

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
19 janvier 2017 (19.01.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/009109 A1

(51) Classification internationale des brevets :
C10G 11/18 (2006.01) C07C 11/06 (2006.01)
C07C 11/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/065838

(22) Date de dépôt international :
5 juillet 2016 (05.07.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1556740 16 juillet 2015 (16.07.2015) FR

(71) Déposant : IFP ENERGIES NOUVELLES [FR/FR]; 1
& 4 avenue du Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison (FR).

(72) Inventeurs : FANGET, Bertrand; 32 allée B, rue Vi-
maine, 38200 Vienne (FR). FORRET, Ann; 0000 L-d
Combechevre, 69420 Longes (FR). CORROYER, Ro-

main; 5, rue André Sabatier, 69520 Grigny (FR). RAY-
NAL, Ludovic; 0039 Rue Berthelot, 69600 Oullins (FR).

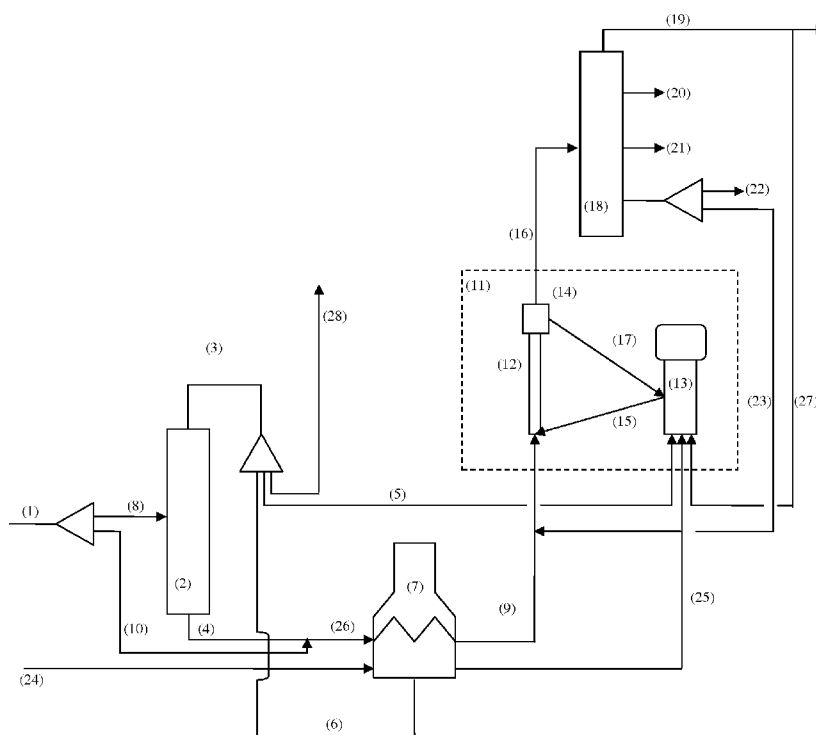
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR BALANCING THE HEAT BUDGET ON A NAPHTHA CATALYTIC CRACKING UNIT REFER-
RED TO AS NCC

(54) Titre : PROCEDE PERMETTANT DE REALISER LE BOUCLAGE DU BILAN THERMIQUE SUR UNE UNITE DE CRA-
QUAGE CATALYTIQUE DE NAPHTA DITE NCC



WO 2017/009109 A1



LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, **Publiée :**

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

PROCEDE PERMETTANT DE REALISER LE BOUCLAGE DU BILAN THERMIQUE SUR UNE UNITE DE CRAQUAGE CATALYTIQUE DE NAPHTA DITE NCC

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention se situe dans le domaine des procédés du raffinage et de la pétrochimie et plus particulièrement dans celui du craquage de coupes hydrocarbures légères de type naphta ou essence de distillation directe.

L'intérêt pour le craquage de charges paraffiniques de type essence de distillation directe dans des unités de FCC (acronyme de fluid catalytic craking selon la terminologie anglo saxonne) afin de les valoriser en propylène et éthylène est relativement récent.

On peut citer dans ce domaine le brevet WO 07043741 et la présentation faite en 2007 au « Spring National Meeting » de 2007 à Houston (Texas) de Curtis N. et al. « A catalytic cracking process for ethylene and propylene from paraffin streams, The Advanced Catalytic Olefins (ACO) Process », qu'on peut traduire par "Procédé de craquage catalytique pour la production d'éthylène et de propylène à partir de paraffines ».

Le différentiel de prix entre les oléfines légères et l'essence crée une incitation actuellement très forte vers ce type de craquage. De plus, les progrès faits pour l'amélioration des catalyseurs zéolitiques permettent des rendements conséquents en oléfines légères. Ce nouveau type d'unités FCC est couramment appelé NCC pour **Naphta Catalytic Craking** qu'on peut traduire par craquage catalytique de naphta. C'est cet acronyme que l'on utilisera dans la suite du texte.

Le craquage catalytique de coupes paraffiniques légères pose un problème car ce type de charge ne produit pas suffisamment de coke dans les conditions du FCC pour assurer par combustion dudit coke les besoins thermiques générés par la vaporisation de la charge (introduite liquide), et les réactions de craquage endothermiques.

La balance thermique de ces unités ne peut être atteinte que par un apport de chaleur externe au procédé. La solution généralement retenue consiste à recycler au niveau du régénérateur des coupes à fort potentiel de coke du type « slurry ».

On entend par « slurry » la coupe d'intervalle de distillation généralement compris entre 250°C et 350°C, coupe relativement riche en espèces aromatiques précurseurs de coke.

La présente invention propose d'utiliser une partie de la fraction en C5 de la charge, précisément la fraction ayant un point d'ébullition inférieure à 42°C correspondant aux normales et iso paraffines, mais ne contenant pas le cyclopentane, comme combustible permettant d'apporter la chaleur nécessaire à l'unité NCC.

Ce choix a été suggéré suite à des tests originaux réalisés sur pilote qui montrent que cette fraction est la coupe la plus réfractaire au craquage. L'apport de ladite coupe au bilan thermique de l'unité est réalisé soit directement dans le régénérateur la coupe étant brûlée avec le coke du catalyseur, soit comme combustible dans le ou les fours de préchauffage permettant de préchauffer la charge ou l'air du régénérateur.

EXAMEN DE L'ART ANTERIEUR

Aucun document de l'art antérieur ne cite clairement la fraction décrite dans la présente invention pour assurer le bilan thermique d'une unité de craquage catalytique d'une coupe naphta.

10 DESCRIPTION SOMMAIRE DES FIGURES

La figure 1 fournit un schéma du procédé selon l'invention dans lequel on a fait apparaître les éléments principaux suivants :

- l'unité NCC (11) comportant au moins un riser (12) et un régénérateur (13),
- un splitter (2) permettant de séparer la fraction normale et iso paraffines de la coupe C5 sortant en tête (flux 3) du reste de la charge sortant en fond (flux 4) et contenant le cyclopentane,
- le four de préchauffe (7) de la charge (4)+(10) et de l'air de combustion (24) utilisé au régénérateur,
- l'unité de fractionnement (18) permettant de séparer l'effluent du NCC en différentes coupes (19, 20, 21, 22 et 23).

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'INVENTION

Le NCC est une unité de craquage catalytique particulière qu'on peut considérer comme une déclinaison d'une unité de craquage catalytique FCC dont la particularité est de craquer des charges paraffiniques très légères (essence) afin de produire des oléfines légères.

25 Un des points bloquant d'un tel procédé est le bouclage du bilan thermique de l'unité. En effet, pour un FCC classique, le rendement en coke permet de générer suffisamment de chaleur pour assurer les besoins en calories de l'unité, c'est-à-dire la chaleur de vaporisation de la charge (introduite liquide), et son craquage qui est endothermique.

Dans le cas d'une unité NCC, de par la nature de la charge et du catalyseur, le rendement 30 en coke est généralement insuffisant pour réaliser la balance thermique de l'unité. Selon l'art antérieur, l'emploi d'une source de chaleur externe est donc requis.

La présente invention utilise une partie de la charge, la plus réfractaire au craquage catalytique, constituée des composés à 5 atomes de carbones de type normale ou iso paraffines comme source d'énergie en la brûlant soit directement dans le régénérateur, soit en l'utilisant comme combustible dans le ou les fours de préchauffage de la charge et de l'air de régénération.

Outre l'apport de calories nécessaire à l'unité, il a été découvert de manière surprenante que l'efficacité du NCC est améliorée quand la fraction C5 de point d'ébullition inférieur à 42°C de la charge naphta a été éliminée de ladite charge, tout en conservant dans cette dernière le cyclopentane.

- 10 La présente invention peut se définir comme un procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C -220°C, comprenant une étape de craquage catalytique de la charge en présence d'un catalyseur de craquage, et une étape de régénération du catalyseur par combustion du coke déposé à la surface dudit catalyseur, dans lequel on élimine au moins une partie de la fraction des composés à 15 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines, en conservant le cyclopentane dans ladite charge, de façon à utiliser, en tout ou partie, la fraction éliminée comme combustible dans ledit procédé de craquage catalytique pour permettre le bouclage du bilan thermique du procédé.

- Selon une première variante du procédé de craquage catalytique d'une charge essence de 20 distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C, la fraction de composés en C5 éliminée de la charge à traiter, c'est-à-dire la fraction des composés à 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines, est envoyée directement au régénérateur de l'unité NCC.

- Selon une seconde variante du procédé de craquage catalytique d'une charge essence de 25 distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C, la fraction de composés en C5 éliminée de la charge à traiter, est envoyée comme combustible dans le four de préchauffe de la charge.

De façon plus précise en relation avec la figure 1, on peut décrire le procédé selon la présente invention de la façon suivante :

- Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de 30 distillation 30°C-220°C selon les revendications 1 à 3, dans lequel on effectue la suite d'opérations suivantes :

- la charge (1) est séparée en deux fractions (8) et (10),

- la fraction (8) est envoyée dans un splitter C5 (2) qui permet de séparer les normales et iso paraffines en C5 qui sortent dans le flux de tête (3) du reste de la charge qui sort en fond par le flux (4),
 - le flux de tête (3) est la fraction hydrocarbure essentiellement composée de C5 et est constitué des normales et iso paraffines en C5,
 - le flux de fond (4) est la fraction lourde de la charge (cyclopentane et composés de type C6+) contenant en particulier le cyclopentane,
 - la fraction (10) de la charge qui n'a pas subi de séparation par le splitter (2) rejoint la coupe de fond (4) du splitter (2) pour former le flux (26) qui après préchauffage dans le four (7) constitue la charge entrant au réacteur (12),
 - les produits de craquage (16) sont séparés du catalyseur coké (17) par le stripeur/séparateur (14),
 - le catalyseur coké (17) est régénéré par brulage du coke dans le régénérateur (13) au contact de l'air de combustion (25) alimentant ce dernier.
 - la fraction (3) du flux d'hydrocarbures en C5 contenant les normales et isoparaffines en C5 est utilisée soit comme combustible (6) dans le four (7) de préchauffage, soit comme combustible (5) directement dans le régénérateur (13), soit encore est envoyée vers le pool essence (27) lorsque le bilan thermique ne nécessite pas l'utilisation de toute la fraction (3),
 - les produits de craquage (16) sont séparés du catalyseur coké (17) par le stripeur/séparateur (14) et sont envoyés dans une colonne de fractionnement (18), pour être séparés en gaz sec (19), en éthylène (20), en une coupe C3-C4 (21) et en une coupe de fond (flux 22 et 23).
 - Dans le procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C sel on l'invention, la fraction des composés à 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines correspondant au flux (3) a un point d'ébullition inférieur ou égal à 42°C, et la fraction lourde de la charge contenant le cyclo pentane et les composés en C6+ correspondant au flux (4) a un point d'ébullition supérieur à 42°C.
- Dans le procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon l'invention, une partie de la fraction composée de 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines peut être envoyée au pool essence (28).

Dans le procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon l'invention, l'air de combustion peut être préchauffé dans le four de préchauffage (7).

Dans le procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon l'invention, une partie (23) de la coupe de fond peut être recyclée vers l'entrée du réacteur (12).

Dans le procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon l'invention, le réacteur est de type « riser », c'est-à-dire à écoulement fluidisé ascendant.

Dans le procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon l'invention, le réacteur est de type « downer », c'est-à-dire à écoulement fluidisé descendant.

Enfin dans le procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon l'invention, le catalyseur peut comprendre une zéolite ZSM-5, voir être en totalité constitué de zéolithe ZSM-5.

15 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Une unité de craquage catalytique (FCC) traite généralement une coupe lourde issue de l'unité de distillation sous vide comme le VGO (abréviation de la terminologie anglo saxonne vacuum gas oil) ou un résidu sous vide en mélange, ou encore un résidu atmosphérique seul ou en mélange.

Il arrive cependant que la charge arrivant au FCC puisse être nettement plus légère du fait d'un prétraitement préalable, du VGO par exemple, ou bien du fait qu'elle provienne d'une unité de conversion dans laquelle la charge initiale a été enrichie en hydrogène et a été débarrassée de certaines impuretés.

Une adaptation récente du FCC à des charges encore plus légères telles que les essences (intervalle de distillation de 30°C à 220°C) a pour but de convertir ces charges paraffiniques légères en oléfines légères (éthylène et propylène), produits à forte valeur ajoutée pour le marché de la pétrochimie.

Le FCC est alors appelé NCC. Dans ce cas, le procédé doit répondre à la difficulté liée au faible rendement en coke de la charge, donc au bouclage du bilan thermique.

Dans la présente invention, on utilise une coupe de point d'ébullition précis, correspondant à la fraction la plus légère de la charge et aussi la plus réfractaire au craquage catalytique, comme combustible apportant la chaleur nécessaire à l'équilibre thermique de l'unité de NCC, tout en augmentant le rendement de ladite unité.

La figure 1 décrit schématiquement le schéma du procédé selon la présente invention qui fait appel à un splitter (2) permettant d'isoler la coupe que l'on souhaite soustraire de la charge de l'unité de NCC.

La charge (1) est une essence de distillation directe de nature paraffinique, c'est-à-dire composée à au moins 50% de composés de type paraffines. Elle contient des composés en C5, c'est-à-dire à 5 atomes de carbone, qu'on peut diviser en normales pentane, iso pentane et cyclopentane.

Elle est séparée en deux fractions (8) et (10). La fraction (8) est envoyée dans un splitter (2) qui permet de séparer les normales et iso paraffines en C5 qui sortent dans le flux de tête (3) du reste de la charge qui sort en fond par le flux (4).

La coupe de tête (3) est une fraction hydrocarbure essentiellement composée de C5 dont le point d'ébullition est inférieur ou égale à 42°C et constituée des normales et iso paraffines en C5.

La coupe de fond (4) est la fraction lourde de la charge (Cyclopentane + C6⁺) dont le point d'ébullition est supérieur à 42°C. Elle contient en particulier le cyclopentane dont le point d'ébullition est de 49°C.

L'unité de NCC (11) est schématiquement représentée par un réacteur (12) dans lequel est craquée la charge (9), correspondant au flux de fond (4) après son chauffage dans le four de préchauffage (7), au contact d'un catalyseur chaud (15).

Le réacteur (12) peut fonctionner à co-courant ascendant (on l'appelle alors « riser ») ou à co-courant descendant (on l'appelle alors « downer »).

Les produits de craquage (16) sont séparés du catalyseur coké (17) par le stripeur/séparateur (14).

Le catalyseur coké (17) est régénéré par brulage du coke dans le régénérateur (13) au contact de l'air de combustion (25) alimentant ce dernier. Cet air de combustion provient du flux (24) qui a été préchauffé dans le four de préchauffage (7).

La fraction (10) de la charge qui n'a pas subi de séparation par le splitter (2) rejoint la coupe de fond (4) du splitter (2) pour former le flux (26) qui, après préchauffage dans le four (7), constitue la charge (9) entrant au réacteur (12).

La fraction (3) du flux d'hydrocarbures en C5 contenant les normales et isoparaffines en C5 est utilisée soit comme combustible (6) dans le four (7) de préchauffage, soit comme combustible (5) directement dans le régénérateur (13), soit encore est envoyée vers le pool essence (26) lorsque le bilan thermique ne nécessite pas l'utilisation de toute la fraction (3).

Les produits de craquage (16) sont envoyés dans une colonne de fractionnement (18), pour être séparés en gaz sec (19), en éthylène (20), en une coupe C3-C4 (21) et en une coupe de fond, dont une partie (23) peut être recyclée vers l'entrée du riser (12).

Une partie des gaz secs (27) peut également être envoyée au régénérateur (13) comme
5 combustible.

Le débit de la fraction de charge (8) envoyé au splitter (2) peut s'étaler sur une large gamme : le minimum correspond à la valeur requise pour avoir suffisamment de coupe C5 (5) à envoyer au régénérateur de manière à réaliser le bilan thermique, le maximum correspond au débit total de la charge (1).

10 Caractéristiques de la charge entrant au NCC

La portion (8) du flux (1) entrant dans le splitter (2) est une charge essence issue directement de la distillation atmosphérique. Son intervalle de distillation est typiquement 30°C - 220°C. Dépendant du brut utilisé en entrée d e colonne de fractionnement, sa composition peut être très variable. Son point d'ébullition initial se situe généralement au-
15 dessus de 30°C et son point final d'ébullition est généralement inférieur à 220°C.

Le rôle du splitter (2) est de fractionner cette charge en séparant la coupe la plus légère contenant les espèces à 5 atomes de carbone (hors cyclopentane) du reste de la charge. Le splitter (2) étant opéré à 42°C, le cyclopentane qui a un point d'ébullition de 49°C, se retrouve dans le flux de fond (4).

20 Caractéristiques du flux sortant du NCC

Le flux (16) en sortie de séparateur/stripeur (14) contient l'ensemble des effluents réactionnels produits au réacteur de l'unité NCC, ainsi que la fraction non convertie.

Conditions opératoires de l'unité de NCC

L'unité NCC est une unité de craquage catalytique de naphta possédant au moins un
25 réacteur principal fonctionnant soit en flux ascendant (« riser »), soit en flux descendant (« downer »).

Elle possède une section séparateur-stripper (14) dans laquelle le catalyseur est séparé des effluents hydrocarbonés.

Elle possède en outre une section de régénération du catalyseur (13) dans laquelle le coke
30 formé pendant la réaction et déposé à la surface du catalyseur est brûlé afin d'une part de rendre son activité au catalyseur, et d'autre part de produire les calories nécessaires à la vaporisation de la charge et à l'endothermicité de la réaction de craquage.

L'unité de NCC possède sa propre section de traitement des effluents hydrocarbonés avec notamment une section de traitement des gaz permettant une séparation des oléfines

légères (éthylène, propylène) des autres gaz : hydrogène, méthane, éthane, propane, ainsi que la séparation de la coupe C4.

La partie plus lourde des effluents hydrocarbonés est traitée dans une section de séparation comprenant au moins une unité de fractionnement permettant de recouvrir les différentes
5 coupes liquides (non représenté sur la figure 1).

L'unité NCC est opérée de préférence à haute sévérité, c'est-à-dire à forte température sortie réacteur (ROT) et à fort ratio de débits massiques catalyseur sur charge (C/O).

La gamme large de conditions opératoires de l'unité NCC est donnée dans le tableau 1 ci-dessous:

Condition	Min	Max
ROT, °C	500	750
C/O, (kg/h)/(kg/h)	5	40

10 Tableau 1 : Gamme des conditions opératoires de l'unité de NCC

De manière préférée, la température de sortie réacteur est comprise entre 600°C et 730°C et le rapport C/O est compris entre 10 et 35, et de manière encore préférée compris entre 15 et 30.

Le catalyseur peut être tout type de catalyseur de craquage catalytique, de préférence
15 contenant une forte proportion de zéolite.

Il pourra être additivé ou non à la ZSM-5 et pourra même être composé à 100 % de ZSM-5.

Les exemples présentés ci-dessous permettent de montrer l'intérêt d'éliminer la partie normales et iso paraffines en C5 de la charge essence straight-run (ou de distillation directe), et de la réserver pour la combustion nécessaire au bilan thermique. D'autre part ils
20 montrent que l'élimination de cette fraction C5, en tout ou partie, permet de plus d'améliorer le rendement en oléfines légères de l'unité.

EXEMPLES

L'exemple 1 est selon l'art antérieur. L'exemple 2 est selon l'invention.

L'exemple 1 montre les structures de rendement obtenues lors du craquage d'une charge
25 de distillation directe et lors du craquage de la même charge débarrassée de l'intégralité de la coupe C5, la distillation ayant été opérée à 52°C.

Le craquage a été réalisé sur un pilote représentatif d'une unité FCC à un riser et deux régénérateurs (notée R2R).

Les conditions opératoires sont sévères car une cible maxi-propylène est visée :

- Température sortie riser (ROT) = 611°C,
- C/O = 40.

Le système catalytique est composé d'une ZSM-5 commerciale « steamée », c'est-à-dire
5 ayant subi un vieillissement de 24 heures sous pression de vapeur d'eau à 800°C.

Le tableau 2 ci-dessous donne les compositions de la charge complète et de la charge diminuée de la fraction en C5, mais ayant conservé le cyclopentane (donc une charge conforme à l'invention), et les points de distillation correspondants.

distribution par famille en % molaire	Charge de base	Charge sans C5
N.PARAFFINE	37	33,7
ISO.PARAFFINE	41,4	41,3
NAPHTENE	17,8	19,2
AROMATIQUE	3,5	4,1
distribution par C (%m/m)		
C4	0,1	0
C5	15,7	2,7
C6	49,3	57,7
C7	33,6	36,6
C8	1	1,1
C9	0	0,1
IBP (0.50 %) (point initial)	ND	ND
5,0% :	ND	52,3
20,0% :	ND	59,2
35,0% :	54,4	66,7
50,0% :	62,3	69,8
65,0% :	68,4	75
80,0% :	79,5	89,1
95,0% :	98,5	100,2
FBP (99,50 %) (point final)	110,3	111,5

Tableau 2 : Compositions de la charge complète et de la charge diminuée de la fraction en

Les résultats du craquage de l'essence de distillation directe utilisée comme charge de l'unité NCC et ceux obtenus à partir de la même charge débarrassée de la coupe C5 sont donnés dans le tableau 3 ci-dessous :

Rendement en T/h pour 100 T/h de charge	Charge de base	Charge sans C5
GAZ SECS	11,65	11,87
H2	0,24	0,26
C1	2,16	2,11
C2	3,27	3,22
C2=	5,98	6,28
GPL	24,35	27,50
C3	3,95	4,47
C3=	12,70	14,62
Total C4	1,95	2,18
nC4	1,12	1,16
iC4	0,83	1,01
Total C4=	5,71	6,17
nC4=	4,34	4,66
iC4=	1,38	1,51
c4==	0,03	0,06
PI-160°C	62,03	58,45
160-220°C	0,22	0,34
PI-220°C	62,25	58,79
220-360°C	0,08	0,11
360°C+	0,11	0,14
COKE	1,57	1,59
TOTAL	100,0	100,0

Tableau 3 : Structure de rendement des effluents du craquage catalytique d'une charge
naphta de distillation directe et de la même charge débarrassée de la coupe C5

5

Hormis le fait bien établi que l'unité NCC sur charge de type essence conduit à des rendements très intéressants en oléfines légères (20,9 T/h d'éthylène et de propylène cumulé), le tableau 3 montre l'intérêt de ne pas traiter les espèces à 5 atomes de carbones dans l'unité NCC (à l'exception du cyclopentane).

Pour 100 T/h de charge traitée, 1,92 T/h de propylène supplémentaires sont obtenus avec l'essence sans coupe C5, mais avec le cyclopentane.

On note également une augmentation de 0,3 T/h du rendement en éthylène et 0,4 T/h du rendement en butènes.

5 Réactivité des composés de la charge :

L'analyse détaillée de la charge et des produits de la réaction permet de calculer la réactivité de chacun des composés de la charge.

Cette réactivité est définie pour chaque composé noté Cx par la formule :

10 Réactivité = [% masse Cx dans la charge - % masse Cx dans les produits] / % masse Cx dans la charge x 100.

Le tableau 4 donne la réactivité de chacun des composés de la charge pour le cas de base dans les conditions opératoires de l'exemple 1.

On note la valeur très basse pour les normales paraffines en C5 (10,8) et la valeur négative (-8,5) pour les iso paraffines en C5. Il n'y a donc aucun inconvénient à éliminer ces deux
15 familles de la charge à traiter au NCC.

Composé Cx	Réactivité
C5 paraffines	10,8
C6 paraffines	90,6
C7 paraffines	77,8
C5 iso-paraffines	-8,5
C6 iso-paraffines	76,2
C7 iso-paraffines	79,6
C5 Naphtènes (cyclo pentane)	96,3
C6 Naphtènes (cyclo hexane)	92,2
C7 Naphtènes (cyclo heptane)	74,5

Tableau 4 : réactivité de chacun des composés de la charge en C5,C6 et C7

L'analyse de la réactivité par famille chimique montre également l'intérêt de conserver le cyclopentane dans la charge à traiter au NCC, et donc d'ajuster le point de coupe non pas à 52°C pour éliminer l'intégralité des C5, mais précisément à 42°C pour conserver lesdits
20 cyclopentanes.

Le point de coupe à 42°C permet le retrait des normales paraffines et iso-paraffines à 5 atomes de carbone tout en conservant le cyclopentane.

Le tableau 5 donne la liste des points d'ébullition des paraffines, iso-paraffines et naphtènes à 5 atomes de carbone.

Composé	Point d'ébullition, °C
Cyclo-pentane	49
N-pentane	36
Iso-pentane	39,5

Tableau 5 : Température d'ébullition des paraffines et iso-paraffines à 5 atomes de carbone

Exemple 2

- 5 Afin d'illustrer le procédé selon la présente invention, nous avons calculé la chaleur manquante pour assurer l'équilibre thermique d'une unité de NCC opérée dans les conditions suivantes :
- ROT = 620°C et C/O = 40.
- Le débit de charge essence de distillation directe est de 100 T/h.
- 10 Le rendement coke est estimé à 1,6 % pour cette charge.
- La chaleur requise pour craquer et chauffer la charge de 150° à 620°C et chauffer la vapeur d'eau (estimée à 8 % poids du débit de charge) de 150 à 620°C est d'environ 40 MW.
- Une température de 650°C au régénérateur permet de boucler le bilan thermique de l'unité.
- En effet, la chaleur délivrée par le catalyseur en passant de 650° à 620°C est d'environ 40
- 15 MW (chaleur spécifique du catalyseur estimée à 1,2 kJ/kg/°C).
- Au niveau du régénérateur, la chaleur requise pour chauffer le catalyseur de 620 à 650°C est également de 40 MW.
- L'augmentation de la température des effluents gazeux et la chaleur nécessaire pour compenser les pertes thermiques (estimées à 3 % de la chaleur de combustion) est
- 20 d'environ 5 MW. Or, la combustion du coke ne délivre dans notre cas que 20 MW.
- Le calcul montre ainsi un déficit de calories correspondant à environ 25 MW.
- La combustion de la coupe normale et iso paraffines en C5, définie par son point de coupe à 42°C, permet d'apporter 48 600 kJ/kg.
- Il faut donc brûler 1,9 T/h de ladite coupe C5 pour équilibrer la balance thermique de l'unité
- 25 NCC dans les conditions de l'exemple.
- La proportion de cette coupe C5 étant d'environ 15 % de la charge initiale, soit un débit disponible de 15T/h, la quantité de calories nécessaire est largement couverte, et seule une

fraction de la coupe C5 contenue dans la charge est donc nécessaire pour équilibrer le bilan thermique de l'unité.

Cette fraction utile au bilan thermique est de 10% de l'ensemble de la coupe C5. Elle est donc largement couverte par l'ensemble des normales et iso paraffines C5.

- 5 On peut donc en conclure que la source de calories constituée par la fraction normale et iso paraffines en C5 contenues dans la charge essence de distillation directe est largement suffisante pour assurer le bilan thermique de l'unité NCC.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C -220°C, comprenant une étape de craquage catalytique de la charge en présence d'un catalyseur de craquage, et une étape de régénération du catalyseur par combustion du coke déposé à la surface dudit catalyseur, dans lequel on élimine au moins une partie de la fraction des composés à 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines, en conservant le cyclopentane dans ladite charge, de façon à utiliser, en tout ou partie, la fraction éliminée comme combustible dans ledit procédé de craquage catalytique pour permettre le bouclage du bilan thermique du procédé.
- 2) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon la revendication 1, dans lequel la fraction de composés en C5 éliminée de la charge à traiter, c'est-à-dire la fraction des composés à 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines, est envoyée directement au régénérateur de l'unité NCC.
- 3) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon la revendication 1, dans lequel la fraction de composés en C5 éliminée de la charge à traiter, est envoyée comme combustible dans le four de préchauffe de la charge.
- 4) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon les revendications 1 à 3, dans lequel on effectue la suite d'opérations suivantes :
 - la charge (1) est séparée en deux fractions (8) et (10),
 - la fraction (8) est envoyée dans un splitter C5 (2) qui permet de séparer les normales et iso paraffines en C5 qui sortent dans le flux de tête (3) du reste de la charge qui sort en fond par le flux (4),
 - le flux de tête (3) est la fraction hydrocarbure essentiellement composée de C5 et est constitué des normales et iso paraffines en C5,
 - le flux de fond (4) est la fraction lourde de la charge (cyclopentane et composés de type C6+) contenant en particulier le cyclopentane,

- la fraction (10) de la charge qui n'a pas subi de séparation par le splitter (2) rejoint la coupe de fond (4) du splitter (2) pour former le flux (26) qui après préchauffage dans le four (7) constitue la charge entrant au réacteur (12),
 - les produits de craquage (16) sont séparés du catalyseur coké (17) par le
5 stripeur/séparateur (14),
 - le catalyseur coké (17) est régénéré par brulage du coke dans le régénérateur (13) au contact de l'air de combustion (25) alimentant ce dernier.
 - la fraction (3) du flux d'hydrocarbures en C5 contenant les normales et isoparaffines en C5 est utilisée soit comme combustible (6) dans le four (7) de préchauffage, soit
10 comme combustible (5) directement dans le régénérateur (13), soit encore est envoyée vers le pool essence (28) lorsque le bilan thermique ne nécessite pas l'utilisation de toute la fraction (3),
 - les produits de craquage (16) sont séparés du catalyseur coké (17) par le
15 stripeur/séparateur (14) et sont envoyés dans une colonne de fractionnement (18), pour être séparés en gaz sec (19), en éthylène (20), en une coupe C3-C4 (21) et en une coupe de fond (flux 22 et 23).
- 5) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon la revendication 4, dans lequel la fraction des composés à 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines correspondant
20 au flux (3) a un point d'ébullition inférieur ou égal à 42°C, et la fraction lourde de la charge contenant le cyclo pentane et les composés en C6+ correspondant au flux (4) a un point d'ébullition supérieur à 42°C.
- 6) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon la revendication 4, dans lequel une partie
25 de la fraction composée de 5 atomes de carbone de type normale ou iso paraffines est envoyée au pool essence (28).
- 7) Procédé de craquage catalytique d'une charge essence de distillation directe d'intervalle de distillation 30°C-220°C selon la revendication 4, dans lequel l'air de combustion a également été préchauffé dans le four de préchauffage (7).
- 30 8) Procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon la revendication 4, dans lequel une partie (23) de la coupe de fond est recyclée vers l'entrée du réacteur (12).

- 9) Procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon la revendication 4, dans lequel le réacteur est de type « riser ».
- 10) Procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon la revendication 4, dans lequel le réacteur est de type « downer ».
- 5 11) Procédé de craquage catalytique d'une coupe essence de distillation directe selon la revendication 4, dans lequel le catalyseur comprend une zéolite ZSM-5.

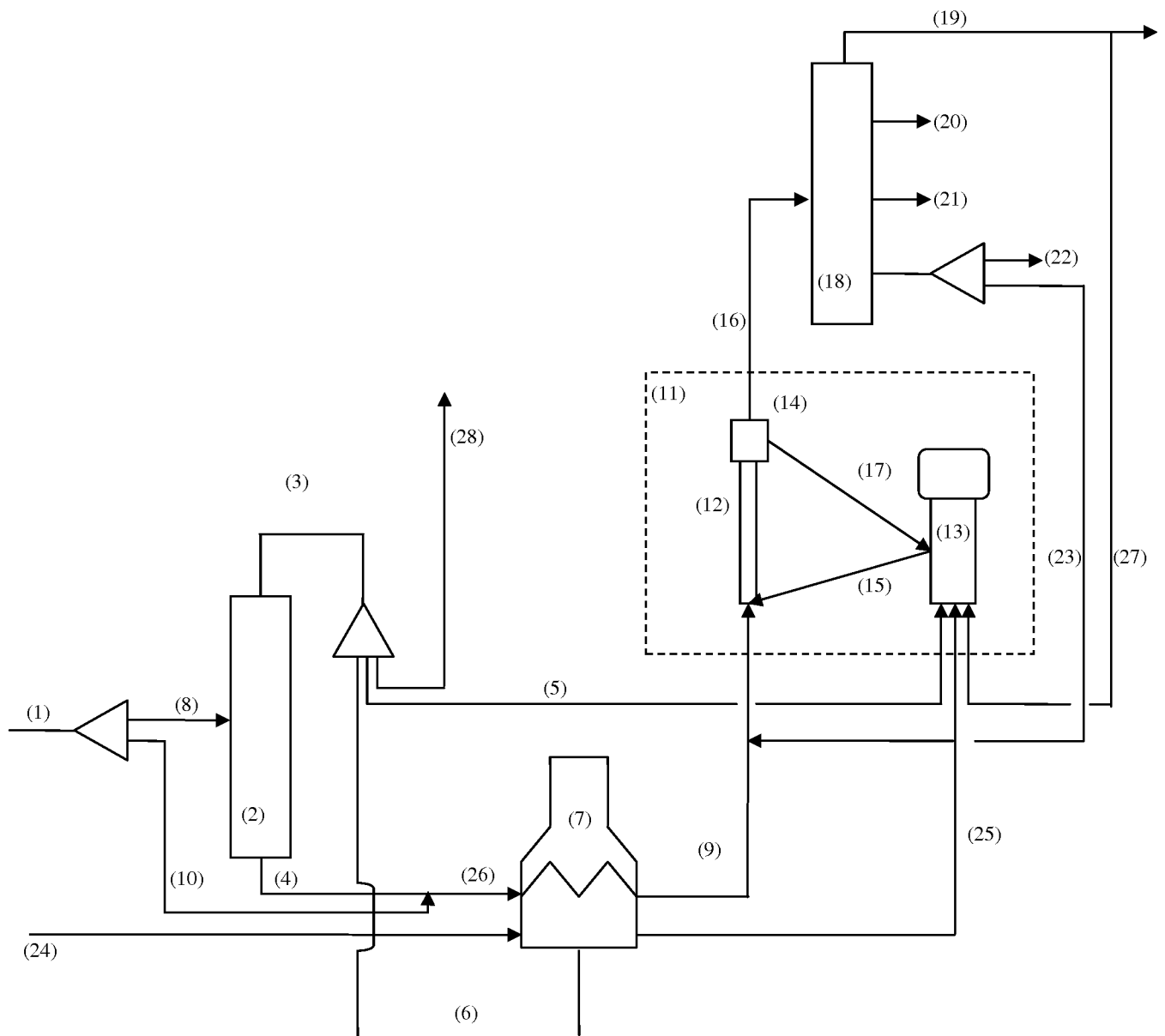


Figure 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065838

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C10G11/18 C07C11/04 C07C11/06
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C10G C07C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2001/053868 A1 (CHESTER ARTHUR W [US] ET AL) 20 December 2001 (2001-12-20) paragraph [0024]; claims 1,2,7 -----	1-11
A	US 2011/269620 A1 (MYERS DANIEL N [US] ET AL) 3 November 2011 (2011-11-03) paragraph [0010] -----	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 September 2016

Date of mailing of the international search report

16/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Gzil, Piotr

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/065838

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001053868	A1	20-12-2001	AU 5928000 A 30-01-2001
		CA 2379142 A1 18-01-2001	
		CN 1370216 A 18-09-2002	
		EP 1200901 A2 02-05-2002	
		JP 2003504500 A 04-02-2003	
		MX PA02000373 A 12-08-2002	
		US 2001053868 A1 20-12-2001	
		WO 0104785 A2 18-01-2001	

US 2011269620	A1	03-11-2011	EP 2563879 A2 06-03-2013
		US 2011269620 A1 03-11-2011	
		US 2013225396 A1 29-08-2013	
		US 2015148214 A1 28-05-2015	
		WO 2011136953 A2 03-11-2011	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/065838

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C10G11/18 C07C11/04 C07C11/06 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C10G C07C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2001/053868 A1 (CHESTER ARTHUR W [US] ET AL) 20 décembre 2001 (2001-12-20) alinéa [0024]; revendications 1,2,7 -----	1-11
A	US 2011/269620 A1 (MYERS DANIEL N [US] ET AL) 3 novembre 2011 (2011-11-03) alinéa [0010] -----	1-11
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
9 septembre 2016	16/09/2016	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Gzil, Piotr

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/065838

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2001053868 A1	20-12-2001	AU 5928000 A	30-01-2001
		CA 2379142 A1	18-01-2001
		CN 1370216 A	18-09-2002
		EP 1200901 A2	02-05-2002
		JP 2003504500 A	04-02-2003
		MX PA02000373 A	12-08-2002
		US 2001053868 A1	20-12-2001
		WO 0104785 A2	18-01-2001

US 2011269620 A1	03-11-2011	EP 2563879 A2	06-03-2013
		US 2011269620 A1	03-11-2011
		US 2013225396 A1	29-08-2013
		US 2015148214 A1	28-05-2015
		WO 2011136953 A2	03-11-2011
