

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 951 815

21 N° d'enregistrement national : 09 57537

51 Int Cl⁸ : F 25 J 3/02 (2006.01), C 10 G 70/04

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.10.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 29.04.11 Bulletin 11/17.

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 :

71 Demandeur(s) : *TECHNIP FRANCE Société par
actions simplifiée — FR.*

72 Inventeur(s) : LAUGIER JEAN-PAUL et SIMON
YVON.

73 Titulaire(s) : TECHNIP FRANCE Société par actions
simplifiée.

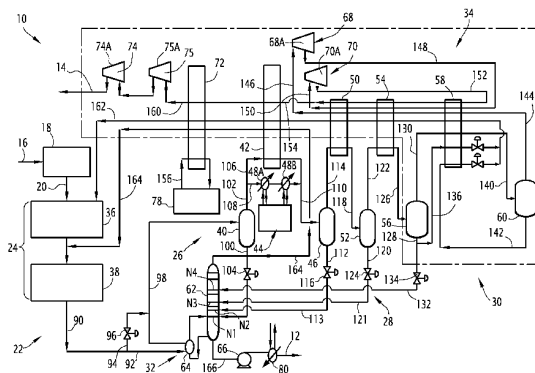
74 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

54 PROCÉDE DE FRACTIONNEMENT D'UN COURANT DE GAZ CRAQUE POUR OBTENIR UNE COUPE RICHE
EN ETHYLENE ET UN COURANT DE COMBUSTIBLE, ET INSTALLATION ASSOCIEE.

57 Ce procédé comporte l'introduction d'un courant (140)
de gaz craqué aval issu d'un échangeur thermique aval (58)
dans un séparateur aval (60) et la récupération, en tête du
séparateur aval (60), d'un courant (144) gazeux de combus-
tible à haute pression.

Le procédé comporte le passage du courant (144) de
combustible à travers l'échangeur aval (58) et un échangeur
intermédiaire (50, 54) pour former un courant (146) combus-
tible haute pression réchauffé, la détente du courant (146)
de combustible haute pression réchauffé dans au moins un
premier appareil (68) de détente dynamique et le passage
du courant (148) de combustible partiellement détendu issu
de l'échangeur intermédiaire (50, 54) dans un deuxième ap-
pareil de détente dynamique (70) pour former un courant
(152) de combustible détendu.

Le courant (152) de combustible détendu issu du
deuxième appareil de détente dynamique (70) est réchauffé
dans l'échangeur thermique aval (58) et dans l'échangeur
thermique intermédiaire (50, 54).



FR 2 951 815 - A1



Procédé de fractionnement d'un courant de gaz craqué pour obtenir une coupe riche en éthylène et un courant de combustible, et installation associée.

La présente invention concerne un procédé de fractionnement d'un courant de gaz craqué issu d'une installation de pyrolyse d'hydrocarbures pour obtenir une coupe riche en éthylène et un courant de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ , le procédé

comprenant les étapes suivantes :

- refroidissement amont et condensation partielle d'un courant de gaz craqué brut par échange thermique au moins partiel avec un fluide réfrigérant circulant dans un premier cycle de réfrigération externe et séparation d'un liquide amont dans au moins un ballon amont pour former un courant intermédiaire de gaz craqué pré-refroidi à une première température ;

- refroidissement intermédiaire et condensation partielle du courant intermédiaire de gaz craqué dans au moins un échangeur thermique intermédiaire et séparation d'un liquide intermédiaire dans au moins un ballon de séparation intermédiaire pour former un courant aval de gaz craqué refroidi à une deuxième température inférieure à la première température ;

- refroidissement aval et condensation partielle du courant aval de gaz craqué dans au moins un échangeur thermique aval jusqu'à une troisième température inférieure à la deuxième température ;

- introduction du courant aval de gaz craqué partiellement condensé issu de l'échangeur thermique aval dans un séparateur aval ;

- récupération, en tête du séparateur aval, d'un courant gazeux de combustible à haute pression, pauvre en hydrocarbures en C_2^+ , et récupération, en pied du séparateur aval, d'un liquide aval, riche en hydrocarbures en C_2^+ ;

- passage du courant de combustible haute pression à travers l'échangeur aval et l'échangeur intermédiaire pour former un courant de combustible haute pression réchauffé ;

- détente du courant de combustible haute pression réchauffé dans au moins un premier appareil de détente dynamique pour obtenir un courant de combustible partiellement détendu ;

- réchauffage du courant de combustible partiellement détendu à travers l'échangeur aval et l'échangeur intermédiaire ;

- traitement d'au moins un liquide obtenu lors des étapes de refroidissement amont, de refroidissement intermédiaire et de refroidissement aval pour former la coupe riche en éthylène.

Le gaz craqué est issu d'une installation de pyrolyse d'hydrocarbures tel qu'un four de vapocraquage. Le gaz introduit dans l'installation de pyrolyse présente avantageusement au moins 70% d'éthane, en association avec du propane, du butane, du naphta, du et/ou du gasoil.

5 Le procédé du type précité est destiné à traiter le gaz craqué pour obtenir une coupe d'éthylène présentant une teneur en éthylène supérieure à 99,95 % en moles, en récupérant plus de 99,5 % en moles de l'éthylène contenu dans le gaz craqué.

Un procédé du type précité qui permet d'obtenir de telles performances est décrit par exemple dans EP 1 215 459.

10 Ce procédé est destiné à être mis en œuvre pour traiter de très grands volumes de gaz craqué, par exemple supérieur à 50 tonnes, notamment supérieur à 100 tonnes par heure.

Pour garantir à la fois une très grande pureté du courant d'éthylène produit et un taux de récupération d'éthylène maximal, il est nécessaire de refroidir le gaz traité jusqu'à
15 des températures inférieures à -100°C et notamment inférieures à -120°C .

A cet effet, le courant de gaz craqué est mis en relation d'échange thermique successivement avec du propylène circulant dans un premier cycle de réfrigération externe, puis avec de l'éthylène circulant dans un deuxième cycle de réfrigération externe.

Le cycle de réfrigération à l'éthylène comprend généralement trois niveaux
20 thermiques, avec un premier échangeur thermique à environ -50°C , un deuxième échangeur thermique à environ -75°C et un troisième échangeur thermique à environ -100°C .

Après chaque échange thermique, le gaz craqué partiellement condensé est introduit dans un séparateur pour évacuer le liquide formé.

25 Les liquides recueillis, qui sont généralement riches en hydrocarbures en C_2^+ , sont envoyés vers une unité de traitement comportant au moins une colonne de fractionnement. La colonne de fractionnement produit le courant contenant l'éthylène récupéré par le procédé cryogénique.

Compte tenu de l'utilisation de deux cycles de réfrigération et d'un cycle à base
30 d'éthylène à trois niveaux thermiques, la consommation énergétique du procédé peut encore être améliorée.

Un but de l'invention est donc d'obtenir, avec un investissement minimal, un procédé de fractionnement qui permette toujours de récupérer un courant riche en éthylène, avec un taux de récupération très élevé, tout en présentant des performances
35 énergétiques améliorées.

3

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type précité, caractérisé en ce que caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- passage du courant de combustible partiellement détendu issu de l'échangeur intermédiaire dans un deuxième appareil de détente dynamique pour former un courant de combustible détendu ;

- réchauffage du courant de combustible détendu issu du deuxième appareil de détente dynamique dans l'échangeur thermique aval et dans l'échangeur thermique intermédiaire ;

- compression du courant de combustible détendu réchauffé dans au moins un compresseur accouplé à au moins une turbine de détente du premier appareil de détente dynamique ou/et du deuxième appareil de détente dynamique pour former le courant de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ .

Le procédé selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- la puissance thermique nécessaire au refroidissement du courant intermédiaire de gaz craqué vers la deuxième température est fournie dans l'échangeur thermique intermédiaire par échange thermique avec le courant de combustible haute pression, par échange thermique avec le courant de combustible partiellement détendu et par échange thermique avec le courant de combustible détendu, sans échange thermique avec un fluide réfrigérant externe circulant dans un cycle de réfrigération ;

- le procédé comprend la récupération du liquide aval et son réchauffage à travers l'échangeur thermique aval, et l'échangeur thermique intermédiaire ;

- le liquide aval est sous-refroidi dans l'échangeur thermique aval avant son réchauffage dans l'échangeur thermique aval, puis dans l'échangeur thermique intermédiaire ;

- au moins une fraction d'un liquide intermédiaire récupéré à l'étape de refroidissement intermédiaire est réchauffée dans l'échangeur thermique aval et dans l'échangeur thermique intermédiaire ;

- la fraction du liquide intermédiaire récupéré à l'étape de refroidissement intermédiaire est sous-refroidie dans l'échangeur thermique aval avant d'être réintroduite dans l'échangeur thermique aval, puis dans l'échangeur thermique intermédiaire ;

- au moins un parmi la au moins une fraction du liquide intermédiaire et le liquide aval s'évapore lors de son passage dans l'échangeur thermique aval et dans l'échangeur thermique intermédiaire pour former un courant gazeux de recirculation, le courant de

recirculation étant mélangé au courant de gaz craqué brut, avant le passage du courant de gaz craqué brut dans au moins un compresseur ;

- l'étape de traitement comprend l'introduction d'au moins un courant formé à partir du liquide amont, du liquide intermédiaire et/ou du liquide aval dans une colonne de fractionnement et la production dans la colonne de fractionnement d'un courant riche en éthylène destiné à former la coupe riche en éthylène ;

- à l'étape de traitement, le liquide amont et le liquide intermédiaire sont introduits dans la colonne de fractionnement ;

- le courant de tête issu de la colonne de fractionnement est convoyé vers l'échangeur thermique amont et avantageusement vers un échangeur amont de réchauffage, avant d'être mélangé au gaz craqué brut ;

- le premier appareil de détente dynamique et le deuxième appareil de détente dynamique comprennent chacun au moins une turbine de détente dynamique, avantageusement comprennent chacun entre deux et trois turbines de détente dynamique ;

- la teneur molaire en hydrogène dans le courant de combustible haute pression est supérieure à 75% ; et

- la première température est inférieure à -63°C , la deuxième température est inférieure à -85°C , et la troisième température est inférieure à -120°C .

L'invention a également pour objet une installation de fractionnement d'un courant de gaz craqué issu d'une installation de pyrolyse d'hydrocarbures pour obtenir une coupe riche en éthylène et un courant de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^{+} , l'installation comprenant :

- des moyens amont de refroidissement et de condensation partielle d'un courant de gaz craqué brut comportant des moyens d'échange thermique au moins partiel avec un premier cycle de réfrigération externe et des moyens de séparation d'un liquide amont comportant au moins un ballon amont pour former un courant intermédiaire de gaz craqué pré-refroidi à une première température ;

- des moyens intermédiaire de refroidissement et de condensation partielle du courant intermédiaire de gaz craqué comportant au moins un échangeur thermique intermédiaire et des moyens de séparation d'un liquide intermédiaire comportant au moins un ballon de séparation intermédiaire pour former un courant aval de gaz craqué refroidi à une deuxième température inférieure à la première température ;

- des moyens de refroidissement aval et de condensation partielle du courant aval de gaz craqué comportant au moins un échangeur thermique aval pour refroidir le courant

aval de gaz craqué jusqu'à une troisième température inférieure à la deuxième température ;

- un séparateur aval et des moyens d'introduction du courant aval de gaz craqué issu de l'échangeur thermique aval dans le séparateur aval ;

5 - des moyens de récupération, en tête du séparateur aval, d'un courant gazeux de combustible à haute pression pauvre en hydrocarbures en C_2^+ et des moyens de récupération, en pied du séparateur aval, d'un liquide aval riche en hydrocarbures en C_2^+ ;

10 - des moyens de passage du courant de combustible haute pression à travers l'échangeur aval et l'échangeur intermédiaire pour former un courant combustible haute pression réchauffé ;

- des moyens de détente du courant de combustible haute pression réchauffé comportant au moins un premier appareil de détente dynamique pour former un courant de combustible partiellement détendu ;

15 - des moyens de réchauffage du courant de combustible partiellement détendu à travers l'échangeur aval et l'échangeur intermédiaire ;

- des moyens de traitement d'au moins un liquide obtenu à partir des moyens de refroidissement amont, des moyens de refroidissement intermédiaire et des moyens de refroidissement aval pour former la coupe riche en éthylène ;

caractérisée en ce que l'installation comprend :

20 - un deuxième appareil de détente dynamique et des moyens de passage du courant de combustible partiellement détendu issu de l'échangeur intermédiaire dans le deuxième appareil de détente dynamique pour former un courant de combustible détendu ;

25 - des moyens de réchauffage du courant de combustible détendu issu du deuxième appareil de détente dynamique dans l'échangeur thermique aval et dans l'échangeur thermique intermédiaire ; et

30 - des moyens de compression du courant de combustible détendu réchauffé comportant au moins un compresseur accouplé à au moins une turbine de détente du premier appareil de détente dynamique ou/et du deuxième appareil de détente dynamique pour former le courant de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ .

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

35 - la figure unique est un schéma synoptique fonctionnel d'une première installation de fractionnement selon l'invention, destinée à la mise en œuvre d'un premier procédé selon l'invention.

Dans tout ce qui suit, une même référence désigne un courant circulant dans une conduite et la conduite qui transporte ce courant. Par ailleurs, sauf indication contraire, les pourcentages sont des pourcentages molaires et les pressions s'entendent en bars relatifs.

5 Une première unité 10 de vapocraquage selon l'invention est représentée sur la figure 1.

Cette unité 10 est destinée à former une coupe 12 riche en éthylène et un courant 14 de gaz combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ , à partir d'une charge 16.

10 L'unité 10 comprend une installation 18 de pyrolyse d'hydrocarbures comportant un four de vapocraquage destiné à produire un courant 20 de gaz craqué brut. Elle comporte en outre une installation 22 de fractionnement du gaz traité brut pour former le courant de gaz de combustible 14 et la coupe riche en éthylène 12.

La charge 16 est avantageusement formée d'au moins 70% en moles d'éthane, en association avec du propane, du butane, du naphta et/ou du gasoil.

15 Le four de vapocraquage 18 est propre à faire circuler la charge 16 pour la chauffer à une température supérieure à 800°C. Ceci provoque le craquage thermique des molécules d'hydrocarbures contenues dans la charge 16 afin de former le courant de gaz craqué brut 20.

20 L'installation de fractionnement 22 comporte successivement un ensemble 24 de refroidissement et de compression, et un ensemble amont 26, un ensemble aval 28 et un ensemble intermédiaire 30 de refroidissement et de séparation du gaz craqué.

L'installation 22 comporte en outre un ensemble 32 de traitement des liquides formés dans les ensembles 26 à 30, et un ensemble 34 de détente et de réchauffage du gaz combustible.

25 L'ensemble de compression 24 comporte une étape de refroidissement et un compresseur primaire 36 et un compresseur secondaire 38, le compresseur secondaire étant disposé en aval du compresseur primaire 36.

30 L'ensemble amont 26 de refroidissement et de séparation comporte un premier ballon séparateur amont 40, un échangeur thermique amont 42, un cycle de réfrigération 44 à l'éthylène, et un deuxième ballon séparateur amont 46.

35 Le cycle à l'éthylène 44 comporte deux échangeurs thermiques de cycle 48A, 48B dans lequel circule de l'éthylène. La température d'entrée de l'éthylène est inférieure à - 45°C, avantageusement comprise entre - 45°C et - 60°C dans l'échangeur 48A, et est inférieure à -65°C et comprise notamment entre - 65°C et - 80°C dans l'échangeur 48B. Les échangeurs 48A et 48B peuvent être intégrés dans l'échangeur thermique amont 42.

L'ensemble intermédiaire 28 de refroidissement et de séparation comporte, d'amont en aval, un premier échangeur thermique intermédiaire 50, un premier ballon séparateur intermédiaire 52, puis un deuxième échangeur thermique intermédiaire 54, et un deuxième ballon séparateur intermédiaire 56.

5 L'ensemble aval 30 de refroidissement et de séparation comprend un échangeur thermique aval 58, et un ballon séparateur aval 60 destiné à produire le courant de gaz combustible.

L'ensemble 32 de traitement des liquides comporte une colonne de fractionnement 62, un échangeur thermique de rebouillage 64, et une pompe 66 de fond de colonne.

10 L'ensemble 34 de détente et de réchauffage comprend un premier appareil de détente dynamique 68, un deuxième appareil de détente dynamique 70, les appareils 68, 70 présentant chacun au moins une turbine de détente dynamique 68A, 70A.

L'ensemble 34 de détente et de réchauffage comporte en outre un échangeur thermique 72 de réchauffage, un premier appareil 74 de compression et un deuxième
15 appareil 75 de compression, les appareils 74 et 75 présentant chacun au moins un compresseur 74A et 75A, qui sont chacun accouplés à une turbine de détente 68A, 70A respective du premier appareil de détente dynamique 68 et du deuxième appareil de détente dynamique 70.

L'échangeur thermique de réchauffage 72 refroidit un fluide réfrigérant circulant
20 dans un cycle 78 de réfrigération au propylène. Le cycle au propylène 78 comporte un échangeur thermique de pied 80 placé en aval de la pompe 66 de fond de colonne. L'échangeur 80 peut être intégré dans l'échangeur 42.

Un premier procédé selon l'invention, mis en œuvre dans l'unité 10 pour traiter le courant de gaz craqué issu du vapocraquage d'une charge 16, va maintenant être décrit.

25 Initialement, la charge 16 contenant majoritairement de l'éthane est introduite dans le four de vapocraquage 18 pour être chauffée à une température supérieure à 800°C et subir un craquage thermique.

Un courant de gaz craqué brut 20 est extrait du four 18 à une température supérieure à 800°C et à une pression supérieure à 1 bars.

30 Ce courant 20 est ensuite refroidi et introduit dans le compresseur primaire 36 pour être comprimé à une pression supérieure à 10 bars sensiblement inférieure à la pression dans la colonne de fractionnement 62, puis dans le compresseur secondaire 38 pour être comprimé à une pression supérieure à 30 bars.

35 Le courant de gaz craqué 90 comprimé issu du compresseur secondaire 38 est ensuite séparé en une première fraction de rebouillage 92 et en une deuxième fraction 94.

La fraction de rebouillage 92 est introduite dans l'échangeur thermique 64 de fond de colonne pour y être refroidie et partiellement condensée. La deuxième fraction 94 est passée à travers une première vanne 96 de contrôle de débit, avant d'être mélangée avec la fraction 92 de rebouillage issue de l'échangeur 64 pour former un courant de gaz craqué 98 partiellement condensé.

Dans une variante du procédé, le courant de gaz craqué 90 peut avantageusement circuler, partiellement ou en totalité, au travers de l'échangeur thermique de réchauffage 72 avant la séparation en les flux 92 et 96, afin de refroidir dans l'échangeur 72.

Le rapport molaire de la première fraction de rebouillage 92 à la deuxième fraction 94 est compris entre 5% et 20%. Le courant de gaz craqué 98 partiellement condensé contient au moins 15% molaires de liquide. Il présente une température inférieure à -30 °C.

Puis, le courant 98 est introduit dans le premier ballon séparateur amont 40 pour former un premier liquide amont 100 et un courant amont de gaz craqué 102.

Le premier liquide amont 100 est prélevé dans le fond du premier ballon séparateur 40 et est introduit à un niveau inférieur N1 de la colonne de fractionnement 62, après passage et détente dans une deuxième vanne 104 de contrôle de débit.

La pression dans la colonne de fractionnement 62 est avantageusement comprise entre 10 bars et 14 bars.

Le courant amont 102 est ensuite séparé en un premier flux gazeux 106 de gaz craqué et en deuxième flux gazeux 108 de gaz craqué. Le rapport du débit molaire du premier flux 106 au débit molaire du courant amont 102 est supérieur à 8%.

Le premier flux 106 est refroidi jusqu'à une température inférieure à - 63°C et notamment sensiblement comprise entre - 63°C et - 78°C dans l'échangeur thermique amont 42.

Le deuxième flux gazeux 108 est introduit successivement dans le premier échangeur thermique de cycle 48A pour être refroidi jusqu'à une température inférieure à - 43°C par échange thermique avec l'éthylène circulant dans le cycle 44. Puis, il est introduit dans le deuxième échangeur thermique de cycle 48B pour être refroidi jusqu'à une température inférieure à - 63°C, et notamment comprise entre - 63°C et - 78°C.

Après refroidissement, les flux 106 et 108, sont mélangés et forment un courant amont 110 partiellement condensé de gaz craqué qui est introduit dans le deuxième ballon séparateur amont 46.

La teneur molaire en liquide dans le courant amont de gaz craqué partiellement condensé 110 est comprise entre 30% et 60%. Dans le deuxième ballon séparateur

amont 46, le courant 110 se sépare en un deuxième liquide amont 112 et en un premier courant gazeux intermédiaire 114 de gaz craqué refroidi à une première température inférieure à -63°C.

Le deuxième liquide amont 112 est récupéré au fond du deuxième ballon séparateur amont 46. Il forme le courant 113 après passage et détente dans une troisième vanne 116 de contrôle de débit et est introduit à un niveau N2 de la colonne de fractionnement 62 située au dessus du niveau N1.

Le premier courant intermédiaire 114 de gaz craqué est introduit dans le premier échangeur thermique intermédiaire 50 pour y être refroidi à une température inférieure à -85°C et former un courant intermédiaire 118 partiellement condensé de gaz craqué. Le courant 118 présente une température inférieure à -85°C, et une teneur en liquide comprise entre 8% en moles et 30% en moles.

Le courant 118 est ensuite introduit dans le premier ballon séparateur intermédiaire 52 pour former un premier liquide intermédiaire 120 et un deuxième courant gazeux intermédiaire 122 de gaz craqué.

Le premier liquide intermédiaire 120 est récupéré au fond du ballon 52. Il forme le courant 121, après passage et détente à travers une quatrième vanne 124 de contrôle de débit, avant d'être introduit à un troisième niveau N3 de la colonne de fractionnement 62, situé au-dessus du niveau N2.

Dans une variante du procédé, les courants 113 et 121 peuvent être combinés avant d'alimenter la colonne de fractionnement 62.

Le deuxième courant gazeux intermédiaire 122 est ensuite introduit dans le deuxième échangeur thermique intermédiaire 54 pour y être refroidi à une deuxième température inférieure à -105°C et comprise entre -105°C et -120°C.

A la sortie du deuxième échangeur thermique intermédiaire 54, le deuxième courant intermédiaire 126 partiellement condensé est introduit dans le deuxième ballon séparateur intermédiaire 56 pour y être séparé en un deuxième liquide intermédiaire 128 et en un courant aval de gaz craqué 130.

Une première fraction 132 du deuxième liquide intermédiaire 128 est introduite à un niveau N4 de la colonne de fractionnement 62 situé au-dessus du niveau N3, après passage et détente dans une cinquième vanne 134 de contrôle de débit. Une deuxième fraction 136 de recirculation du deuxième liquide intermédiaire 128 est sous-refroidie dans l'échangeur thermique aval 58, comme on le verra plus bas.

Le courant aval de gaz craqué 130 est ensuite introduit dans l'échangeur thermique aval 58 pour y être refroidi et former un courant aval 140 de gaz craqué partiellement condensé. La température du courant 140, à la sortie de l'échangeur

thermique aval 58 est inférieure à -125°C et est notamment comprise entre -125°C et -140°C .

Le courant 140 est ensuite introduit dans le ballon séparateur aval 60 pour y être séparé en un liquide aval 142 et en un courant de gaz combustible 144 à haute pression destiné à être détendu. Le courant de gaz de combustible 144 comporte plus de 75% en moles d'hydrogène et moins de 0.5% en moles d'hydrocarbures en C_2^{+} .

Le courant 144 est introduit une première fois dans l'échangeur thermique aval 58 pour se réchauffer par échange thermique à contre-courant avec le courant aval 130 de gaz craqué refroidi, puis dans le deuxième échangeur thermique intermédiaire 54 pour se réchauffer à contre-courant notamment du deuxième courant 122 intermédiaire de gaz craqué, jusqu'à une température supérieure à -110°C .

Il est ensuite introduit dans le premier échangeur thermique aval 50 pour y être réchauffé par échange thermique avec le premier courant intermédiaire de gaz craqué 114 jusqu'à une température supérieure à -85°C .

Le courant de gaz combustible à haute pression 146 réchauffé à une température supérieure à -85°C est ensuite introduit dans une turbine de détente dynamique 68A du premier appareil de détente dynamique 68 pour être détendu jusqu'à une pression inférieure à 12 bars et former un courant 148 de gaz combustible à pression intermédiaire.

La température du courant 148 est inférieure à -115°C . Le courant 148 est alors introduit à nouveau dans l'échangeur thermique aval 58, dans le deuxième échangeur thermique intermédiaire 54, puis dans le premier échangeur thermique intermédiaire 50 pour se réchauffer successivement par échange thermique respectivement avec le courant 130, le courant 122 et le courant 114, comme décrit précédemment. Ce passage du courant 148 à travers les échangeurs 50, 54, 58 s'effectue entre une turbine 68A du premier appareil 68 et une turbine 70A du deuxième appareil 70.

Le courant 150 de gaz combustible réchauffé à pression intermédiaire est ensuite introduit dans une turbine 70A de détente dynamique du deuxième appareil 70 de détente dynamique pour y être détendu à une pression inférieure à 4 bars et former un courant de gaz combustible 152 à basse pression refroidi.

La température du courant 152 est alors inférieure à -115°C , et sa pression est inférieure à 4 bars.

Le courant 152 est ensuite introduit successivement dans l'échangeur thermique aval 58, dans le deuxième échangeur thermique intermédiaire 54, puis dans le premier échangeur thermique 50 pour y être réchauffé à contre-courant respectivement du courant 130, du courant 122, et du courant 114 comme décrit plus haut.

Le courant de gaz combustible 154 basse pression réchauffé issu du premier échangeur thermique intermédiaire 50 est ensuite introduit successivement dans l'échangeur thermique amont 42 pour être placé en relation d'échange thermique avec le premier flux gazeux 106 issu du premier courant gazeux de gaz craqué 102, puis dans l'échangeur thermique de réchauffage 72.

Dans l'échangeur thermique de réchauffage 72, le courant 154 se réchauffe par échange thermique avec le fluide réfrigérant 156 au propylène circulant dans le cycle de réfrigération 78.

Le courant 160 de gaz combustible réchauffé à basse pression issu de l'échangeur 72 présente ainsi une pression proche de la pression atmosphérique.

Le courant 160 est ensuite introduit successivement dans le compresseur 75A du deuxième appareil de compression 75, puis dans le compresseur 74A de l'appareil de compression aval 74 pour former le courant de combustible 14 destiné à alimenter le réseau de l'installation. La pression du courant 14 est supérieure à 5 bars.

La teneur en éthylène dans le gaz combustible 144 haute pression, comme dans le gaz combustible 14 est inférieure à 0,5% molaires. Le taux de récupération d'éthylène dans l'installation est supérieur à 99,5%.

Le courant de combustible 14 comprend avantageusement plus de 99% du méthane contenu dans le courant de gaz craqué brut 20.

Le liquide aval 142 comporte plus de 25% en moles d'hydrocarbures en C_2^+ . Il est introduit dans l'échangeur thermique aval 58 pour y être sous-refroidi jusqu'à une température inférieure à -120°C.

Après leur passage dans l'échangeur 58, les liquides 136, 142 sont mélangés et sont introduits successivement dans les échangeurs thermiques 58, 54, 50, 42 et 72 pour se réchauffer et s'évaporer par échange thermique avec les courants respectifs circulant dans ces échangeurs.

Ils forment alors un courant gazeux 162 de recyclage réchauffé qui présente une température supérieure à 10°C. Le courant gazeux 162 est réintroduit dans le courant de gaz craqué brut 20, dans le compresseur primaire 36. Dans une variante du procédé, les liquides 136 et 142 sont introduits séparément dans les échangeurs thermiques 58, 54, 50, 42, 72 pour se réchauffer, avant d'être réintroduits dans le courant de gaz craqué brut 20.

La colonne de fractionnement 62 produit un courant de tête 164 riche en méthane et un courant de pied 166 riche en éthylène.

Le courant de tête 164 est introduit, après réchauffage dans l'échangeur thermique amont 42, puis après réchauffage dans l'échangeur thermique de réchauffage 72, dans le

courant de gaz craqué brut 20, entre le compresseur primaire 36 et le compresseur secondaire 38.

Le courant de pied 166 issu de la colonne de fractionnement 62 est pompé par la pompe 66, avant d'être introduit dans l'échangeur thermique de récupération 80 (qui peut être intégré dans l'échangeur 72). Il est alors réchauffé au contact du propylène formant le fluide réfrigérant du cycle 78. Après passage dans l'échangeur 80, la coupe 12 riche en éthylène est formée. Cette coupe 12 comporte plus de 99,5% en moles de l'éthylène contenu dans le courant de gaz craqué brut 20.

Selon l'invention, le courant intermédiaire de gaz craqué 114 qui est refroidi à une température inférieure à -63°C grâce à la réfrigération fournie par le cycle à l'éthylène 44 est ensuite refroidi jusqu'à une température inférieure à -90°C exclusivement par échange thermique avec le courant de gaz combustible 144 à haute pression, avec le courant de gaz combustible partiellement détendu 148 et avec le courant de gaz combustible détendu 152, et par le réchauffage des liquides 142, 136 issus des ballons 56, 60, dans les échangeurs thermiques 50, 54 et 58.

Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un cycle de réfrigération à l'éthylène 44 comportant un niveau thermique à -100°C (usuellement entre -95°C et -102°C), entre le ballon amont 46 et le ballon aval 60. Ceci diminue la consommation énergétique du procédé et l'investissement nécessaire pour sa mise en œuvre.

Ainsi, l'utilisation adéquate du potentiel de détente et de la capacité calorifique élevée du gaz combustible haute pression 144 formé à la sortie du ballon aval 60, en raison de sa richesse en hydrogène, permet de diminuer grandement la consommation énergétique du procédé. Il est ainsi possible de diminuer d'au moins 30 KWh par tonne d'éthylène produit par heure la puissance spécifique de réfrigération par rapport à une unité connue de l'état de la technique, et ce en conservant un taux de récupération d'éthane supérieur à 99,5 % et en produisant une coupe 12 riche en éthylène.

Ce résultat est obtenu en diminuant l'investissement nécessaire pour l'installation, puisqu'il n'est plus nécessaire de prévoir un compresseur spécifique et un échangeur thermique spécifique pour un niveau thermique à -100°C dans le cycle à l'éthylène 44.

Dans une variante, chaque appareil de détente dynamique 68 comprend une pluralité de turbines de détente dynamique, par exemple de 2 à 3 turbines de détente dynamique. Dans une autre variante, un compresseur additionnel est placé en aval des compresseurs 76A, 76B pour comprimer à une pression plus élevée le gaz combustible 14.

Dans d'autres variantes, l'unité de traitement comprend une pluralité de colonnes de fractionnement comme décrit par exemple dans EP 1 215 459.

REVENDICATIONS

1.- Procédé de fractionnement d'un courant (20) de gaz craqué issu d'une installation (18) de pyrolyse d'hydrocarbures pour obtenir une coupe (12) riche en éthylène et un courant (14) de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ , le procédé

5 comprenant les étapes suivantes :

- refroidissement amont et condensation partielle d'un courant de gaz craqué brut (20) par échange thermique au moins partiel avec un fluide réfrigérant circulant dans un premier cycle (44) de réfrigération externe et séparation d'un liquide amont (112) dans au moins un ballon amont (46) pour former un courant intermédiaire (114) de gaz craqué pré-refroidi à une première température ;

- refroidissement intermédiaire et condensation partielle du courant intermédiaire de gaz craqué (114) dans au moins un échangeur thermique (50, 54) intermédiaire et séparation d'un liquide intermédiaire (120, 128) dans au moins un ballon de séparation intermédiaire (52, 56) pour former un courant aval (130) de gaz craqué refroidi à une

- refroidissement aval et condensation partielle du courant aval de gaz craqué (130) dans au moins un échangeur thermique aval (58) jusqu'à une troisième température inférieure à la deuxième température ;

- introduction du courant aval (140) de gaz craqué partiellement condensé issu de l'échangeur thermique aval (58) dans un séparateur aval (60) ;

- récupération, en tête du séparateur aval (60), d'un courant (144) gazeux de combustible à haute pression, pauvre en hydrocarbures en C_2^+ , et récupération, en pied du séparateur aval, d'un liquide aval (142), riche en hydrocarbures en C_2^+ ;

- passage du courant (144) de combustible haute pression à travers l'échangeur aval (58) et l'échangeur intermédiaire (50, 54) pour former un courant (146) de combustible haute pression réchauffé ;

- détente du courant (146) de combustible haute pression réchauffé dans au moins un premier appareil (68) de détente dynamique pour obtenir un courant (148) de combustible partiellement détendu ;

- réchauffage du courant (148) de combustible partiellement détendu à travers l'échangeur aval (58) et l'échangeur intermédiaire (50, 54) ;

- traitement d'au moins un liquide (112, 120, 128) obtenu lors des étapes de refroidissement amont, de refroidissement intermédiaire et de refroidissement aval pour former la coupe riche en éthylène (12) ;

caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- passage du courant (148) de combustible partiellement détendu issu de l'échangeur intermédiaire (50, 54) dans un deuxième appareil de détente dynamique (70) pour former un courant (152) de combustible détendu ;

- réchauffage du courant (152) de combustible détendu issu du deuxième appareil de détente dynamique (70) dans l'échangeur thermique aval (58) et dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54) ;

- compression du courant (160) de combustible détendu réchauffé dans au moins un compresseur (76A, 76B) accouplé à au moins une turbine de détente (68A, 70A) du premier appareil de détente dynamique ou/et du deuxième appareil de détente dynamique pour former le courant (14) de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ .

2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la puissance thermique nécessaire au refroidissement du courant intermédiaire de gaz craqué (114) vers la deuxième température est fournie dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54) par échange thermique avec le courant (144) de combustible haute pression, par échange thermique avec le courant (148) de combustible partiellement détendu et par échange thermique avec le courant (152) de combustible détendu, sans échange thermique avec un fluide réfrigérant externe circulant dans un cycle de réfrigération.

3.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend la récupération du liquide aval (142) et son réchauffage à travers l'échangeur thermique aval (58), et l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54).

4.- Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le liquide aval est sous-refroidi dans l'échangeur thermique aval (58) avant son réchauffage dans l'échangeur thermique aval (58), puis dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54).

5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins une fraction (136) d'un liquide intermédiaire (128) récupéré à l'étape de refroidissement intermédiaire est réchauffée dans l'échangeur thermique aval (58) et dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54).

6.- Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la fraction (136) du liquide intermédiaire (128) récupéré à l'étape de refroidissement intermédiaire est sous-refroidie dans l'échangeur thermique aval (58) avant d'être réintroduite dans l'échangeur thermique aval (58), puis dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54).

7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce qu'au moins un parmi la au moins une fraction (136) du liquide intermédiaire (128) et le liquide aval (142) s'évapore lors de son passage dans l'échangeur thermique aval (58) et dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54) pour former un courant gazeux (162) de recirculation, le courant de recirculation (162) étant mélangé au courant de gaz craqué

brut (20), avant le passage du courant de gaz craqué brut (20) dans au moins un compresseur (38).

8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de traitement comprend l'introduction d'au moins un courant (112, 120, 132) formé à partir du liquide amont (112), du liquide intermédiaire (120, 128) et/ou du liquide aval (142) dans une colonne (62) de fractionnement et la production dans la colonne de fractionnement (62) d'un courant (166) riche en éthylène destiné à former la coupe (12) riche en éthylène.

9.- Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'à l'étape de traitement, le liquide amont (112) et le liquide intermédiaire (120) sont introduits dans la colonne de fractionnement (62).

10.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le courant de tête (164) issu de la colonne de fractionnement (62) est convoyé vers l'échangeur thermique amont (42) et avantageusement vers un échangeur amont de réchauffage (72), avant d'être mélangé au gaz craqué brut (20).

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier appareil de détente dynamique (68) et le deuxième appareil de détente dynamique (70) comprennent chacun au moins une turbine (68A, 70A) de détente dynamique, avantageusement comprennent chacun entre deux et trois turbines de détente dynamique.

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur molaire en hydrogène dans le courant (144) de combustible haute pression est supérieure à 75%.

13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première température est inférieure à -63°C , en ce que la deuxième température est inférieure à -85°C , et en ce que la troisième température est inférieure à -120°C .

14.- Installation (22) de fractionnement d'un courant (20) de gaz craqué issu d'une installation (18) de pyrolyse d'hydrocarbures pour obtenir une coupe (12) riche en éthylène et un courant (14) de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^{+} , l'installation (22) comprenant :

- des moyens amont de refroidissement et de condensation partielle d'un courant de gaz craqué brut (20) comportant des moyens (48A, 48B) d'échange thermique au moins partiel avec un premier cycle (44) de réfrigération externe et des moyens de séparation d'un liquide amont (112) comportant au moins un ballon amont (46) pour

former un courant intermédiaire (114) de gaz craqué pré-refroidi à une première température ;

- des moyens intermédiaire de refroidissement et de condensation partielle du courant intermédiaire de gaz craqué (114) comportant au moins un échangeur thermique (50, 54) intermédiaire et des moyens de séparation d'un liquide intermédiaire (120, 128) comportant au moins un ballon de séparation intermédiaire (52, 56) pour former un courant aval (130) de gaz craqué refroidi à une deuxième température inférieure à la première température ;

- des moyens de refroidissement aval et de condensation partielle du courant aval de gaz craqué (130) comportant au moins un échangeur thermique aval (58) pour refroidir le courant aval de gaz craqué (130) jusqu'à une troisième température inférieure à la deuxième température ;

- un séparateur aval (60) et des moyens d'introduction du courant aval (140) de gaz craqué issu de l'échangeur thermique aval (58) dans le séparateur aval (60) ;

- des moyens de récupération, en tête du séparateur aval (60), d'un courant (144) gazeux de combustible à haute pression pauvre en hydrocarbures en C_2^+ et des moyens de récupération, en pied du séparateur aval (60), d'un liquide aval (142) riche en hydrocarbures en C_2^+ ;

- des moyens de passage du courant (144) de combustible haute pression à travers l'échangeur aval (58) et l'échangeur intermédiaire (50, 54) pour former un courant (146) combustible haute pression réchauffé ;

- des moyens de détente du courant (146) de combustible haute pression réchauffé comportant au moins un premier appareil (68) de détente dynamique pour former un courant (148) de combustible partiellement détendu ;

- des moyens de réchauffage du courant (148) de combustible partiellement détendu à travers l'échangeur aval (58) et l'échangeur intermédiaire (50, 54) ;

- des moyens de traitement d'au moins un liquide (112, 120, 128) obtenu à partir des moyens de refroidissement amont, des moyens de refroidissement intermédiaire et des moyens de refroidissement aval pour former la coupe riche en éthylène (12) ;

caractérisée en ce que l'installation (22) comprend :

- un deuxième appareil de détente dynamique (70) et des moyens de passage du courant (148) de combustible partiellement détendu issu de l'échangeur intermédiaire (50, 54) dans le deuxième appareil de détente dynamique (70) pour former un courant (152) de combustible détendu ;

17

- des moyens de réchauffage du courant (152) de combustible détendu issu du deuxième appareil de détente dynamique (70) dans l'échangeur thermique aval (58) et dans l'échangeur thermique intermédiaire (50, 54) ;

- 5 - des moyens de compression du courant (160) de combustible détendu réchauffé comportant au moins un compresseur (76A, 76B) accouplé à au moins une turbine de détente (68A, 70A) du premier appareil de détente dynamique ou/et du deuxième appareil de détente dynamique pour former le courant (14) de combustible pauvre en hydrocarbures en C_2^+ .

10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 729099
FR 0957537

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		
Y	US 4 629 484 A (KISTER HENRY Z [US]) 16 décembre 1986 (1986-12-16) * colonne 4, ligne 15-29 * * colonne 5, ligne 48 - colonne 6, ligne 29 * * colonne 7, ligne 34-38 * * colonne 7, ligne 54-61 * * colonne 8, ligne 1-39; figure * -----	1-14	F25J3/02 C10G70/04
Y,D	US 2002/198430 A1 (KAISER VICTOR [FR] ET AL) 26 décembre 2002 (2002-12-26) * alinéas [0045], [0051], [0057], [0059], [0060], [0071], [0072]; figure *	1-14	
Y	US 4 496 381 A (NORENBURG JOHANNES [US]) 29 janvier 1985 (1985-01-29) * colonne 1, ligne 46-50; figures * * colonne 2, ligne 64 - colonne 3, ligne 17 * * colonne 4, ligne 52 - colonne 5, ligne 16 * * colonne 5, ligne 34-60 * * colonne 6, ligne 1-13 * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F25J C10G
Y	US 5 768 913 A (MCCUE JR RICHARD H [US] ET AL) 23 juin 1998 (1998-06-23) * figures 1,2 *	3,4,6	
Y	HURSTEL X ET AL: "REFRIGERATION SCHEMES SERVE OLEFIN PLANT NEEDS" OIL AND GAS JOURNAL, PENNWELL, HOUSTON, TX, US, 7 septembre 1981 (1981-09-07), pages 107-123, XP009047287 ISSN: 0030-1388 * figures 10,11 * ----- -/--	5-7,9,10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 juillet 2010		Göritz, Dirk	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 729099
FR 0957537

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		
A	US 4 664 687 A (BAUER HEINZ [DE]) 12 mai 1987 (1987-05-12) * colonne 9, ligne 29 - colonne 11, ligne 10; figure 6 *	1,11,13, 14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 5 421 167 A (VERMA VIJENDER K [US]) 6 juin 1995 (1995-06-06) * colonne 6, ligne 4-55; figure 2 * * colonne 7, ligne 34-41 *	8,9, 11-13	
A	US 2009/112037 A1 (REYNEKE RIAN [US] ET AL) 30 avril 2009 (2009-04-30) * alinéas [0061], [0063], [0065], [0066]; figures 1,2 *	8,9,11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 juillet 2010		Göritz, Dirk	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0957537 FA 729099**

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 **29-07-2010**

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 4629484	A	16-12-1986	AUCUN	
US 2002198430	A1	26-12-2002	AT 289048 T	15-02-2005
			CA 2364354 A1	07-06-2002
			DE 60108835 D1	17-03-2005
			DE 60108835 T2	12-01-2006
			DK 1215459 T3	15-08-2005
			EP 1215459 A2	19-06-2002
			ES 2234792 T3	01-07-2005
			FR 2817767 A1	14-06-2002
			MX PA01012525 A	08-09-2005
			PT 1215459 E	29-04-2005
			TR 200403358 T3	21-02-2005
US 4496381	A	29-01-1985	AU 563894 B2	23-07-1987
			CA 1216511 A1	13-01-1987
			DE 3473034 D1	01-09-1988
			EP 0134243 A1	20-03-1985
			JP 60500381 T	22-03-1985
			WO 8403140 A1	16-08-1984
US 5768913	A	23-06-1998	BR 9808906 A	31-08-2004
			EP 1009963 A1	21-06-2000
			ID 22919 A	16-12-1999
			WO 9846950 A1	22-10-1998
US 4664687	A	12-05-1987	CA 1250224 A1	21-02-1989
			DE 3445995 A1	19-06-1986
			EP 0185202 A2	25-06-1986
US 5421167	A	06-06-1995	CA 2145013 A1	02-10-1995
			EP 0675190 A2	04-10-1995
			JP 3724840 B2	07-12-2005
			JP 8302360 A	19-11-1996
US 2009112037	A1	30-04-2009	CA 2616176 A1	15-02-2007
			EA 200800298 A1	29-08-2008
			EP 1907510 A1	09-04-2008
			JP 2009502915 T	29-01-2009
			WO 2007018510 A1	15-02-2007