

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



PCT



(43) Date de la publication internationale
16 juillet 2009 (16.07.2009)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/087307 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F25J 1/02 (2006.01) **F25J 3/02** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/001461

(22) Date de dépôt international :
17 octobre 2008 (17.10.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
07/07602 26 octobre 2007 (26.10.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **IFP**
[FR/FR]; 1 et 4 avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Mal-
maison Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **FISCHER,**

Béatrice [FR/FR]; 8, montée des Génovéfains, F-69005
Lyon (FR). **LUCQUIN, Anne-Claire** [FR/FR]; 3 rue
des Sources, F-38550 SAINT MAURICE L'EXIL (FR).
FERSCHNEIDER, Gilles [FR/FR]; 43, montée de Rog-
nard, F-69970 Chaponnay (FR). **MARTIN, Pierre-Yves**
[FR/FR]; 67 rue du Docteur Guionis, F-92500 RUEIL
MALMAISON (FR). **PIGOURIER, Jérôme** [FR/FR]; 60
route des Gardes, F-92190 MEUDON (FR).

(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; IFP, 1-4 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR LIQUEFYING NATURAL GAS WITH ENHANCED PROPANE RECOVERY

(54) Titre : PROCÉDÉ DE LIQUÉFACTION D'UN GAZ NATUREL AVEC RÉCUPÉRATION AMÉLIORÉE DE PROPANE

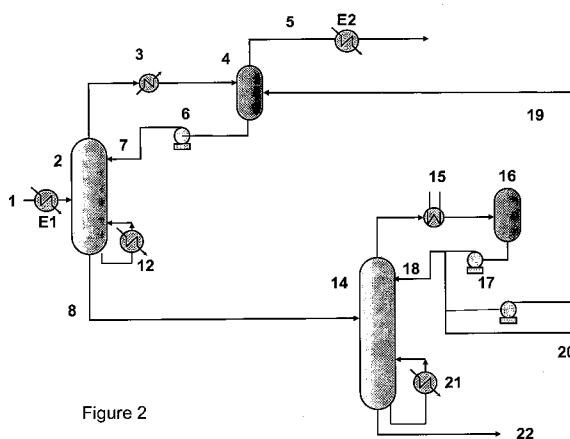


Figure 2

(57) Abstract: The invention relates to a liquefaction method that comprises fractionating the natural gas with ethane recycling in order to enhance propane recovery and to increase the critical pressure of the gas to be liquefied. The natural gas is partially liquefied by cooling in E1, then separated in the fractionating column (2) into a methane-rich flow and flow rich in hydrocarbons heavier than methane. The methane-rich flow is partially liquefied in (3), and the condensates separated in the tank (4) are recycled to the head of the column (2) via the duct (7). The gaseous fraction from the tank (4) is liquefied in the exchanger (E2) in order to produce liquefied natural gas. The flow rich in hydrocarbons heavier than methane is separated in the de-ethaniser into an ethane-enriched fraction and heavier hydrocarbons. According to the invention, the ethane-enriched fraction is at least partially liquefied, and a portion of the liquefied ethane is recycled into the separation tank (4) or the reflux line (7).

(57) Abrégé : Le procédé de liquéfaction propose d'effectuer un fractionnement du gaz naturel avec recycle d'éthane dans le but d'améliorer la récupération de propane et d'augmenter la pression critique du gaz à liquéfier. Le gaz naturel est partiellement liquéfié par refroidissement dans E1 puis séparé dans la colonne de fractionnement 2 en un flux riche en méthane et un flux riche en hydrocarbures plus lourds que le méthane. Le flux riche en méthane est partiellement liquéfié dans 3

[Suite sur la page suivante]



WO 2009/087307 A2



MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

puis les condensats séparés dans le ballon 4 sont recyclés en tête de la colonne 2 par le conduit 7. La fraction gazeuse issue du ballon 4 est liquéfiée dans l'échangeur E2 pour produire le gaz naturel liquéfié. Le flux riche en hydrocarbures plus lourds que le méthane est séparé dans le dééthaniseur en une fraction enrichie en éthane et des hydrocarbures plus lourds. Selon l'invention la fraction enrichie en éthane est au moins partiellement liquéfiée, puis une partie de l'éthane liquéfié est recyclée dans le ballon séparateur 4 ou dans la ligne de reflux 7.

PROCÉDÉ DE LIQUÉFACTION D'UN GAZ NATUREL AVEC RÉCUPÉRATION AMÉLIORÉE DE PROPANE

La présente invention concerne le domaine de la liquéfaction du gaz naturel.

Un gaz naturel brut comporte principalement du méthane, ainsi que différents constituants tels que l'eau, l'hydrogène sulfureux, le dioxyde de carbone, le mercure, l'azote et des hydrocarbures légers comportant généralement entre deux et six atomes de carbones. Certains de ces constituants tels que l'eau, l'hydrogène sulfureux, le dioxyde de carbone et le mercure, sont des polluants qui sont éliminés en amont des étapes de liquéfaction du gaz naturel. Les hydrocarbures plus lourds que le méthane sont condensés et récupérés en tant que liquides de gaz naturel qui peuvent être valorisés.

Les liquides de gaz naturel sont séparés du méthane au moyen d'une colonne de fractionnement et par refroidissement et liquéfaction partielle du gaz naturel. Le gaz obtenu en tête de la colonne de fractionnement est destiné à être liquéfié pour produire le gaz naturel liquide. Fonctionner à très haute pression permet de limiter l'énergie nécessaire à la liquéfaction. Cependant, la pression de fonctionnement de la colonne de fractionnement est limitée par la pression critique du mélange à séparer.

La présente invention a pour but d'améliorer la récupération de propane et d'augmenter la pression critique du gaz à liquéfier de manière à réaliser le fractionnement à plus haute pression, diminuant ainsi l'énergie nécessaire à la liquéfaction. L'invention consiste à recycler un flux d'éthane dans la ligne de reflux de la colonne de fractionnement ou dans le ballon de reflux du fractionnement.

De manière générale, l'invention décrit un procédé de liquéfaction d'un gaz naturel dans lequel on effectue les étapes suivantes :

- a) on liquéfie partiellement le gaz naturel par refroidissement,
- b) on introduit le gaz naturel partiellement liquéfié dans une colonne de fractionnement de manière à obtenir une fraction gazeuse enrichie en méthane et une fraction liquide appauvrie en méthane,
- c) on refroidit la fraction gazeuse jusqu'à liquéfaction partielle, puis on introduit la fraction gazeuse refroidie dans un ballon séparateur de manière à séparer une phase gazeuse et une phase liquide,
- d) on recycle au moins une partie de la phase liquide dans la colonne de fractionnement à titre de reflux,
- e) on sépare la fraction liquide de manière à obtenir une fraction enrichie en éthane et au moins une fraction enrichie en composés plus lourds que l'éthane,
- f) on recycle au moins une partie de la fraction enrichie en éthane en effectuant au moins l'une des opérations suivantes :
 - on introduit ladite partie de la fraction enrichie en éthane dans ledit ballon séparateur,
 - avant l'étape d), on mélange ladite partie de la fraction enrichie en éthane avec ladite phase liquide,
- g) on liquéfie la phase gazeuse obtenu à l'étape c) par refroidissement puis par détente de manière à produire un gaz naturel liquide.

Selon l'invention, la fraction enrichie en éthane obtenue à l'étape e) peut comporter au moins 90% molaire d'éthane.

A l'étape f), ladite au moins une partie de la fraction enrichie en éthane peut être recyclée à un débit compris entre 5 % et 20 % du débit d'éthane contenu dans ledit gaz naturel.

Le procédé selon l'invention peut fonctionner dans les conditions suivantes :

- la colonne de fractionnement peut fonctionner à une pression comprise entre 40 bars et 60 bars,

- à l'étape a), le gaz naturel peut être refroidi à une température comprise entre 0°C et -60°C, et
- à l'étape c), on peut refroidir la fraction gazeuse jusqu'à une température comprise entre -45°C et -70°C.

Selon une première alternative, à l'étape e), on peut séparer la fraction liquide dans une colonne de dééthanisation, ladite fraction enrichie en éthane étant obtenue en tête de la colonne de dééthanisation, la fraction enrichie en composés plus lourds que l'éthane étant obtenue en fond de la colonne de dééthanisation. De plus, la fraction enrichie en éthane peut être au moins partiellement liquéfiée, une partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant introduite en tête de la colonne de dééthanisation à titre de reflux, une autre partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant recyclée selon l'étape f). Selon la première alternative, la colonne de dééthanisation peut fonctionner à une pression comprise entre 20 et 35 bars, et ladite fraction enrichie en éthane peut être au moins partiellement liquéfiée par refroidissement à une température comprise entre -5°C et 10°C.

Selon une deuxième alternative, à l'étape e), on peut séparer la fraction liquide dans une colonne de déméthanisation de manière à obtenir un flux gazeux enrichi en méthane et un flux liquide enrichi en composés plus lourds que le méthane, puis on peut séparer le flux liquide dans une colonne de dééthanisation, ladite fraction enrichie en éthane étant obtenue en tête de la colonne de dééthanisation, la fraction enrichie en composés plus lourds que l'éthane étant obtenue en fond de la colonne de dééthanisation. De plus, la fraction enrichie en éthane peut être au moins partiellement liquéfiée, une partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant introduite en tête de la colonne de dééthanisation à titre de reflux, une autre partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant recyclée selon l'étape f). Selon la deuxième alternative, on peut introduire une portion de la phase liquide obtenue à l'étape c) en tête de la colonne de déméthanisation à titre de reflux. Selon la deuxième alternative, la colonne de déméthanisation peut

fonctionner à une pression comprise entre 25 et 40 bars, la colonne de dééthanisation peut fonctionner à une pression comprise entre 20 et 35 bars, et ladite fraction enrichie en éthane peut être au moins partiellement liquéfiée par refroidissement à une température comprise entre -5°C et 10°C.

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 1 schématise un procédé de liquéfaction avec fractionnement,
- les figures 2 à 5 schématisent différents modes de réalisation de l'invention.

Sur la figure 1, le gaz naturel arrivant par le conduit 1 peut avoir été préalablement purifié des impuretés tels que l'eau, l'hydrogène sulfureux, le dioxyde de carbone et le mercure. Le gaz naturel est introduit dans l'échangeur de chaleur E1 pour être refroidi jusqu'à liquéfaction partielle. Dans E1, le gaz naturel peut être refroidi jusqu'à une température comprise entre 0°C et -60°C. Dans E1, la réfrigération est effectuée au moyen du circuit fermé de réfrigération C1 qui fonctionne par compression et détente d'un fluide réfrigérant.

Le flux partiellement liquéfié issu de E1 est introduit dans la zone de fractionnement F. La présente invention propose différents modes de réalisation de la zone F, décrits en référence aux figures 2 à 5. Les références des figures 2 à 5 identiques à celles de la figure 1 désignent les mêmes éléments.

Les liquides de gaz naturel sont évacués sous forme de un ou plusieurs flux LGN. Le méthane 5 obtenu dans la zone F est sous-refroidi dans l'échangeur E2 jusqu'à liquéfaction complète. Dans E2, la réfrigération est effectuée au moyen du circuit fermé de réfrigération C2 qui fonctionne par compression et détente d'un fluide réfrigérant. Le gaz naturel liquide sous pression est évacué de E2 pour être détendu dans l'organe de détente V jusqu'à la pression atmosphérique pour produire le gaz naturel liquide GNL.

En référence aux figures 2 et 3, le gaz naturel 1 est refroidi et partiellement condensé dans l'échangeur E1 puis introduit dans la colonne de fractionnement 2. La colonne 2 fonctionne en général à une pression comprise entre 40 et 60 bars abs. La vapeur obtenue en tête de la colonne 2 est partiellement condensée par le condenseur 3. La phase gazeuse est séparée de la phase liquide dans le ballon 4. Le condenseur 3 effectue un refroidissement à très basse température, en général entre -45°C et -70°C, à l'aide d'un fluide réfrigérant, par exemple utilisé dans l'échangeur de chaleur E2. La phase gazeuse 5 est envoyée dans l'échangeur de chaleur E2 pour être liquéfiée. La phase liquide obtenue en fond du ballon 4 est renvoyée à l'aide de la pompe 6 à travers le conduit 7 en tête de la colonne de fractionnement 2 à titre de reflux. La température en fond de la colonne est contrôlée par le rebouilleur 12 de manière à vaporiser les fractions légères présentes sous forme liquide en fond de la colonne 2 et à limiter leur entraînement dans le conduit 8.

La phase liquide obtenue en fond de la colonne 2 est évacuée par le conduit 8 vers la colonne de dééthanisation 14. La colonne 14 peut fonctionner entre 20 et 35 bars abs. La colonne 14 permet de séparer un flux comportant principalement de l'éthane évacué en tête et un flux comportant des hydrocarbures plus lourds que l'éthane en fond. Le flux d'éthane obtenu en tête de la colonne 14 est partiellement, voire totalement condensé par le condenseur cryogénique 15 à une température comprise entre -5°C et 10°C. Le flux obtenu en sortie du condenseur 15 est envoyé dans le ballon de reflux 16. Dans le cas où le flux d'éthane n'est que partiellement condensé, une phase vapeur d'éthane est évacuée en tête du ballon 16. L'éthane liquide obtenu en fond de 16 est pompé par la pompe 17 pour être envoyé par le conduit 18 en tête de la colonne 14 à titre de reflux. Une fraction de l'éthane liquide obtenu en fond du ballon 16 peut être expédiée vers une zone de stockage par le conduit 20. Le fond de la colonne 14 est maintenue en température par le rebouilleur 21 de manière à éliminer le maximum d'éthane de la coupe C3+ évacuée en fond de 14 par le conduit 22. La coupe C3 peut être séparée, par exemple dans une colonne de dépropanisation.

En référence aux figures 2 et 3, la présente invention propose de recycler une portion du flux riche en éthane liquide obtenu en fond du ballon 16 vers la colonne de fractionnement 2. Selon l'invention, le flux riche en éthane comporte au moins 90% molaire, de préférence plus de 98 % molaire, d'éthane. Plus précisément, en référence à la figure 2, une portion du flux liquide pompée par la pompe 17 est introduite par le conduit 19 dans le ballon 4. Alternativement, en référence à la figure 3, une portion du flux liquide pompé par la pompe 17 est introduite dans la ligne de reflux 7 par le conduit 19. Ainsi la phase liquide obtenue en fond du ballon 4 est assemblée et mélangée au flux riche en éthane arrivant par le conduit 19.

Le recycle d'éthane selon l'invention permet d'augmenter significativement la récupération du propane en fond de la colonne de fractionnement 2. Pour obtenir un bon taux de récupération de propane on recycle un flux riche en éthane ayant un débit molaire d'éthane compris entre 5 % et 20 % molaire du débit molaire d'éthane contenu dans le gaz à traiter arrivant par le conduit 1.

De plus, l'arrivée d'éthane en tête de la colonne 2 permet d'augmenter légèrement la pression critique du fluide circulant dans la colonne 2 et donc améliore le fonctionnement de la séparation.

Par ailleurs, le recycle d'éthane permet également d'enrichir le gaz naturel évacué en tête de la colonne 2 en éthane et donc de valoriser l'éthane et d'augmenter le pouvoir calorifique du gaz naturel.

Les exemples numériques présentés ci-après permettent d'illustrer le mode de fonctionnement des procédés décrits en référence aux figures 2 et 3.

Le débit de gaz naturel arrivant par le conduit 1 est de 34000 kmol/h, avec la composition suivante :

Composant	Composition (% mol)
N2	0.9
C1	90
C2	8
C3	0.5
iC4	0.1
nC4	0.1
iC5	0.05
nC5	0.05
nC6	0.05
nC7	0.05
nC8	0.05
nC9	0.05
Benzène	0.05
Toluène	0.05

Les procédés fonctionnent dans les conditions suivantes :

- la colonne de fractionnement 2 :
 - Pression : 45 bars abs en fond, 44 bars abs au condenseur 3,
 - Température du gaz naturel à l'entrée : -30°C,
 - Température au condenseur 3 : - 65 °C
- le dééthaniseur 14 :
 - Pression : 27,5 bars abs en fond, 27 bar abs au condenseur 15,
 - Température de l'alimentation : 42 °C
 - Température au condenseur 15 : 3°C

Le taux de recycle, c'est-à-dire le débit molaire d'éthane recyclé par le conduit 19 par rapport au débit molaire d'éthane contenu dans le gaz arrivant par le conduit 1, est de 5%.

Le taux de récupération des C3 est défini comme le rapport entre le débit de C3 dans le conduit 22 par rapport au débit de C3 dans le conduit 1.

Les simulations de fonctionnement ont été effectuées pour le procédé décrit en référence à la figure 2, pour le procédé décrit en référence à la figure 3, ainsi que pour un procédé sans recycle de C2, c'est-à-dire pour un procédé identique à ceux présentés aux figures 2 et 3 à l'exception du fait qu'il est dépourvu du recycle de C2 matérialisé par la conduite de recycle 19.

schéma	Procédé sans recycle de C2	Procédé de la figure 2 avec recycle de C2 dans le ballon de reflux 4	Procédé de la figure 3 avec recycle de C2 dans la ligne de reflux 7
débit de C2 dans le recyclage (kmol/h)	0	136.4	136.4
taux de récupération des C3 (%)	71.1	79.9	84.2
pression critique en tête du fractionnement 5 (bar)	56.7	56.9	56.9

On constate que l'invention permet d'améliorer la récupération des C3 et de s'éloigner légèrement des conditions critiques dans la colonne de fractionnement et d'améliorer le taux de récupération des C3.

En référence aux figures 4 et 5, le gaz naturel 1 est refroidi et partiellement condensé dans l'échangeur E1, à une température comprise entre

-60°C et 0°C, puis introduit dans la colonne de fractionnement 2. La colonne 2 peut fonctionner à une pression comprise entre 40 bars et 60 bars. La vapeur obtenue en tête de la colonne 2 est partiellement condensée par le condenseur 3. La phase gazeuse est séparée de la phase liquide dans le ballon 4. Le condenseur 3 effectue un refroidissement à très basse température, par exemple entre -45°C et -70°C, à l'aide d'un fluide réfrigérant, par exemple utilisé dans l'échangeur de chaleur E2. La phase gazeuse 5 est envoyée dans l'échangeur de chaleur E2 pour être liquéfiée. La phase liquide obtenue en fond du ballon 4 est renvoyée à l'aide de la pompe 6 à travers le conduit 7 en tête de la colonne de fractionnement 2 à titre de reflux.

La phase liquide obtenue en fond de la colonne 2 est évacuée par le conduit 8 vers une deuxième colonne de fractionnement 9 pour effectuer une deuxième séparation entre le méthane et les hydrocarbures plus lourds que le méthane, à une pression inférieure à celle de la colonne 2. La colonne 9 peut fonctionner à une pression comprise entre 25 bars et 40 bars. Une portion de la phase liquide obtenue en fond du ballon 4 est introduite en tête de la colonne 9 à titre de reflux. La température en fond de la colonne 9 est contrôlée par le rebouilleur 12 de manière à vaporiser les fractions légères présentes sous forme liquide en fond de la colonne 9 et à limiter leur entraînement dans le conduit 13. La colonne 9 permet d'obtenir, en tête, un flux enrichi en méthane évacué par le conduit 11 et, en fond, un flux enrichi en hydrocarbures plus lourds que le méthane.

Le flux liquide obtenu en fond de la colonne 9 est introduit par le conduit 13 dans la colonne de dééthanisation 14. La colonne 14 fonctionne à une pression plus faible que dans la colonne 9, par exemple à une pression comprise entre 20 bars et 35 bars. La colonne 14 permet de séparer un flux comportant principalement de l'éthane évacué en tête et un flux comportant des hydrocarbures plus lourds que l'éthane en fond. Le flux d'éthane obtenu en tête de la colonne 14 est partiellement, voire totalement, condensé par le condenseur cryogénique 15 à une température comprise entre -5°C et 10°C. Le flux obtenu en sortie du condenseur 15 est envoyé dans le ballon de reflux 16. Dans le cas où le

flux d'éthane n'est que partiellement condensé, une phase vapeur d'éthane est évacuée en tête du ballon 16. L'éthane liquide obtenu en fond de 16 est pompé par la pompe 17 pour être envoyé par le conduit 18, en tête, de la colonne 14 à titre de reflux. Une fraction de l'éthane liquide obtenu en fond du ballon 16 peut être expédiée vers une zone de stockage par le conduit 20. Le fond de la colonne 14 est maintenu en température par le rebouilleur 21 de manière à éliminer le maximum d'éthane de la coupe C3+ évacuée en fond de 14 par le conduit 22. La coupe C3+ peut être séparée, par exemple dans une colonne de dépropanisation.

En référence aux figures 4 et 5, la présente invention propose de recycler une portion du flux riche en éthane liquide obtenu en fond du ballon 16 vers la colonne de fractionnement 2. Plus précisément, en référence à la figure 4, une portion du flux liquide pompé par la pompe 17 est introduit par le conduit 19 dans le ballon 4. Alternativement, en référence à la figure 5, une portion du flux liquide pompé par la pompe 17 est introduite dans la ligne de reflux 7 par le conduit 19. Ainsi la phase liquide obtenue en fond du ballon 4 est assemblée et mélangée au flux riche en éthane arrivant par le conduit 19.

Les exemples numériques présentés ci-après permettent d'illustrer le mode de fonctionnement des procédés décrits en référence aux figures 4 et 5.

Le débit de gaz naturel arrivant par le conduit 1 est de 34000 kmol/h, avec la composition suivante :

Composant	Composition (% mol)
N2	0.9
C1	90
C2	8
C3	0.5
iC4	0.1
nC4	0.1
iC5	0.05
nC5	0.05
nC6	0.05
nC7	0.05
nC8	0.05
nC9	0.05
Benzène	0.05
Toluène	0.05

Les procédés fonctionnent dans les conditions suivantes :

- la colonne de fractionnement 2 :
 - Pression : 45 bars abs en fond, 44 bars abs au condenseur 3,
 - Température du gaz naturel à l'entrée : -30°C,
 - Température au condenseur 15 : - 65 °C
 - Débit 10 de soutirage pour reflux du déméthaniseur 9 : 350 kmol/h
- le déméthaniseur 9 :
 - Pression : 30 bars abs en fond, 29,5 bar abs en tête,
 - Température de l'alimentation : - 41 °C
- le dééthaniseur 14 :

- Pression : 27,5 bars abs en fond, 27 bars abs au condenseur 15,
- Température de l'alimentation : 42 °C
- Température au condenseur 15 : 3°C

Le taux de recycle, c'est-à-dire le débit molaire d'éthane recyclé par le conduit 19 par rapport au débit molaire d'éthane contenu dans le gaz arrivant par le conduit 1, est de 10%.

Le taux de récupération des C3 est défini comme le rapport entre le débit de C3 dans le conduit 22 par rapport au débit de C3 dans le conduit 1.

Les simulations de fonctionnement ont été effectuées pour le procédé décrit en référence à la figure 4, pour le procédé décrit en référence à la figure 5, ainsi que pour un procédé sans recycle de C2, c'est-à-dire pour un procédé identique à ceux présentés aux figures 4 et 5 à l'exception du fait qu'il est dépourvu du recycle de C2 matérialisé par la conduite de recycle 19.

schéma	Procédé sans recycle de C2	Procédé selon la figure 4 avec recycle de C2 dans le ballon de reflux 4	Procédé de la Figure 5 avec recycle de C2 dans la ligne de reflux 7
débit de C2 dans le cyclage (kmol/h)	0	273	273
taux de récupération des C3 (%)	62.4	76.6	82.6
pression critique en tête du fractionnement 5 (bar)	56.7	56.9	56.9

On constate que l'invention permet d'améliorer la récupération des C3 et de s'éloigner des conditions critiques dans la colonne de fractionnement spécialement lorsque le retour de recycle est effectué dans la ligne de reflux.

REVENDICATIONS

1) Procédé de liquéfaction d'un gaz naturel dans lequel on effectue les étapes suivantes :

- a) on liquéfie partiellement le gaz naturel par refroidissement,
- b) on introduit le gaz naturel partiellement liquéfié dans une colonne de fractionnement de manière à obtenir une fraction gazeuse enrichie en méthane et une fraction liquide appauvrie en méthane,
- c) on refroidit la fraction gazeuse jusqu'à liquéfaction partielle, puis on introduit la fraction gazeuse refroidie dans un ballon séparateur de manière à séparer une phase gazeuse et une phase liquide,
- d) on recycle au moins une partie de la phase liquide dans la colonne de fractionnement à titre de reflux,
- e) on sépare la fraction liquide de manière à obtenir une fraction enrichie en éthane et au moins une fraction enrichie en composés plus lourds que l'éthane,
- f) on recycle au moins une partie de la fraction enrichie en éthane en effectuant au moins l'une des opérations suivantes :
 - on introduit ladite partie de la fraction enrichie en éthane dans ledit ballon séparateur,
 - avant l'étape d), on mélange ladite partie de la fraction enrichie en éthane avec ladite phase liquide,
- g) on liquéfie la phase gazeuse obtenu à l'étape c) par refroidissement puis par détente de manière à produire un gaz naturel liquide.

2) Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite fraction enrichie en éthane obtenue à l'étape e) comporte au moins 90% molaire d'éthane.

3) procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel à l'étape f), ladite au moins une partie de la fraction enrichie en éthane est recyclée à un débit compris entre 5 % et 20 % du débit d'éthane contenu dans ledit gaz naturel.

4) Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel :

- la colonne de fractionnement fonctionne à une pression comprise entre 40 bars et 60 bars,
- à l'étape a), le gaz naturel est refroidi à une température comprise entre 0°C et -60°C, et
- à l'étape c), on refroidit la fraction gazeuse jusqu'à une température comprise entre -45°C et -70°C.

5) Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel à l'étape e), on sépare la fraction liquide dans une colonne de dééthanisation, ladite fraction enrichie en éthane étant obtenue en tête de la colonne de dééthanisation, la fraction enrichie en composés plus lourds que l'éthane étant obtenue en fond de la colonne de dééthanisation.

6) Procédé selon la revendication 5, dans lequel la fraction enrichie en éthane est au moins partiellement liquéfiée, une partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant introduite en tête de la colonne de dééthanisation à titre de reflux, une autre partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant recyclée selon l'étape f).

7) Procédé selon la revendication 6, dans lequel :

- la colonne de dééthanisation fonctionne à une pression comprise entre 20 et 35 bars, et
- ladite fraction enrichie en éthane est au moins partiellement liquéfiée par refroidissement à une température comprise entre -5°C et 10°C.

8) Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel à l'étape e), on sépare la fraction liquide dans une colonne de déméthanisation de manière à obtenir un flux gazeux enrichi en méthane et un flux liquide enrichi en composés plus lourds que le méthane, puis on sépare le flux liquide dans une colonne de dééthanisation, ladite fraction enrichie en éthane étant obtenue en tête de la colonne de dééthanisation, la fraction enrichie en composés plus lourds que l'éthane étant obtenue en fond de la colonne de dééthanisation.

9) Procédé selon la revendication 8, dans lequel la fraction enrichie en éthane est au moins partiellement liquéfiée, une partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant introduite en tête de la colonne de dééthanisation à titre de reflux, une autre partie de la fraction liquide enrichie en éthane étant recyclée selon l'étape f).

10) Procédé selon l'une des revendications 8 et 9, dans lequel on introduit une portion de la phase liquide obtenue à l'étape c) en tête de la colonne de déméthanisation à titre de reflux.

11) Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, dans lequel :

- la colonne de déméthanisation fonctionne à une pression comprise entre 25 et 40 bars,
- la colonne de dééthanisation fonctionne à une pression comprise entre 20 et 35 bars,
- ladite fraction enrichie en éthane est au moins partiellement liquéfiée par refroidissement à une température comprise entre -5°C et 10°C.

1/5

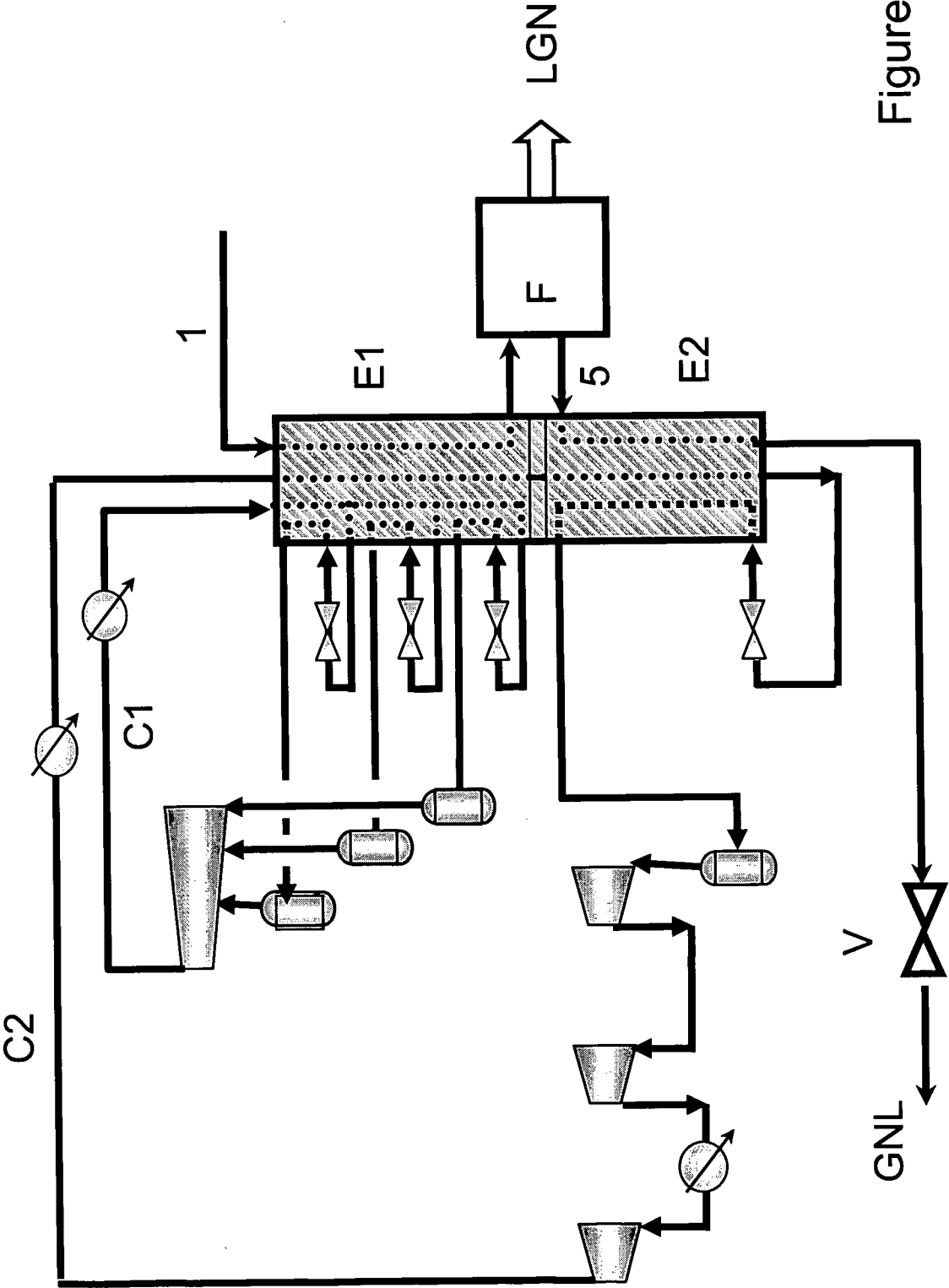


Figure 1

2/5

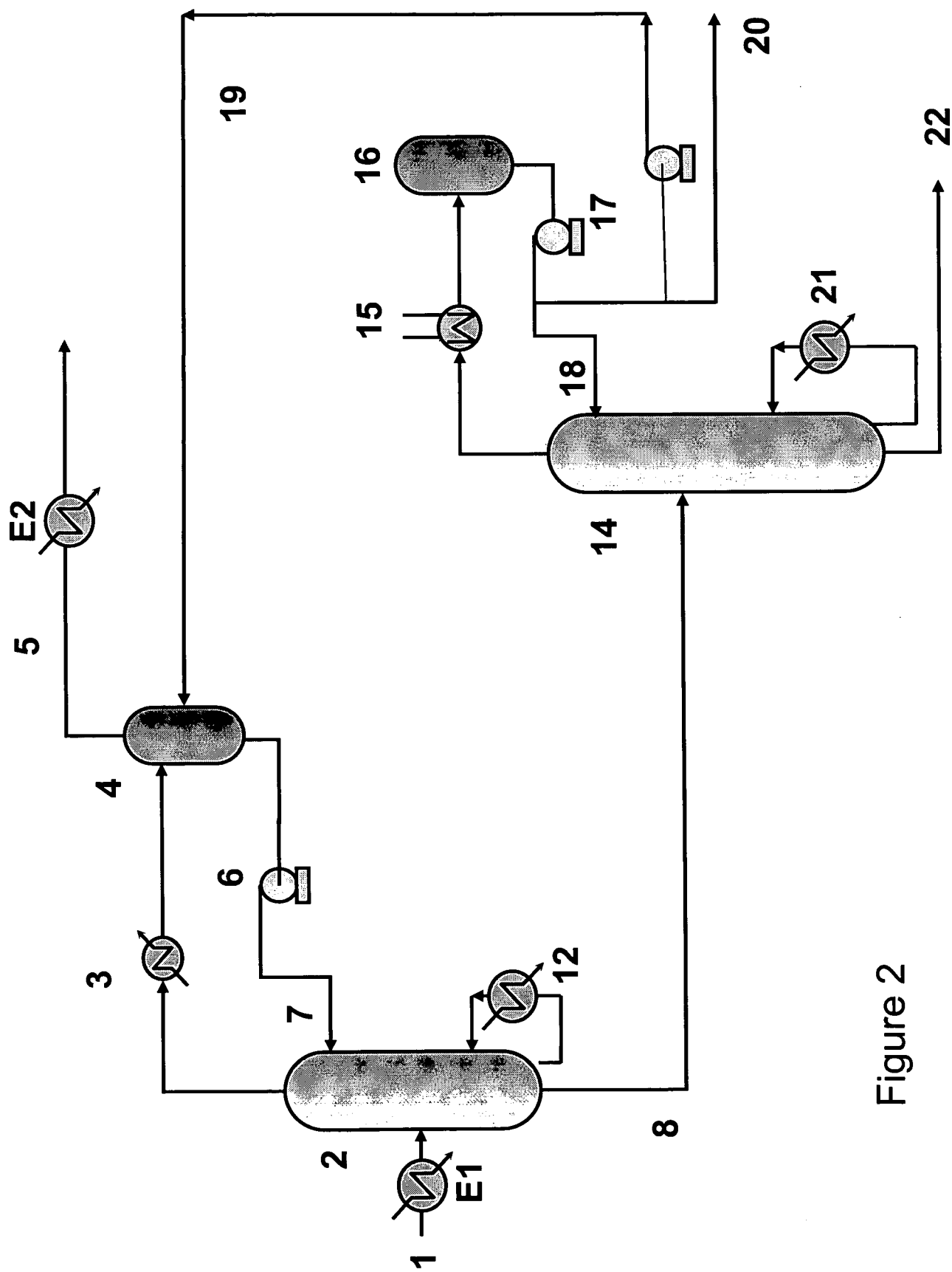


Figure 2

3/5

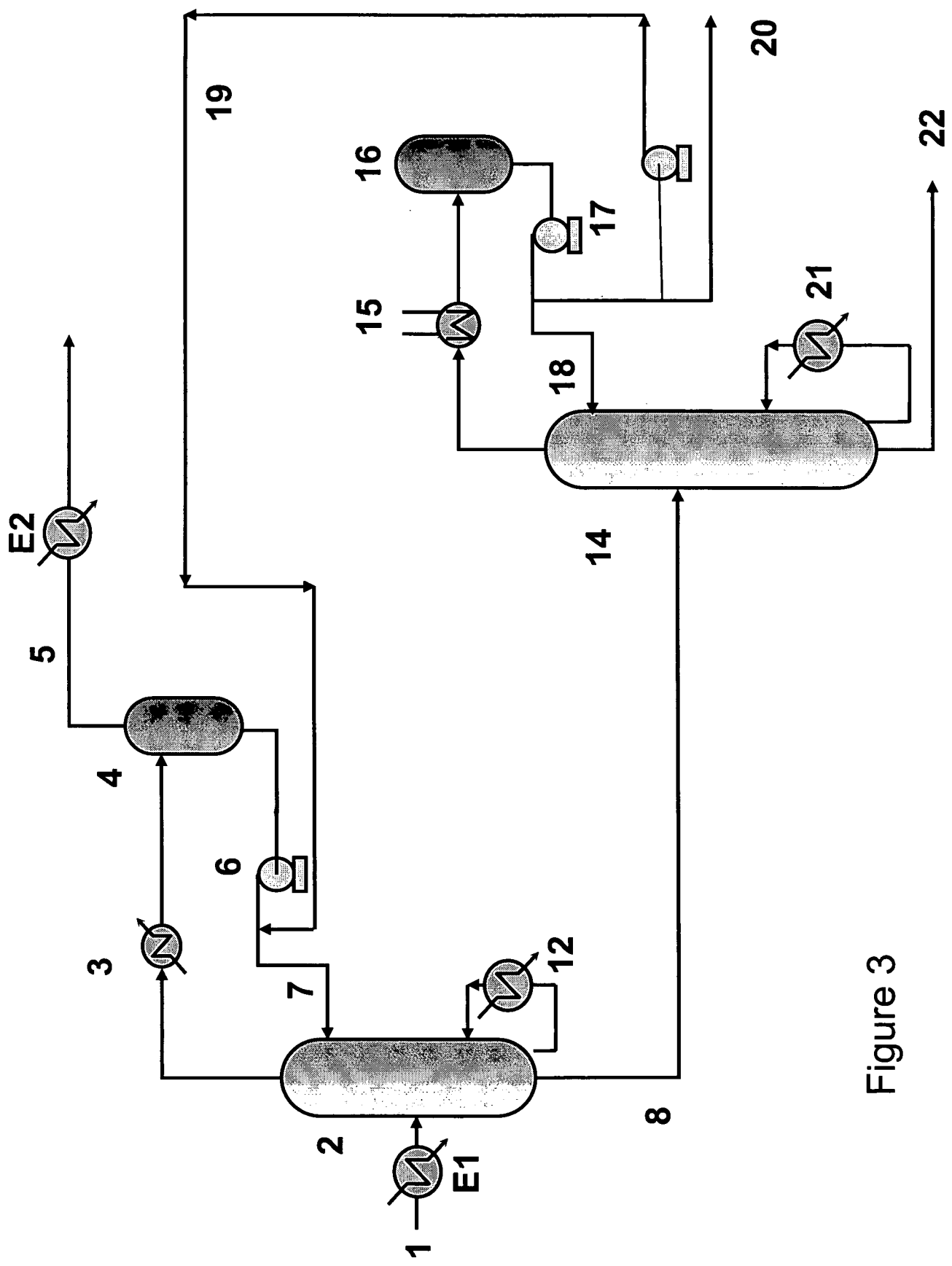


Figure 3

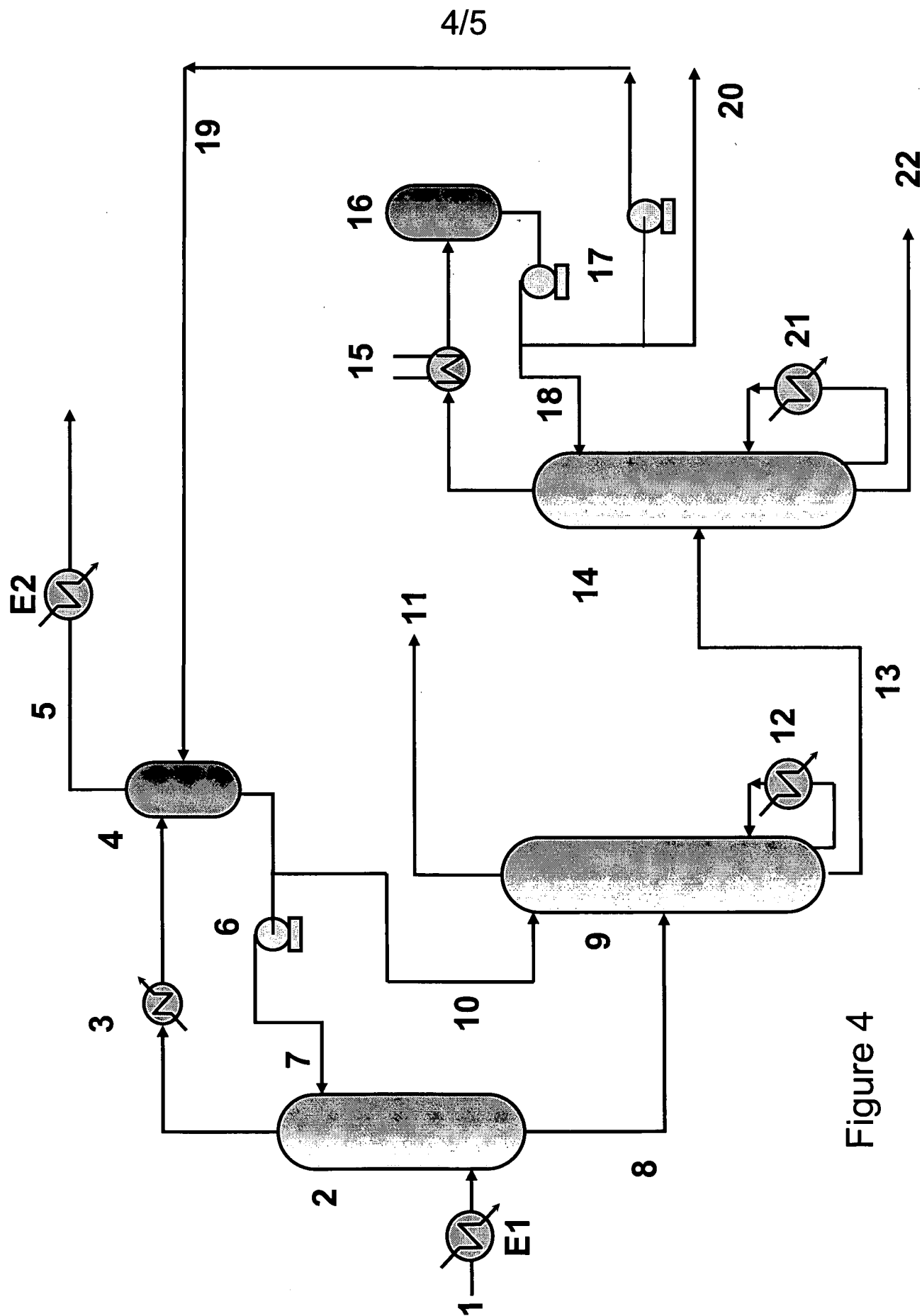


Figure 4

5/5

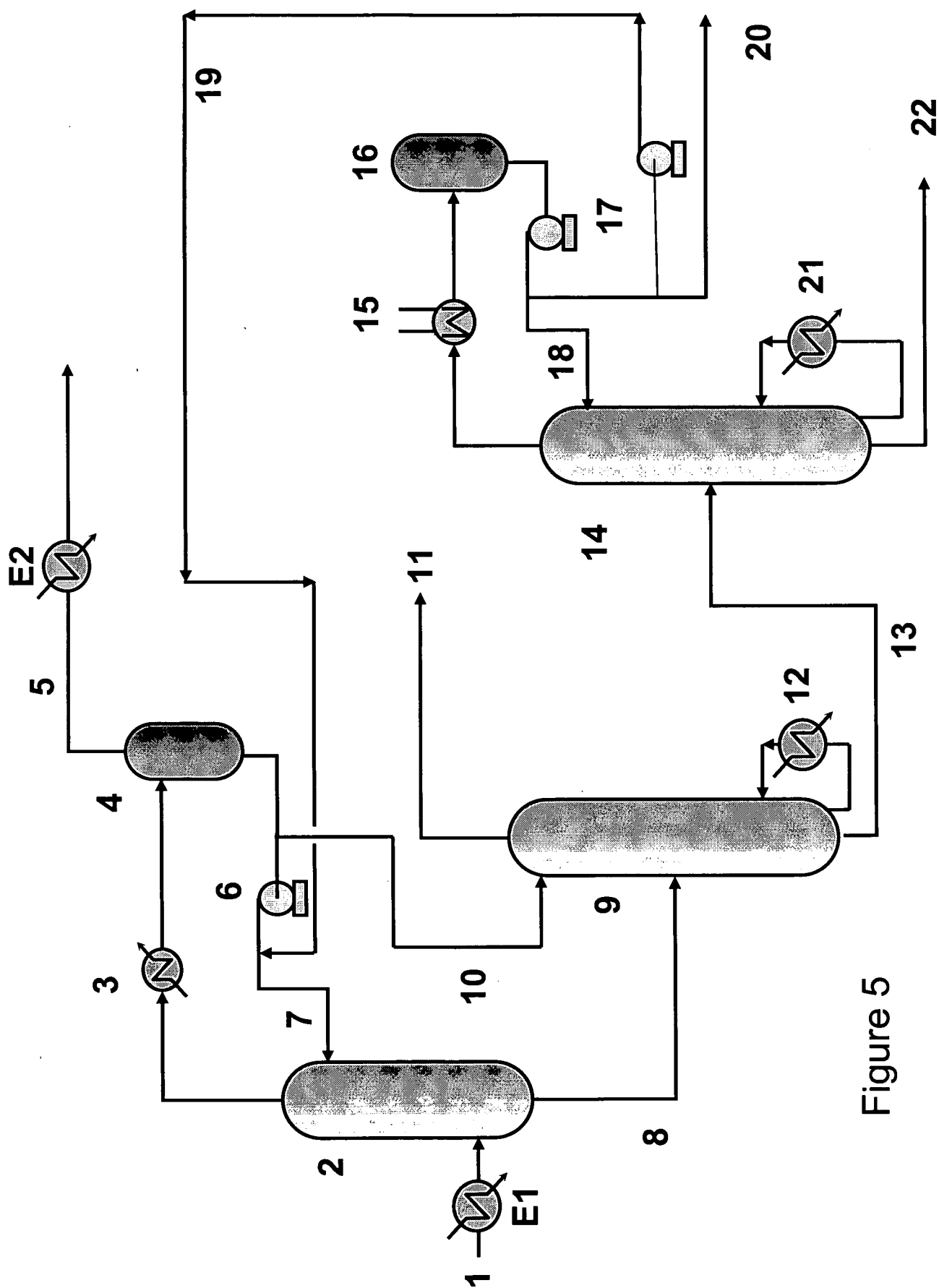


Figure 5