant de gaz naturel prétraité, dans lequel une ou plusieurs substances, telles que du soufre, dioxyde de carbone, de l'eau, sont réduites, de manière à être compatible avec des températures cryogéniques, comme cela est connu dans l'état de la technique.

Facultativement, le courant d'alimentation 1 peut avoir subi une ou plusieurs étapes de pré-refroidissement comme cela est connu dans l'état de la technique. Une ou plusieurs de(s)étape (s) de pré-refroidissement peuvent comporter un ou plusieurs circuits de réfrigération. A titre d'exemple, un courant d'alimentation de gaz naturel est généralement traité à partir d'une température initiale de 30-50°C. Suite à une ou plusieurs étapes de pré-refroidissement, la température du flux d'alimentation de gaz naturel peut être réduite à -30 à -70°C.

Sur la figure, l'échangeur de chaleur 2 est de préférence un échangeur de chaleur cryogénique à bobine enroulée. Les échangeurs de chaleur cryogéniques sont connus dans l'état de la technique, et peuvent avoir divers arrangements de leur(s) flux d'alimentation et des courants de réfrigérant. En outre, de tels échangeurs de chaleur peuvent également avoir une ou plusieurs lignes pour permettre le passage d'autres flux, tels que des courants de réfrigérant pour d'autres étapes d'un procédé de refroidissement, par exemple dans des procédés de liquéfaction. Ces autres lignes ou flux ne sont pas représentés sur la figure pour plus de simplicité.

Le courant d'alimentation 1 entre dans l'échangeur de chaleur 2 via une entrée d'alimentation 3 et passe à travers l'échangeur de chaleur via la ligne 4, puis est extrait de l'échangeur à la sortie 5 pour fournir un flux d'hydrocarbures au moins partiellement liquéfié 6. Ce courant liquéfié 6 est de préférence entièrement liquéfié et même sous-refroidi, et peut être en outre traité comme discuté ci-après. Lorsque le courant liquéfié 6 est du gaz naturel liquéfié, la température peut être d'environ -150°C à -160°C. La liquéfaction du courant d'alimentation 1 est effectuée grâce à un circuit de fluide réfrigérant 7. Dans le circuit de réfrigérant 7 circule un réfrigérant mixte, de préférence étant choisi dans le groupe comprenant l'azote, le méthane, l'éthane, l'éthylène, le propane, le propylène, le butane, le pentane, etc. La composition du réfrigérant mixte peut varier selon les conditions

et les paramètres souhaités pour l'échangeur de chaleur 2, comme cela est connu dans l'état de la technique.

Dans l'agencement du fonctionnement de l'échangeur de chaleur 2 représenté sur la figure, un courant réfrigérant gazeux 8 est introduit dans l'échangeur 2 à une entrée 9, puis il passe à travers cette entrée et se liquéfie et se sous-refroidit le long de la ligne 10 à travers l'échangeur de chaleur 2, jusqu'à la sortie 11. La température T3 de la sortie 11 est la plus basse des températures de l'échangeur de chaleur 2. T3 est typiquement comprise entre -140°C et -170°C, par exemple -160°C. Dans son passage à travers la ligne 10, le courant de réfrigérant gazeux 8 est liquéfié tel que le flux de réfrigérant en aval de la sortie 11 est un courant liquide 12. Le courant réfrigérant 12 est alors détendu par exemple à l'aide d'une vanne 13, de manière à fournir un premier courant de réfrigérant à pression réduite 14. Ce flux 14 est ensuite introduit dans l'échangeur de chaleur 2 par l'entrée 15.

Un courant liquide 16 du réfrigérant est introduit dans l'échangeur de chaleur 2 via l'entrée 17, puis passe à travers l'échangeur 2 le long de la ligne 18. Le courant liquide de réfrigérant 16 est évacué de l'échangeur à la sortie 19, à un niveau intermédiaire entre le haut et le bas dudit échangeur, ayant une température T2 supérieure à T3. Par exemple T2 est comprise entre -90°C et -110°C. Le courant de réfrigérant 20 en aval de la sortie 19 est détendu dans un détendeur 21, par exemple une vanne, pour réduire sa pression et former un second flux de réfrigérant à pression réduite 22. Le flux 22 passe ensuite, par l'entrée 23, de nouveau dans l'échangeur de chaleur 2 et va jusqu'à la sortie 24 de l'échangeur de chaleur.

Un autre courant liquide 25 du réfrigérant est introduit dans l'échangeur de chaleur 2 via l'entrée 26, puis passe à travers l'échangeur 2 le long de la ligne 27. Le courant liquide de réfrigérant 25 est évacué de l'échangeur à la sortie 28, à un niveau intermédiaire entre le haut et le bas dudit échangeur, ayant une température T1 supérieure à T2. Par exemple T1 est comprise entre -30°C et -50°C. Le courant de réfrigérant 29 en aval de la sortie 28 est détendu dans un détendeur 30, par exemple une vanne, pour réduire sa pression et former un troisième flux de réfrigérant à pression réduite 31. De préférence, les pressions du

premier, du deuxième et du troisième réfrigérant à pression réduite 14, 22 et 31 sont sensiblement les mêmes; par exemple environ 3 bara.

Une fois entré dans l'échangeur de chaleur 2, le courant 14 de réfrigérant se vaporise, au moins partiellement, jusqu'à la sortie 34, puis en aval de cette sortie 5 34 va rejoindre le flux 22 issu de la détente du courant liquide 16 refroidi du réfrigérant, les deux courants sont alors mélangés dans le courant 22. De la même manière, ce courant réfrigérant 22 est mélangé avec le courant réfrigérant 31 en aval de la sortie 24.

Le flux 31 passe ensuite, par l'entrée 32, de nouveau dans l'échangeur de chaleur 10 2 et se vaporise totalement jusqu'à la sortie 33 de l'échangeur de chaleur. Un courant réfrigérant 35 gazeux circule dans le circuit 7 de réfrigération en aval de la sortie 33 de l'échangeur de chaleur à température ambiante (c'est à dire la température mesurée dans l'espace où est placé le dispositif de mise en œuvre du procédé objet de la présente invention. Cette température est par exemple 15 comprise entre -20°C et 45°C). Le courant réfrigérant est comprimé à l'aide d'un compresseur 36. Le procédé de compression est connu de l'état de la technique et le compresseur 36 est par exemple un compresseur à au moins deux sections adiabatiques A et B comprenant donc au moins deux refroidisseurs 37 et 38. Une fois comprimé dans la première section A du compresseur 36, le courant 35 20 réfrigérant est refroidi à l'aide d'un refroidisseur 37 et est alors partiellement condensé et forme un courant réfrigérant diphasique 39. Par exemple la pression à la sortie de la section A du compresseur 36 est de l'ordre de 18 bara et la température de l'ordre de 130°C . Typiquement la température en sortie du refroidisseur 37 est de l'ordre de 25°C .

25 Le courant réfrigérant 39 est envoyé vers un séparateur de phases 40 séparant ledit courant réfrigérant diphasique en un courant gazeux 41 et un premier courant liquide 25. Ledit premier courant réfrigérant liquide 25 est constitué des éléments les plus lourds du courant réfrigérant du circuit de réfrigération 7, c'est-à-dire en particulier les composants ayant plus de quatre atomes de carbone. Le courant 30 réfrigérant liquide 25 suit ensuite le chemin décrit plus haut à partir de l'entrée 26 de l'échangeur de chaleur 2.

Le courant réfrigérant gazeux 41 est comprimé dans la section B du compresseur. Typiquement, la pression en sortie de cette section B est de l'ordre de 50 bara. Après cette compression, le courant réfrigérant est partiellement condensé à l'aide du refroidisseur 38 et forme un courant réfrigérant diphasique 42. Typiquement la

5 température est au niveau de la température ambiante. Le courant réfrigérant 42 est envoyé vers un séparateur de phases 43 séparant ledit courant réfrigérant en un courant gazeux 8 et un deuxième courant liquide 16. Ledit deuxième courant réfrigérant liquide 16 est constitué des éléments moins lourds que ceux contenus dans le liquide 25 mais plus lourds que ceux contenus dans le courant gazeux 8.

10 Ce courant réfrigérant liquide 16 suit ensuite le chemin décrit plus haut à partir de l'entrée 17 de l'échangeur de chaleur 2. Le courant réfrigérant gazeux 8 suit ensuite le chemin décrit plus haut à partir de l'entrée 9 de l'échangeur de chaleur 2. Ce courant réfrigérant gazeux 8 contient les éléments les plus légers du courant réfrigérant du circuit de réfrigération 7, c'est-à-dire, typiquement l'azote et le

15 méthane.

Par température sensiblement égale à une autre température, on entend température égale à plus ou moins 5°C.

Le gaz naturel liquéfié 6 à l'issue du procédé objet de la présente invention peut ensuite, par exemple, être transféré à un dispositif de stockage ou de transport.

20 Le procédé objet de la présente invention procure notamment les avantages suivants :

- Une optimisation énergétique du cycle de réfrigération. En effet, les courants réfrigérants liquides ne sont pas sous-refroidis plus que ce qui est nécessaire (typiquement caractérisé par la correspondance entre la
- 25 température de soutirage de l'échangeur aux points 20 et 28) et la composition du courant réfrigérant vaporisé (ayant les composants les plus légers) à la sortie la plus froide de l'échangeur de chaleur principal est améliorée.
- Une optimisation des dépenses d'investissement en réduisant en
- 30 particulier la taille de l'échangeur réalisant la liquéfaction de la fraction

riche en hydrocarbures car aucune pompe n'est mise en œuvre dans le circuit de réfrigération.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de liquéfaction d'un courant d'hydrocarbures tel que le gaz naturel
5 à partir d'un courant d'alimentation (1) comprenant au moins les étapes
suivantes :

Etape a) : passage du gaz d'alimentation (1) contre un courant réfrigérant
mixte à travers un échangeur de chaleur (2) pour fournir un flux
d'hydrocarbures au moins partiellement liquéfié ayant une température
10 inférieure à -140°C ;

Etape b) : extraction d'un courant réfrigérant mixte (35) de l'échangeur de
chaleur (2) à partir d'une sortie (33) où la température dans l'échangeur
de chaleur est la plus élevée;

Etape c) : introduction du réfrigérant mixte (35) issu de l'étape b) dans un
15 moyen (40) séparateur de phases afin de produire un courant réfrigérant
gazeux (41) et un premier courant réfrigérant liquide (25);

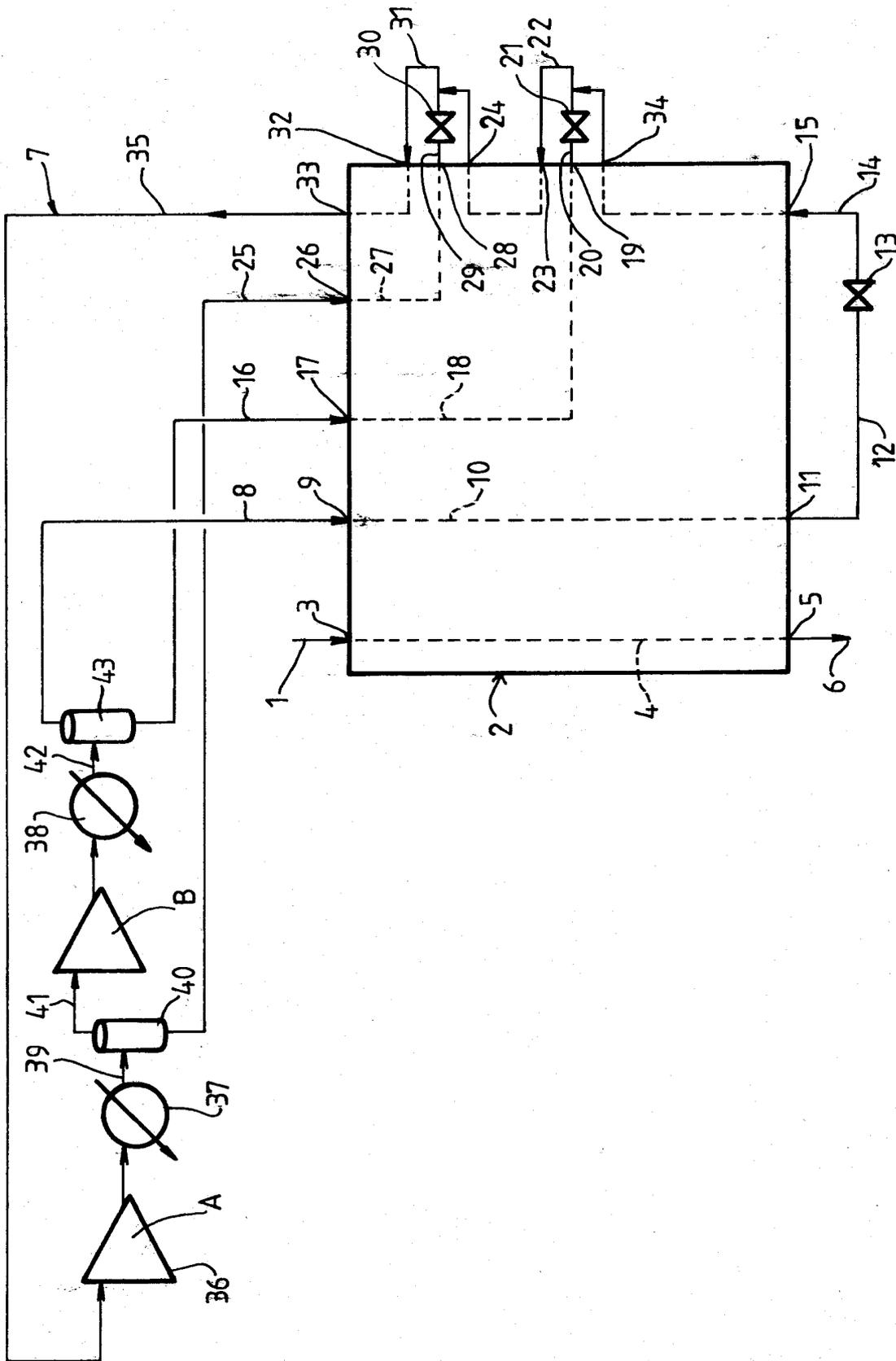
Etape d) : passage du premier courant réfrigérant liquide (25) issu de l'étape
c) dans l'échangeur de chaleur (2) à partir d'une première entrée (26) et
20 jusqu'à une sortie (28) dite intermédiaire au-delà de laquelle le courant
réfrigérant ainsi obtenu est détendu, la température T_1 à ladite sortie (28)
étant telle que ladite détente produit une fraction gaz inférieure à 20%,
préférentiellement inférieure à 10%;

Etape e) : parallèlement à l'étape d), compression du courant réfrigérant
gazeux (41) issu de l'étape c) puis refroidissement avant introduction du
25 courant réfrigérant (42) ainsi obtenu dans un moyen (43) séparateur de
phases afin de produire un courant réfrigérant gazeux (8) et un deuxième
courant réfrigérant liquide (16);

Etape f) : passage du deuxième courant réfrigérant liquide (16) issu de
l'étape e) dans l'échangeur de chaleur (2) à partir d'une deuxième entrée
30 (17) et jusqu'à une sortie (19) au-delà de laquelle le courant réfrigérant
ainsi obtenu est détendu, la température T_2 à ladite sortie (19) étant
supérieure à T_1 et telle que ladite détente produit une fraction gaz
inférieure à 20%, préférentiellement inférieure à 10%;

- Etape g) : passage du courant réfrigérant gazeux (8) issu de l'étape e) dans l'échangeur de chaleur (2) à partir d'une troisième entrée (9) et jusqu'à une sortie (11) à une température T3 dont le niveau est le plus bas des niveaux de température dudit échangeur de chaleur (2) afin de produire un courant liquéfié (12), puis détente du courant ainsi obtenu ;
- 5
- Etape h) : passage du courant (14) issu de l'étape g) dans l'échangeur de chaleur (2) depuis une entrée (15) à la température T3 jusqu'à une sortie (34) à une température sensiblement égale à la température T2;
- Etape i) : mélange du courant réfrigérant issu de l'étape h) avec le courant réfrigérant issu de l'étape f), puis passage du mélange (22) ainsi obtenu dans l'échangeur de chaleur (2) depuis une entrée (23) ayant une température sensiblement égale à T2 jusqu'à une sortie (24) ayant une température sensiblement égale à T1 ;
- 10
- Etape j) : mélange du courant réfrigérant issu de l'étape i) avec le courant réfrigérant issu de l'étape d) puis passage du mélange (31) ainsi obtenu dans l'échangeur de chaleur (2) jusqu'à la sortie (33).
- 15
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le courant réfrigérant mixte circule dans circuit de réfrigération (7) en cycle fermé.
- 20
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préalable à l'étape c) de compression du réfrigérant mixte issu de l'étape b) suivie d'un refroidissement.
- 25
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que T1 est comprise entre -30°C et -50°C.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que T2 est comprise entre -80°C et -110°C.
- 30
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que T3 est comprise entre -140°C et -170°C.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le courant (35) réfrigérant mixte contient des constituants parmi l'azote, du méthane, de l'éthylène, de l'éthane, du butane et du pentane.
- 5 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'aucune pompe n'est mise en œuvre.





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 820862
FR 1560731

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2014/260415 A1 (DUCOTE JR DOUGLAS A [US] ET AL) 18 septembre 2014 (2014-09-18) * alinéa [0047]; figure 11; tableaux * -----	1-8	F25J1/02
X	US 5 943 881 A (GRENIER MAURICE [FR]) 31 août 1999 (1999-08-31) * colonne 6, lignes 28-33,42-52 * * colonne 7, lignes 14-55; figure 1 * -----	1-8	
X	EP 0 990 108 A1 (COSTAIN OIL GAS & PROCESS LIMI [GB]; BOC GROUP PLC [GB]) 5 avril 2000 (2000-04-05) * alinéa [0014]; figure 3 * -----	1-8	
X	DE 197 22 490 C1 (LINDE AG [DE]; NORSKE STATS OLJESELSKAP [NO]) 2 juillet 1998 (1998-07-02) * figure 2 * -----	1-8	
X	FR 2 280 042 A1 (TEAL TECHNIP LIQUEFACTION GAZ [FR]) 20 février 1976 (1976-02-20) * figure 1 * -----	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F25J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 août 2016		Göritz, Dirk	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>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</p>			
<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1560731 FA 820862**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 01-08-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2014260415	A1	18-09-2014	AU 2014232154	A1 08-10-2015
			CA 2907444	A1 18-09-2014
			CN 105473967	A 06-04-2016
			EP 2972028	A1 20-01-2016
			JP 2016517502	A 16-06-2016
			KR 20160057351	A 23-05-2016
			US 2014260415	A1 18-09-2014
			WO 2014146138	A1 18-09-2014

US 5943881	A	31-08-1999	AR 007816	A1 24-11-1999
			AT 224036	T 15-09-2002
			AU 723530	B2 31-08-2000
			AU 2496697	A 22-01-1998
			BR 9703959	A 16-03-1999
			CA 2209723	A1 12-01-1998
			CN 1172243	A 04-02-1998
			CO 5070650	A1 28-08-2001
			DE 69715330	D1 17-10-2002
			DE 69715330	T2 02-01-2003
			DK 0818661	T3 20-01-2003
			DZ 2265	A1 04-07-2004
			EP 0818661	A1 14-01-1998
			ES 2185883	T3 01-05-2003
			FR 2751059	A1 16-01-1998
			ID 19101	A 11-06-1998
			IL 121092	A 16-07-2000
			JP 4233619	B2 04-03-2009
			JP H1068586	A 10-03-1998
			KR 100365367	B1 19-02-2003
MY 119081	A 31-03-2005			
NO 973221	A 13-01-1998			
PT 818661	E 31-01-2003			
US 5943881	A 31-08-1999			

EP 0990108	A1	05-04-2000	AU 8029698	A 30-12-1998
			DE 69808087	D1 24-10-2002
			DE 69808087	T2 28-05-2003
			EP 0990108	A1 05-04-2000
			WO 9857108	A1 17-12-1998

DE 19722490	C1	02-07-1998	AU 745564	B2 21-03-2002
			AU 8106798	A 30-12-1998
			CA 2291841	A1 03-12-1998
			DE 19722490	C1 02-07-1998
			DK 167699	A 24-11-1999
			NO 995824	A 26-11-1999

EPO FORM P0465

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

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1560731 FA 820862**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 01-08-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		US 6334334 B1	01-01-2002
		WO 9854524 A1	03-12-1998
FR 2280042	A1	20-02-1976	AUCUN