

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 977 257

②1 N° d'enregistrement national : 11 55852

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : C 10 G 11/18 (2013.01), B 01 J 38/30

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30.06.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 04.01.13 Bulletin 13/01.

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) : TOTAL RAFFINAGE MARKETING —  
FR.

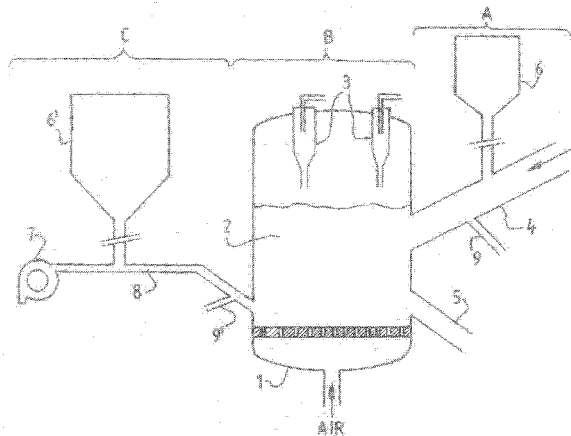
⑦2 Inventeur(s) : BORIES MARC, LEROY PATRICK et  
GBORDZOE EUSEBIUS.

⑦3 Titulaire(s) : TOTAL RAFFINAGE MARKETING.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET JOLLY.

⑤4 PROCÉDE DE CRAQUAGE CATALYTIQUE POUR LE TRAITEMENT D'UNE COUPE A FAIBLE CARBONE  
CONRADSON.

⑤7 La présente invention décrit un procédé de craquage catalytique d'une charge faiblement cokante de carbone Conradson à 0.1 % en poids et de teneur en hydrogène supérieure à 12,7% en poids comprenant au moins une zone de craquage pour la charge, une zone de séparation/stripage des effluents des grains de catalyseur cokés et une zone de régénération des dits grains, caractérisé en ce qu'on introduit en amont et/ ou au cours de l'étape de régénération du catalyseur au moins un matériau carboné solide à l'état fluidisé, de Carbone Conradson supérieur à 10% en poids, dans un lit dense de catalyseur coké.



FR 2 977 257 - A1



## **PROCEDE DE CRAQUAGE CATALYTIQUE POUR LE TRAITEMENT D'UNE COUPE A FAIBLE CARBONE CONRADSON**

La présente invention se situe dans le domaine du craquage catalytique de coupes pétrolières, plus particulièrement de coupes présentant un faible niveau de carbone Conradson et une forte teneur en hydrogène et qui, de ce fait, rendent difficile l'obtention du bilan thermique de l'unité de craquage catalytique (notée FCC).

Dans une unité FCC, le bilan thermique est principalement assuré par la combustion du coke déposé sur le catalyseur lors de l'étape de craquage. La chaleur de combustion permet de chauffer le catalyseur à des températures allant typiquement de 670 à 750°C. Le catalyseur libère au réacteur la chaleur emmagasinée au régénérateur pour vaporiser la charge à craquer injectée sous forme liquide et apporter l'énergie nécessaire pour le craquage de la charge via des réactions globalement endothermiques. On dit du FCC qu'il s'agit d'une unité équilibrée thermiquement car l'énergie produite au régénérateur est alors transportée puis consommée au réacteur par le biais de la circulation de catalyseur. Typiquement, le catalyseur entre dans la zone de régénération avec une teneur en coke (définie comme la masse de coke sur la masse de catalyseur en pourcent poids) comprise entre 0,5 et 1.45 % poids et ressort de la dite zone avec une teneur en coke comprise entre 0.1 et 0.5 % poids pour des régénérateurs fonctionnant en combustion partielle ou comprise entre 0.1 et 0.05 % poids voire inférieure à 0,01 % poids pour des régénérateurs fonctionnant en combustion totale.

Dans une régénération à combustion totale, l'intégralité du coke est brûlé (teneur typique de CO ou monoxyde de carbone dans les fumées proche de zéro) alors qu'en combustion partielle, la combustion du coke produit du CO à hauteur de quelques pourcents volume, typiquement de 0.5 à 10% volume selon le débit d'air et le degré de d'achèvement de la combustion pour les combustions incomplètes.

La teneur en carbone Conradson (ou CCR) de la charge est définie par la norme ASTM D 482 et représente pour l'Homme du métier une évaluation de la quantité de coke que la charge peut produire au cours de la réaction de craquage catalytique qui a lieu dans le réacteur principal de l'unité. En fonction de la teneur en carbone Conradson de la charge, il est possible de dimensionner l'unité

pour un rendement en coke correspondant au craquage de la charge afin de satisfaire le bilan thermique de l'unité qui va commander son bon fonctionnement.

5 Les coupes lourdes conventionnelles traitées dans une unité de FCC ont généralement des valeurs de carbone Conradson comprises dans la fourchette 0,2 à 10% poids.

10 Les coupes traitées dans une unité de FCC selon la présente invention peuvent avoir un carbone Conradson inférieur ou égal à 0,1% poids et une teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12,7% poids.

### EXAMEN DE L'ART ANTERIEUR

15 Il est connu de l'homme du métier pour équilibrer les bilans thermiques de pousser la combustion au régénérateur en y injectant plus d'air pour une quantité de coke donnée, c'est à dire diminuer le pourcentage volume de monoxyde de carbone (ou CO) dans les fumées, ce qui contribue à augmenter la température audit régénérateur et doit aider à assurer le bilan thermique de l'unité.

20 Lorsque cette mesure n'est pas suffisante ou possible, il est connu de l'art antérieur de recycler au niveau du régénérateur un combustible sous forme liquide dans un brûleur généralement placé dans la phase dense du lit de catalyseur. Ce combustible, souvent appelé par l'homme du métier combustible à haute viscosité ou encore « torch oil », contient généralement une ou plusieurs coupes « lourdes »  
25 dont le point d'ébullition initial est supérieur à 360°C à dominante aromatique. Ces coupes peuvent provenir du FCC ou toute autre unité de conversion dans la raffinerie comme un coker, un viscoréducteur, etc. Il est également possible de recourir à d'autres types de combustible comme du Fioul N°2 ou encore des Fiouls ne répondant pas aux spécifications requises pour leur mise sur le marché. Cette  
30 injection de combustible au régénérateur est une pratique usuelle dans les phases de démarrage de l'unité, mais peut être source de problèmes lors d'une utilisation en continu. En effet, comme les températures dans le régénérateur sont de l'ordre de 650°C à 750°C, une partie du recycle se vaporise en formant des gaz craqués qui ne sont pas  
35 entièrement oxydés dans la phase dense du régénérateur et vont alors se retrouver dans la phase diluée du régénérateur où ils risquent ainsi

de créer des points chauds dommageables au bon fonctionnement du régénérateur. Ce phénomène souvent appelé "afterburning" ou post combustion, peut se définir comme une reprise de combustion en un point non souhaité du régénérateur, par exemple en phase diluée où le catalyseur solide est présent en plus faible quantité, ou en entrée ou à l'intérieur d'un des cyclones également présents dans l'enceinte du régénérateur, ou encore dans les conduites d'évacuation des gaz de combustion. On conservera dans la suite du texte le terme d'"afterburning" bien admis et pratiqué par l'homme du métier.

Par ailleurs, ce flux de recycle risque de brûler dans le lit de catalyseur en formant localement un front de flamme à haute température. Ce front de flamme est générateur de points chauds avec des températures localement fortes au sein du lit de catalyseur. Comme de la vapeur d'eau se forme également au moment de la combustion de ces hydrocarbures, ces fortes températures locales combinées à la présence de vapeur d'eau fragilisent la partie active du catalyseur (zéolithe) et désactivent ainsi sa fonction craquante. On parle de désactivation hydrothermale du catalyseur. Ainsi plus cette coupe recyclée sera légère, plus elle sera riche en hydrogène, et plus elle générera de vapeur d'eau par combustion au niveau du régénérateur. Tous ces phénomènes indésirables décrits précédemment sont évidemment exacerbés au fur et à mesure que la quantité de combustible liquide recyclée au régénérateur pour assurer le bilan thermique de l'unité FCC augmente.

Dans un tel contexte, c'est à dire en présence d'une charge qui produit peu de coke lors de l'opération de craquage, et pour éviter d'introduire en continu dans le régénérateur des hydrocarbures liquides (ou encore « torch oil ») responsables, entre autres, de phénomènes d'afterburning et de la dégradation du catalyseur, les raffineurs ont souvent choisi d'installer un four de préchauffe de la charge utilisant un combustible à teneur élevée en hydrogène en amont du réacteur de craquage. L'ajout d'un tel four permet alors d'apporter les calories qui viennent s'ajouter à celles produites par la combustion du coke sur le catalyseur dans le régénérateur et ainsi équilibrer le bilan thermique de l'unité. L'apport de calories par le four sera d'autant plus élevé que l'apport de calories par le régénérateur sera faible. Il existe cependant une limite de la température de

préchauffe maximum pour la charge qui correspond à la température de début de craquage de celle-ci. Soulignons que l'installation de tels fours est coûteuse à l'achat mais aussi à l'utilisation car coûteuse en énergie externe consommée.

5 Dans un de ses premiers objectifs, la présente invention vise un procédé de craquage catalytique d'une charge peu cokante, présentant un Carbone Conradson inférieur ou égal à 0.1% poids et/ou une teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12.7% poids, comprenant l'introduction à l'état divisé dans le lit fluidisé dense du régénérateur  
10 constitué de grains de catalyseur plus ou moins cokés d'un matériau riche en coke permettant d'augmenter la quantité de coke à brûler dans le régénérateur sans favoriser la formation de points chauds autour des grains de catalyseur (afterburning) afin d'éviter leur désactivation.

15 Il est connu d'introduire des composés de type coke au niveau du réacteur de craquage et de les mélanger avec le catalyseur régénéré en une ou plusieurs fois, l'objectif étant de favoriser la dé-métallisation des charges lourdes, les métaux lourds de type nickel et vanadium étant piégés dans les pores du dit coke. De telles applications sont  
20 revendiquées dans les brevets US3092568 et US4875994.

Dans le brevet US 4828680, on injecte du coke à l'état divisé dispersé dans du catalyseur frais dans le régénérateur au niveau de l'appoint de catalyseur, les grains de coke étant de taille comparable à celle du catalyseur de craquage frais. Le problème rencontré pour ce  
25 type d'introduction de coke est le problème de la dispersion homogène catalyseur/ coke avant son entrée dans le régénérateur.

Un deuxième objectif de l'invention est d'obtenir que la dispersion du coke au milieu des grains de catalyseur cokés ou sur ceux-ci en cours de régénération soit homogène.

30

#### DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'INVENTION

La présente invention s'applique aussi bien à des unités de FCC utilisant un réacteur fonctionnant à courant ascendant (appelé "riser" dans la terminologie anglo-saxonne), qu'à des unités utilisant un  
35 réacteur fonctionnant à courant descendant (appelé "downer" dans la terminologie anglo-saxonne).

La présente invention s'applique également à des unités FCC fonctionnant avec un seul réacteur (en écoulement ascendant ou en écoulement descendant), et à des unités FCC fonctionnant avec deux réacteurs ou plus. Généralement, lorsque les unités FCC fonctionnent avec deux réacteurs, un principal et un secondaire, qu'ils fonctionnent en mode maxi essence, maxi GPL ou encore en mode maxi distillat (LCO ou light cycle oil en anglais), ces réacteurs sont à écoulement ascendant, mais une unité qui ferait appel à deux réacteurs à écoulement descendant ou à un réacteur ascendant et un réacteur descendant ne sortirait pas du cadre de la présente invention.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de craquage catalytique d'une charge faiblement cokante de carbone Conradson inférieure ou égale à 0.1 % en poids et de teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12,7% en poids comprenant au moins une zone de craquage pour la charge, une zone de séparation/stripage des effluents des grains de catalyseur cokés et une zone de régénération des dits grains, caractérisé en ce qu'on introduit en amont et/ou au cours de l'étape de régénération du catalyseur au moins un matériau carboné solide à l'état fluidisé, de Carbone Conradson supérieur ou égal à 10% en poids, dans un lit dense de catalyseur coké dans la zone de régénération.

Le matériau carboné peut être fluidisé par tout moyen, dans un effluent liquide ou gazeux non amalgamant avec le coke, de préférence de l'air.

La quantité de matériau carboné solide à l'état fluidisé dispersée au milieu des grains de catalyseur cokés du lit dense peut être ajustée pour fournir une quantité de coke  $Q_c$  supplémentaire sur le catalyseur pour satisfaire l'équation (I) suivante :

$$Q_c = Q_t - Q_i \text{ (I)},$$

où  $Q_i$  est la teneur en coke initiale sur le catalyseur coké après craquage de la charge et  $Q_t$  où Delta coke est la teneur en coke nécessaire au maintien de la température du catalyseur régénéré et donc au bilan thermique du procédé.

En particulier,  $Q_t$  peut être choisie variant de 0.5 à 1% en poids lorsque la zone de régénération ne comprend qu'une seule étape, et de 0.8 à 1.45% en poids pour une combustion partielle dans le premier

étage d'une zone de régénération d'un régénérateur multi-étagé, comprenant au moins deux étapes de régénération.

5 Le coke peut être choisi parmi le coke résultant de la cokéfaction du charbon, des cokeurs d'effluents hydrocarbonés de température  
d'ébullition supérieure à 350°C choisis parmi les coupes lourdes  
effluents issues de la réaction de craquage principale, HCO  
(abréviation de « heavy cycle oil ») d'intervalle de distillation compris  
typiquement entre 360 et 440°C, et slurry d'intervalle de distillation  
supérieur à 360°C (noté 360°+), les résidus de biomasse issus de la  
10 conversion du bois et/ de la cellulose, le charbon broyé dissout dans un hydrocarbure fluide et/ou injecté par soufflage ou pulvérisation, les coupes riches en asphalte provenant d'unités de désalphaltage, les cires non valorisables issues de la liquéfaction du charbon par voie indirecte (GTL « Gas to Liquid ») ou du procédé Fischer Tropsch de  
15 transformation du gaz en hydrocarbures ou un mélange des dites coupes.

La charge introduite dans la zone principale de craquage peut être choisie dans le groupe comprenant les purges d'unité d'hydrocraqueur, ou "bleed", les charges à base coupe gazole de la  
20 distillation sous vide de point d'ébullition supérieur à 350°C, et présentant des teneurs en hydrogène supérieures ou égales à 12,7% en poids, les huiles végétales et les hydrocarbures de point d'ébullition inférieur à 160°C, ces charges étant craquées seules ou en mélange dans la zone de craquage principale du procédé.

25 Le matériau carboné solide à l'état fluidisé contenant le matériau coké peut être introduit dans la phase dense d'au moins une étape de la zone de régénération lorsqu'elle est multi-étagée.

La dispersion de matériau carboné solide à l'état fluidisé peut être obtenue par des moyens de dispersion de celui-ci sur toute la  
30 section de la zone de régénération pour que la distribution des grains de catalyseur sur celle du matériau carboné à l'intérieur de la zone de régénération soit voisine de 1.

La zone de régénération peut être équipée d'au moins un garnissage structuré pour la dispersion des grains de catalyseurs  
35 cokés et la dispersion de matériau carboné solide à l'état fluidisé peut être effectuée à contrecourant en amont du dit garnissage structuré,

celui-ci couvrant tout ou partie de la section de ladite zone de régénération.

5 La dispersion peut par exemple être réalisée en présence d'au moins un garnissage placé dans la phase dense d'un premier étage de la zone de régénération dans le cas d'une zone de régénération multi-étagée.

10 Le matériau carboné solide à l'état fluidisé peut être dispersé sur tout ou partie de la hauteur de chaque lit dense de la zone de régénération, chaque dispersion se faisant après homogénéisation du lit fluidisé, ce dernier étant équipé éventuellement d'au moins un garnissage structuré.

15 L'invention concerne également un dispositif de mise en œuvre du procédé selon l'invention comprenant au moins un réacteur principal et éventuellement au moins un réacteur secondaire, au moins un désengageur/stripeur, un régénérateur mono ou multi-étagé, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de dispersion homogène d'un matériau carboné à l'état divisé sur des grains de catalyseur cokés issus du désengageur/strippeur, ces moyens de dispersion homogène étant situés en amont du régénérateur, et/ou dans le régénérateur lui-même.

20 Les moyens de dispersion du catalyseur peuvent être placés sur une conduite reliant le stripeur au régénérateur et acheminant le catalyseur coké et strippé au dit régénérateur

25 Les moyens de dispersion peuvent encore être placés au niveau d'une partie dense du lit fluidisé dans le régénérateur.

Eventuellement, des moyens de dispersion peuvent être placés aux deux emplacements décrits précédemment.

30 Les moyens de dispersion peuvent être choisis parmi les moyens susceptibles de disperser les mélanges gaz/solides dans un lit dense, de préférence des tubes ouverts et/ou des râteaux formés de plusieurs tubes parallèles s'ouvrant dans le lit dense, ces tubes étant reliés à un tube distributeur.

35 Le régénérateur pourra être équipé d'au moins un garnissage structuré, disposé en amont et/ou en aval des moyens de dispersion du matériau carboné par rapport à la circulation envisagée du catalyseur dans le dit régénérateur.

En particulier, le régénérateur peut être équipé d'au moins un garnissage structuré, disposé en amont des moyens de dispersion du matériau carboné par rapport à la circulation envisagée du catalyseur dans le dit régénérateur, au niveau du lit fluidisé dense du premier étage de régénération.

Ces garnissages sont par exemple formés par un enchevêtrement de plaques, de ruban ou d'ailettes constituant un tamis, ce tamis occupant moins de 10% en surface de la section de la capacité dans laquelle il est placé, mais recouvrant en projection sur celle-ci toute sa surface.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Les charges que peut traiter une unité de FCC selon la présente invention sont des charges à carbone Conradson inférieur ou égal à 0,1 % en poids et ayant une teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12,7 % en poids.

La présente invention peut se décrire comme un procédé de craquage catalytique d'une charge faiblement cokante de carbone Conradson inférieur ou égal à 0.1% en poids et de teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12,7% en poids comprenant au moins une zone de craquage pour la charge, une zone de séparation/stripage des effluents des grains de catalyseur cokés et une zone de régénération des dits grains, la caractéristique du procédé étant qu'on introduit en amont et/ou au cours de l'étape de régénération du catalyseur au moins un matériau carboné solide sous forme à l'état fluidisé, dont la teneur en Carbone est supérieure ou égale à 80% en poids, dans un lit fluidisé dense de grains de catalyseur cokés. Pour diviser, voire fluidiser, les particules de matériau carboné solide dans un effluent liquide ou gazeux, on utilise tout moyen comparable à ce qui est utilisé notamment pour la fluidisation de catalyseur, le dit effluent devant maintenir divisés et non amalgamés les grains du dit matériau. De préférence, on utilisera l'air comme effluent de fluidisation de ce matériau carboné solide à l'état divisé.

Par zone de régénération, on entend une régénération en une ou plusieurs étapes, généralement deux, dans une même capacité comprenant un ou plusieurs étages, et/ou dans des capacités

différentes de régénération comprenant une ou plusieurs étapes dans un ou plusieurs étages.

5 Une charge faiblement cokante est une charge qui produira un catalyseur faiblement coké en sortie du réacteur de craquage dont la quantité de coke n'est pas suffisamment importante pour assurer le bilan thermique de l'unité de craquage catalytique dans lequel il est utilisé, typiquement inférieure à 0.4% poids. En effet, la régénération du catalyseur par combustion du coke dégage de la chaleur qui doit être récupérée en quantité suffisante par le catalyseur pour que ce dernier apporte d'une part l'énergie suffisante à la vaporisation quasi complète de la charge injectée sous forme liquide à l'entrée du réacteur et apporte d'autre part l'énergie suffisante aux réactions de craquage globalement endothermiques afin d'assurer une température de réaction en sortie dudit réacteur généralement comprise entre 480 et 15 650°C selon les configurations et les objectifs de conversion recherchés.

20 Pour permettre la dispersion de ce matériau carboné, la présente invention utilisera tous moyens permettant la dispersion homogène de matériau solide comme ceux actuellement utilisés pour l'introduction de catalyseur frais dans un lit dense de catalyseur. Pour une meilleure compatibilité entre grains de catalyseur coké et grains du matériau coké, on visera une taille des grains pour le matériau carboné la mieux adaptée pour permettre à la fois d'obtenir un bon comportement de fluidisation mais également de limiter l'élutriation des particules de 25 matériau fortement carboné dans la phase diluée au dessus du lit dense.

30 L'avantage de la présente invention est essentiellement d'augmenter la quantité de coke dans le régénérateur permettant ainsi de compenser le peu de coke formé par la charge au réacteur de craquage. Cette augmentation du coke à brûler dans le régénérateur, de teneur en hydrogène très faible, a pour effet d'augmenter la chaleur résultant de la combustion du coke et conséquemment d'augmenter la température des grains de catalyseur ainsi régénérés qui vont être 35 recyclés au réacteur principal dans une configuration à un seul réacteur et aux réacteurs principal et secondaire dans une

configuration à deux réacteurs. L'avantage ultime est de permettre d'ajuster à la demande la quantité de coke nécessaire à l'équilibre thermique de l'unité et assurer ainsi son bon fonctionnement.

5            Pour un bon fonctionnement de l'unité de FCC alimentée avec  
une charge peu cokante, la quantité de coke ( $Q_t$ ) présent sur le  
catalyseur entrant dans la zone de régénération, nécessaire à  
l'équilibrage du bilan thermique va correspondre à la somme de la  
10            quantité initiale de coke amenée par le craquage de la charge ( $Q_i$ ) sur le  
catalyseur (dans le réacteur principal ou dans les réacteurs de l'unité  
FCC, au nombre de deux ou plus) et de la quantité de coke apportée  
par fluidisation du matériau carboné ( $Q_c$ ) sur le catalyseur coké après  
15            craquage de la charge. Généralement,  $Q_t$ , la quantité de coke entrant  
dans le régénérateur typique pour un bilan thermique équilibré est  
maintenue entre 0.5 et 1 % en poids lorsque la combustion est dans le  
cas d'une zone de régénération à une seule étape, et entre 0.8 et 1.45  
% en poids pour une combustion partielle dans la première étape d'une  
zone de régénération d'un régénérateur multi-étagé, comprenant au  
moins deux étapes de régénération.

20            Dans le cadre de la présente invention, la quantité de matériau  
carboné dispersée au milieu des grains de catalyseur cokés est ajustée  
pour fournir une quantité de coke  $Q_c$  supplémentaire sur le catalyseur  
pour satisfaire l'équation (I) suivante :

$$Q_c = Q_t - Q_i \text{ (I)},$$

25            où  $Q_i$  est la teneur en coke initiale sur le catalyseur coké après  
craquage de la charge et  $Q_t$  ou Delta coke est la teneur en coke  
nécessaire au maintien de la température du catalyseur régénéré et  
donc au bilan thermique du procédé.

30            Pour mettre en œuvre l'invention, le matériau carboné dont la  
teneur en Carbone Conradson est supérieure ou égale à 80 % en poids,  
comprend du coke de teneur en hydrogène inférieure ou égale à 10%  
en poids, ce coke étant issu de la cokéfaction du charbon, des cokeurs  
d'effluents hydrocarbonés de température d'ébullition supérieure à  
35            350°C choisis parmi les coupes lourdes effluents issues de la réaction  
de craquage principale, HCO (abréviation de heavy cycle oil) d'intervalle  
de distillation compris typiquement entre 360 et 440°C, et slurry

d'intervalle de distillation supérieur à 360°C (noté 360°+), des résidus de biomasse issus de la conversion du bois et/ de la cellulose, le charbon broyé dissout dans un hydrocarbure fluide et/ou injecté par soufflage ou pulvérisation, les coupes riches en asphalte provenant d'unités de désalphaltage, les cires non valorisables issues de la liquéfaction du charbon par voie indirecte (GTL) ou du procédé Fischer Tropsch de transformation du gaz en hydrocarbures ou un mélange des dites coupes.

Parmi les charges faiblement cokantes qu'il est possible de traiter selon la présente invention, on peut trouver :

- les purges d'unité d'hydrocraqueur, dénommées "bleed" dans la terminologie anglo-saxonne, présentant une teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12,7% en poids,

- les charges VGO (abréviation de gasoil sous vide résultant de la distillation sous vide des résidus de distillation atmosphérique) prétraitées sévèrement, ayant généralement un point d'ébullition supérieur à 350°C, et présentant des teneurs en hydrogène supérieures ou égales à 12,7% en poids,

- les huiles végétales,

- des hydrocarbures de point de distillation inférieur ou égal à 160°C comme les essences, voire certaines molécules de gaz liquéfié telles le butane, provenant d'unités de distillation et ou de conversion.

Ces charges peuvent être craquées seules ou en mélange dans le réacteur principal de l'unité de craquage catalytique.

Dans la présente invention, il s'agit de produire des effluents comme par exemple l'essence et des GPL (gaz de pétrole liquéfié) à partir d'une charge peu cokante, telle qu'une de celles citées précédemment, par craquage catalytique (FCC) dans une unité correspondante qui possède au moins un réacteur principal fonctionnant à courant ascendant (appelé "riser") ou à courant descendant (appelé "downer"), le catalyseur coké en sortie du réacteur étant introduit dans une zone de séparation/stripage à la sortie duquel le catalyseur coké est récupéré et envoyé dans le régénérateur de l'unité. Le régénérateur peut être mono ou multi étagé. Dans le cas d'un réacteur mono-étagé, ce dernier comprend au moins un lit fluidisé de grains de catalyseur cokés dans lequel a lieu la combustion

du coke, se répartissant en fonction de leur densité moyenne respective dont au moins un lit en phase dense dans lequel se produit l'essentiel de la combustion, et un lit en phase diluée où les grains de catalyseurs en tout ou partie décokés se séparent des effluents gazeux résultant de la combustion. C'est dans la partie du lit fluidisé dense dans laquelle la réaction de combustion est la plus complète que le catalyseur peut atteindre la température visée avant son recycle au réacteur principal. C'est donc au niveau du lit dense que le matériau carboné est introduit sous forme fluidisé.

Pour que le matériau carboné introduit sous forme fluidisée se mélange de façon homogène au milieu des grains de catalyseur, il est nécessaire de disperser les grains de matériau carboné sur toute la section du lit par des moyens propres à cette dispersion, de façon à ce que la distribution des grains de catalyseur sur celle des particules de matériau carboné soit voisine de 1. Un des moyens permettant d'arriver à un tel rapport est de rendre homogène la phase dense du lit fluidisé par insertion de garnissages structurés améliorant la dispersion des grains de catalyseurs cokés en amont de la dispersion des grains de matériau carboné, cette dispersion étant obtenue par tous moyens. Ces garnissages structurés peuvent couvrir tout ou partie de la section du régénérateur et sur au moins une partie de la hauteur de celle-ci. On pourrait ainsi envisager d'introduire de façon étagée ou non, du matériau carboné sur tout ou partie de la hauteur du lit dense, chaque dispersion de matériau carbonée se faisant après homogénéisation du lit fluidisé au moyen d'un garnissage structuré.

L'emploi des garnissages structurés permet d'assurer un flux de catalyseur continu de densité homogène. Dans un mode préféré, ces garnissages occupent moins de 10% de la surface de la section de passage dans la capacité dans laquelle ils sont placés, bien qu'en projection sur celle-ci ils en occupent toute la surface.

Un des avantages liés à l'utilisation d'un tel garnissage est de faciliter l'homogénéisation et la combustion du coke injecté dans la phase dense, ce qui permet de limiter l'apparition de points chauds dans le lit fluidisé. Un autre avantage est de limiter l'entraînement de particules carbonées incomplètement brûlées dans les gaz en sortie du régénérateur.

Lorsqu'on opère avec un régénérateur multi-étagé comprenant au moins deux étages de régénération, le premier étage vise la combustion partielle du coke présent sur les grains de catalyseur issus du réacteur, cette combustion partielle conduisant à la formation de CO et surtout de vapeur d'eau à partir des hydrogènes présents. Comme la combustion est partielle même s'il y a formation de vapeur d'eau à proximité des grains de catalyseurs, la température de réaction est moins élevée et la probabilité de fragiliser l'activité des grains de catalyseur est moins grande. L'ajout de matériau carboné de teneur en hydrogène inférieure à 15% en poids, ne perturbera pas la combustion partielle si la quantité de matériau carboné par rapport à celle des grains cokés de catalyseur est équivalente, soit dans un rapport massique voisin de 1. Le second étage se comporte quant à lui comme un régénérateur mono étagé en combustion complète.

Dans le cadre de la présente invention, il est possible d'injecter à l'état fluidisé du matériau carboné aussi bien dans le premier étage que dans le second étage de régénération mais toujours dans la phase dense du lit fluidisé contenu dans ces étages. Cette injection pourrait être améliorée par l'introduction de garnissages structurés tels que décrits précédemment en amont de la dispersion du matériau carboné dans le dit lit. On préférera d'ailleurs l'injection de coke au premier étage du régénérateur pour disposer de plus de temps (celui des deux étages de régénération) pour finaliser la combustion des particules de coke.

Cependant, l'injection de coke provenant notamment de cokeurs, pose d'autres problèmes de fonctionnement de l'unité. Le coke comme le coke ex-cokeur, encore appelé « petcoke », contient généralement beaucoup de métaux lourds de type Nickel et Vanadium qui sont des poisons pour l'activité catalytique du catalyseur utilisé dans les unités de FCC, mais aussi du soufre et de l'azote dont on doit limiter la quantité. On sait que la quantité de métaux lourds tolérable dans le catalyseur d'une unité de FCC est, pour un régénérateur à deux étages, d'au plus 10000ppm, de préférence de moins de 6500ppm, et, pour un régénérateur mono étagé, de 5000 à 7000ppm. Pour contrôler la quantité de métaux lourds accumulés dans le catalyseur, on injecte un complément de catalyseur frais ou d'équilibre, appelé « flush cat » par l'homme du métier, dans le régénérateur de façon à diminuer la

quantité de métaux circulant dans l'unité. La présence d'azote et de soufre dans le coke injecté au régénérateur conduira inévitablement à la formation d'espèces polluantes non désirées dans les fumées sortant du régénérateur, telles que NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub>. Pour en limiter la formation

5 lors de la combustion du coke, on pourra recourir à l'utilisation d'additifs commerciaux dits DeSO<sub>x</sub> connus par l'homme du métier. Ces additifs, commercialisés par tous les vendeurs de catalyseurs, permettent de capter le SO<sub>2</sub> dans le régénérateur et le transporter vers

10 la zone réactionnelle où, en présence de vapeur d'eau, le SO<sub>2</sub> est alors libéré sous forme d'acide sulfureux, H<sub>2</sub>S, qui sera alors récupéré dans la section de lavage des gaz craqués. Pour les NO<sub>x</sub>, il sera préféré une solution type SCR (Selective Catalytic Reduction ou réduction catalytique sélective) ou SNCR (Selective Non Catalytic Reduction ou réduction catalytique non-sélective). Enfin, citons les unités de lavage

15 des fumées de type scrubber qui peuvent abattre à la fois les NO<sub>x</sub> et les SO<sub>x</sub> ainsi que les particules de catalyseur. Dans tous les cas, il sera nécessaire de faire une étude technico-économique de manière à sélectionner l'option de traitement de fumées la plus adaptée en fonction de la législation en matière de rejets.

20

La présente invention a également pour objet un dispositif de mise en œuvre de l'invention comprenant les différentes capacités nécessaires à la mise en œuvre d'un procédé de craquage catalytique, c'est-à-dire, au moins un réacteur principal et éventuellement au

25 moins un réacteur secondaire, au moins un désengageur et un stripeur, un régénérateur mono ou multi-étagé, le dit dispositif comprenant des moyens de dispersion homogènes de matériau carboné à l'état divisé sur les grains de catalyseur cokés en amont du régénérateur, et/ou dans le régénérateur lui-même. Ces moyens de

30 dispersion homogène sont par exemple ceux utilisés pour l'introduction de catalyseur frais dans un lit dense de catalyseur.

Ces moyens de dispersion comprennent une trémie de stockage de coke préalablement broyé à la granulométrie désirée. Les particules de coke seront préférentiellement maintenues à l'état fluidisé par

35 injection d'air dans la trémie. De cette trémie, un système d'injection permet de transporter les particules de coke vers le régénérateur à l'aide d'un gaz de transport, typiquement de l'air, dont le débit est

ajusté par un orifice de restriction et qui permet de contrôler la quantité de coke envoyée vers la phase dense du régénérateur. Il s'agit ici d'un système analogue à celui utilisé pour introduire le catalyseur frais dans toute unité de FCC et connu par l'homme du métier. Citons, dans une des variantes possibles de l'invention, qu'il est possible d'utiliser la même trémie pour stocker et injecter à la fois le catalyseur qu'il soit frais ou d'équilibre et les particules de coke.

Dans un premier mode de réalisation du dispositif, les moyens de dispersion du catalyseur sont placés sur une conduite reliant le stripeur au régénérateur et acheminant le catalyseur coké et strippé au dit régénérateur. On peut disposer avantageusement au moins un garnissage structuré dans la dite conduite entre stripeur et régénérateur, après le point d'injection des particules de coke, pour assurer une meilleure homogénéisation du mélange coke/ catalyseur.

Dans un deuxième mode de réalisation du dispositif, les moyens de dispersion sont placés avantageusement, au niveau de la partie du lit dense. Le régénérateur sera équipé d'au moins un garnissage structuré, disposé en aval et/ou en amont des moyens de dispersion du matériau carboné par rapport à la circulation envisagée du catalyseur dans le dit régénérateur.

Dans une variante, plusieurs garnissages, chacun étant associé à un moyen de dispersion de matériau carboné, peuvent se succéder avec au moins un garnissage associé à un moyen de dispersion.

Comme élément de garnissage on pourrait utiliser un ou plusieurs des garnissages structurés décrits dans les brevets EP719850, US7022221, US7077997, WO2007/094771, WO00/35575 et CN1763150. Il s'agit ici dans chacun des garnissages envisagés d'aérer le flux de grains cokés en leur faisant suivre des chemins privilégiés obtenus par un enchevêtrement de plaques, de ruban ou d'ailettes constituant un tamis. La section de ce tamis parallèle à la section de la capacité qui le contient, peut occuper moins de 10% de la surface de la section de passage de la dite capacité, et recouvrir en projection sur celle-ci toute la surface de sa section. Ces

enchevêtrements sont disposés généralement en couches de même type, permettant de contrôler cet aérage des grains.

5 En amont des moyens de dispersion du matériau carboné, le matériau carboné brut est broyé finement, puis tamisé et seuls les grains présentant la taille requise, soit approximativement la taille des grains de catalyseur frais, sont envoyés dans un conduit dans lequel est injecté un gaz de transport, typiquement de l'air, qui va entraîner le solide divisé vers les dispositifs de dispersion dans le catalyseur coké.

10 Le dimensionnement d'un tel dispositif de dispersion suit les mêmes règles que celles utilisées par l'homme du métier pour assurer le transport pneumatique d'un solide finement divisé, comme le catalyseur, de sa trémie de stockage vers son lieu d'injection dans un lit dense. Parmi les moyens susceptibles de disperser les mélanges gaz/solides dans un lit dense, on utilisera de préférence des tubes  
15 ouverts et/ou des râdeaux formés de plusieurs tubes parallèles s'ouvrant dans le lit dense, ces tubes étant reliés à un tube distributeur.

20 Quel que soit le dispositif de dispersion du coke dans le lit dense, le régénérateur pourra être opéré en combustion totale ou partielle. Pour une marche en combustion partielle, l'air injecté ne pourra pas brûler l'intégralité du coke présent dans le régénérateur, provenant à la fois du coke sur les grains de catalyseur coké et des particules de coke injectées volontairement dans le régénérateur. Dans  
25 ce cas, des particules de coke iront vers la zone réactionnelle. L'avantage d'une telle situation est de pouvoir diluer l'activité catalytique de la masse de catalyseur circulant et donc de réduire le niveau de conversion de la charge traitée pour maximiser la production de distillat. Un autre avantage de cette marche en combustion partielle  
30 est que le bilan thermique n'est pas significativement modifié puisque les particules de coke sont à la température de la phase dense dans le régénérateur.

L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins annexés, non limitatifs, dans lesquels :

35 - la figure 1 est une coupe d'un régénérateur équipé d'un système de dispersion de grains de coke dans un fluide gazeux jusqu'à

l'entrée du dispositif de dispersion dans celui-ci : deux types de montage sont possibles AB et BC selon que l'injection de coke est faite dans la conduite entre le stripeur et le régénérateur ou directement dans le régénérateur (par exemple par une autre conduite).

5           La figure 1 comporte dans sa partie principale B un régénérateur (1) contenant un lit dense de catalyseur (2) équipé de deux cyclones (3) pour une dernière séparation gaz solide avant l'évacuation du gaz de combustion chargé en CO<sub>2</sub>. Le régénérateur (1) est équipé d'une arrivée de catalyseur coké (4), d'une conduite de sortie du catalyseur régénéré  
10 (5) et d'une arrivée d'air en fond. Le régénérateur (1) est couplé avec un système d'introduction du coke selon deux types de configuration possible AB ou BC. Ces deux systèmes d'introduction du coke correspondant aux parties A et C sont représentés sur la figure 1. Dans chaque partie A ou C, le coke est broyé dans des capacités (6 ou  
15 6') puis, le coke sous forme de particules pulvérisées arrive dans une conduite (4) pour la mise en œuvre AB, ou une conduite (8) dans la configuration BC. Dans cette dernière configuration, la conduite (8) est équipée d'un souffleur pneumatique (7) susceptible de maintenir les particules de coke introduites à l'état fluidisé circulant jusqu'au  
20 régénérateur où le coke est mélangé avec le lit dense de catalyseur coké. Les conduites (4) et (8) sont équipées d'injecteurs (9) et (9') pour l'introduction d'additifs DeSox et DeNOx.

25           Des exemples sont donnés ci-après en vue d'illustrer l'invention mais ils ne peuvent être interprétés comme des limitations de l'invention.

#### EXEMPLE

30           Le présent exemple montre les avantages de la présente invention en comparant l'efficacité en rendement de produits lorsqu'on craque des charges faiblement cokantes dans une unité de FCC avec ou sans recycle de coupes cokantes.

35           La production de coke au coker est de 250 t/h de composition suivante: C=85.2%, H=3.6% (en poids), N=1% (en poids), S=7.5% (en poids), Ni=179ppm (poids) et V=565ppm (poids). Le pouvoir calorifique du coke est supposé égal à 7.75 kcal/kg.

On distingue un cas de base sans injection de coke avec une unité de craquage catalytique (FCC) à un seul réacteur ascendant ou "riser" d'une capacité de 4800 tonnes par jour, soit 200 tonnes par heure, et traitant une charge correspondant du VGO hydrotraité dont les propriétés sont données ci-après.

Tableau 1 : propriétés du VGO hydrotraité

Charge		VGO hydrotraité
Densité	g/cm <sup>3</sup>	0,8610
Teneur en H2	%poids	13.7
Soufre	ppm poids	330
Azote	ppm poids	550
CCR (Carbone Conradson)	% poids	<0,1
Ni	ppm poids	<2
V	ppm poids	<2

Des essais sur pilote ont montré que cette charge produisait très peu de coke, environ 3.3% pour une température de réaction de 525°C et un C/O de 8. Sur la base de ces données pilote, nous avons réalisé des calculs de bilan thermique dans différents cas de fonctionnement d'une unité industrielle, qui, par définition, doit boucler son bilan thermique. Les résultats de ces calculs sont consignés dans le tableau 2 suivant. Les calculs de bilan thermique ont été effectués sur la base des formules de calculs mentionnées dans le recueil : »Fluid catalytic cracking handbook », seconde édition de 2000, par Reza SADEGHBIGI, publié par Gulf Professional publishing.

Tableau 2

		Cas 1	Cas 2	Cas 3
Débit de charge	t/h	200,0	200,0	200,0
Eq. Ni	ppm	0,1	4,0	2,9
Eq.V	ppm	0,1	12,7	9,1
Taux d'addition de catalyseur frais	t/jour	2,00	<b>10,60</b>	<b>8,20</b>
Surface active du catalyseur	m <sup>2</sup> /g	147,3	146,5	146,9
Teneur en Ni sur catalyseur	ppm	120	1811	1698
Teneur en V sur catalyseur	ppm	120	5660	5327
Température de réaction (ROT)	°C	525,0	525,0	525,0
Débit de catalyseur	t/min	26,8	24,3	24,4
Ratio C/O	-	8,03	7,29	7,32
% coke sur catalyseur (delta coke)	% poids	0,41	0,45	0,45
Température préchauffe charge	°C	<b>416,4</b>	<b>208,2</b>	<b>273,7</b>
Delta Température entrée sortie four	delta °C	208,2	0,0	65,5
Energie fournie par four de charge	Mkcal/h	32,4	0,0	9,3
température phase Dense (=TRG)	°C	<b>627,2</b>	<b>714,4</b>	<b>691,6</b>
<b>Energie à fournir au régénérateur</b>	<b>Mkcal/h</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
Std CONVERSION	% poids	83,8	83,9	83,7
H2S	% poids	0,01	0,01	0,01
H2	% poids	0,00	0,01	0,01
C1-C2	% poids	1,40	1,45	1,45
C3-C4	% poids	23,4	23,4	23,3
Standard LCN C5-160	% poids	44,1	44,1	44,0
Standard HCN 160-220	% poids	11,7	11,7	11,7
Standard LCO 220-360	% poids	11,5	11,5	11,6
Standard Slurry 360+	% poids	4,7	4,7	4,7
Coke	% poids	3,3	3,3	3,3
Total	% poids	100,0	100,0	100,0
<b>Coke injecté au régénérateur</b>	<b>kg/h</b>	<b>0</b>	<b>4502</b>	<b>3215</b>
Rendement Coke équivalent	% poids	3,3	5,5	4,9
Débit d'air injecté au régénérateur	t/h	<b>91</b>	<b>152</b>	<b>135</b>

Dans le tableau 2 sont consignés trois cas de fonctionnement d'une unité industrielle.

5

Dans la première colonne intitulée « cas 1 ou cas de base sans injection de coke », on n'injecte pas de coke au régénérateur et on a calculé la température de préchauffe de la charge injectée au réacteur

nécessaire pour obtenir 3.3% (poids) de coke avec une température de réaction de 525°C. Dans ce cas, pour obtenir le bilan thermique de l'unité, la température de préchauffe de la charge doit être très élevée et par ailleurs inacceptable, car au-delà de 400°C, la charge commence à craquer avant même son entrée dans le réacteur de l'unité. De plus, la température de la phase dense du régénérateur serait à peine de 627°C, température également inacceptable car inférieure à la température d'initiation de la combustion du coke déposé sur le catalyseur contenu dans le régénérateur.

5

Deux autres cas ont été envisagés pour permettre d'atteindre à la fois des températures de préchauffe de la charge injectée dans le réacteur et du catalyseur coké dans la phase dense dans le régénérateur acceptables avec un fonctionnement d'une unité de FCC industrielle, présentant un bilan thermique équilibré.

10

Dans la configuration du cas 2 du tableau 2, il y a injection de coke dans le régénérateur sans four annexe de préchauffe de la charge, celle-ci étant préchauffée uniquement par une série d'échangeurs charge/effluent. Dans ce cas, la température de préchauffe ne peut excéder 208°C. Par conséquent, pour obtenir une température du catalyseur coké dans la phase dense du régénérateur suffisamment élevée, typiquement supérieure à 650°C, et atteindre un bilan thermique équilibré dans l'unité, il est nécessaire de fournir de l'énergie par combustion de coke supplémentaire. Dans ce cas, un apport de 35 Mkal/h au régénérateur permet alors d'obtenir une température de phase dense de 714°C. Pour un tel apport de calories, il faudra alors injecter environ 4500 kg/h de coke ex coker au sein du catalyseur coké à régénérer.

15

20

25

30

L'inconvénient de l'injection de coke ex coker au régénérateur est l'introduction de métaux tels que le Ni et le V, connus pour être des poisons du catalyseur ayant pour effet de désactiver le catalyseur. Connaissant le débit d'injection de coke ex coker au régénérateur et les teneurs en Ni et V, il est alors possible de calculer la teneur en Ni et V équivalente rapportée à la charge déposée sur le catalyseur en recirculation. Cet exercice nous permet de calculer l'appoint de

35

catalyseur qu'il faudra réaliser pour conserver un niveau d'activité catalytique satisfaisant à l'intérieur de l'unité de craquage. Pour pouvoir se comparer avec le cas 1, l'appoint de catalyseur est ajusté jusqu'à obtenir le même niveau de surface active, soit environ  
5 147 m<sup>2</sup>/g. On peut voir dès lors que comparativement au cas de base, il faudra augmenter l'appoint de catalyseur de 2 à 10.6 t/jour, représentant un coût supplémentaire de mise en œuvre de l'invention non négligeable.

10 Pour limiter ce surcoût de fonctionnement lié à l'introduction d'un appoint plus élevé de catalyseur, On peut réduire l'énergie apportée au régénérateur par l'introduction de coke ex coker en augmentant celle apportée par la charge au réacteur. C'est le cas 3 qui  
15 consiste à injecter du coke au régénérateur tout en préchauffant la charge avec un four de préchauffe présent sur la conduite d'arrivée de la charge en amont du réacteur de craquage. Si l'énergie apportée au régénérateur passe à 25 Mkcal/h comparativement à 35 Mkcal/h, cela permettra de réduire la quantité de coke ex coker à injecter au  
20 régénérateur jusqu'à 3200 kg/h. En faisant le même exercice que précédemment, l'appoint de catalyseur frais sera alors réduit à 8.2 t/j comparativement à 10.6 t/jour. Si l'énergie au régénérateur est ainsi réduite pour un rendement coke produit par la charge équivalent, pour  
25 atteindre un bilan thermique acceptable de l'unité, il est alors nécessaire d'apporter de l'énergie au catalyseur au niveau du réacteur de craquage en préchauffant davantage la charge. Dans ce cas, la température de préchauffe doit être d'environ 274°C. Si la température de préchauffe maximum de la charge en sortie des échangeurs charge/effluent est de 208°C, on ajoutera, après les échangeurs, un  
30 four sur la conduite d'arrivée de la charge à craquer pour augmenter la température de celle-ci de 208°C jusqu'à 274°C, ce qui nécessitera 9.3 Mkcal/h d'apport de chaleur à la charge. Dans ce cas, le calcul du bilan thermique montre qu'on atteint ainsi l'équilibre thermique de l'unité puisque la baisse d'énergie apportée par l'ajout de coke au régénérateur d'environ 10 Mkcal/h, est compensée par l'apport en  
35 énergie via la préchauffe de la charge, par l'intermédiaire d'un four.

Les gains de coût de fonctionnement liés à la diminution de l'appoint de catalyseur sont alors à pondérer par l'augmentation des

coûts de fonctionnement liés à l'utilisation de combustible de chauffage au niveau du four pour chauffer la charge. Sur un plan économique, le cas 3 n'est pas nécessairement meilleur que le cas 2. En effet, la somme des coûts pour l'investissement lié à l'installation d'un four, et pour la consommation d'un combustible de meilleure qualité brûlé dans ledit four supplémentaire est au moins égale sinon supérieure au coût de l'ajout de coke ex coker broyé comme décrit dans le cas 2 avec un appoint de catalyseur frais augmenté.

10 Dans ce cas 3, la température au régénérateur est à peine supérieure à 690°C : il sera difficile de baisser davantage le volume de coke injecté au régénérateur donc l'énergie apportée par celui-ci sans risquer de compromettre le bon fonctionnement du régénérateur, c'est-à-dire une combustion complète du coke présent sur le catalyseur à régénérer.

15 On notera également que les rendements en produits de craquage restent équivalents dans les trois cas envisagés, si ce n'est une légère augmentation du volume de gaz secs pour les cas 2 et 3 avec injection de coke, cet accroissement étant lié à la présence de métaux sur le catalyseur.

20 Enfin, en calculant le rendement coke équivalent rapporté à la charge, on peut estimer le débit d'air nécessaire au régénérateur pour permettre la combustion simultanée du coke déposé sur le catalyseur suite au craquage de la charge dans le réacteur et le coke ex coker ajouté au régénérateur, et cela à iso-excès d'oxygène dans les fumées.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de craquage catalytique d'une charge faiblement cokante de carbone Conradson inférieure ou égale à 0.1 % en poids et de teneur en hydrogène supérieure ou égale à 12,7% en poids comprenant au moins une zone de craquage pour la charge, une zone de séparation/stripage des effluents des grains de catalyseur cokés et une zone de régénération des dits grains, caractérisé en ce qu'on introduit en amont et/ ou au cours de l'étape de régénération du catalyseur au moins un matériau carboné solide à l'état fluidisé, de Carbone Conradson supérieur ou égal à 10% en poids, dans un lit dense de catalyseur coké dans la zone de régénération.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau carboné est fluidisé par tout moyen, dans un effluent liquide ou gazeux non amalgamant avec le coke, de préférence de l'air.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la quantité de matériau carboné solide à l'état fluidisé dispersée au milieu des grains de catalyseur cokés du lit dense est ajustée pour fournir une quantité de coke  $Q_c$  supplémentaire sur le catalyseur pour satisfaire l'équation (I) suivante :
- $$Q_c = Q_t - Q_i \text{ (I)},$$
- où  $Q_i$  est la teneur en coke initiale sur le catalyseur coké après craquage de la charge et  $Q_t$  où Delta coke est la teneur en coke nécessaire au maintien de la température du catalyseur régénéré et donc au bilan thermique du procédé.
4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que  $Q_t$  est choisie variant de 0.5 à 1% en poids lorsque la zone de régénération ne comprend qu'une seule étape, et de 0.8 à 1.45 % en poids pour une combustion partielle dans le premier étage d'une zone de régénération d'un régénérateur multi-étagé, comprenant au moins deux étapes de régénération.
5. Procédé selon les revendications précédentes caractérisé en ce que le coke est choisi parmi le coke résultant de la cokéfaction du charbon, des cokeurs d'effluents hydrocarbonés de température d'ébullition supérieure à 350°C choisis parmi les

- coupes lourdes effluents issues de la réaction de craquage principale, HCO (abréviation de « heavy cycle oil ») d'intervalle de distillation compris typiquement entre 360 et 440°C, et slurry d'intervalle de distillation supérieur à 360°C ( noté 360°+), les
- 5 résidus de biomasse issus de la conversion du bois et/de la cellulose, le charbon broyé dissout dans un hydrocarbure fluide et/ou injecté par soufflage ou pulvérisation, les coupes riches en
- 10 asphalte provenant d'unités de désalphaltage, les cires non valorisables issues de la liquéfaction du charbon par voie indirecte (GTL) ou du procédé Fischer Tropsch de transformation du gaz en hydrocarbures ou un mélange des dites coupes.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisées en ce que la charge introduite dans la zone principale de craquage est choisie dans le groupe comprenant les
- 15 purges d'unité d'hydrocraqueur, ou "bleed", les charges à base coupe gazole de la distillation sous vide de point d'ébullition supérieur à 350°C, et présentant des teneurs en hydrogène supérieures ou égales à 12,7% en poids, les huiles végétales et les hydrocarbures de point d'ébullition inférieur à 160°C, ces
- 20 charges étant craquées seules ou en mélange dans la zone de craquage principale du procédé.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le matériau carboné solide à l'état fluidisé contenant le matériau coké est introduit dans la phase dense d'au moins une
- 25 étape de la zone de régénération lorsqu'elle est multi-étagée.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la dispersion de matériau carboné solide à l'état fluidisé est obtenue par des moyens de dispersion de celui-ci sur toute la section de la zone de régénération pour que la
- 30 distribution des grains de catalyseur sur celle du matériau carboné à l'intérieur de la zone de régénération soit voisine de 1.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la zone de régénération est équipée d'au moins un garnissage structuré pour la dispersion des grains de
- 35 catalyseurs cokés et que la dispersion de matériau carboné solide à l'état fluidisé est effectuée à contrecourant en amont du

dit garnissage structuré, celui-ci couvrant tout ou partie de la section de ladite zone de régénération.

- 5 10. Procédé selon la revendication 11 caractérisé en ce que la dispersion est réalisée en présence d'au moins un garnissage placé dans la phase dense d'un premier étage de la zone de régénération dans le cas d'une zone de régénération multi-étagée.
- 10 11. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le matériau carboné solide à l'état fluidisé est dispersé sur tout ou partie de la hauteur de chaque lit dense de la zone de régénération, chaque dispersion se faisant après homogénéisation du lit fluidisé, ce dernier étant équipé éventuellement d'au moins un garnissage structuré.
- 15 12. Dispositif de mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 11 comprenant au moins un réacteur principal et éventuellement au moins un réacteur secondaire, au moins un désengageur et un stripeur, un régénérateur mono ou multi-étagé, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de dispersion homogène d'un matériau carboné à l'état divisé sur  
20 des grains de catalyseur cokés issus du désengageur et un strippeur, ces moyens de dispersion homogène étant situés en amont du régénérateur, et/ou dans le régénérateur lui-même.
- 25 13. Dispositif selon la revendication 12 caractérisé en ce que les moyens de dispersion du catalyseur sont placés sur une conduite reliant le stripeur au régénérateur et acheminant le catalyseur coké et strippé au dit régénérateur.
- 30 14. Dispositif selon la revendication 12 caractérisé en ce que les moyens de dispersion sont placés au niveau d'une partie dense du lit fluidisé dans le régénérateur.
- 35 15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14 caractérisé en ce que les moyens de dispersion sont choisis parmi les moyens susceptibles de disperser les mélanges gaz/solides dans un lit dense, de préférence des tubes ouverts et/ou des râteaux formés de plusieurs tubes parallèles s'ouvrant dans le lit dense, ces tubes étant reliés à un tube distributeur.
16. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 15 caractérisé en ce que le régénérateur sera équipé d'au moins un

garnissage structuré, disposé en amont et/ou en aval des moyens de dispersion du matériau carboné par rapport à la circulation envisagée du catalyseur dans le dit régénérateur.

- 5 17. Dispositif selon la revendication 16 caractérisé en ce que le régénérateur est équipé d'au moins un garnissage structuré, disposé en amont des moyens de dispersion du matériau carboné par rapport à la circulation envisagée du catalyseur dans le dit régénérateur au niveau du lit fluidisé dense du premier étage de régénération.
- 10 18. Dispositif selon les revendications 16 et 17 caractérisé en ce que ces garnissages sont formés par un enchevêtrement de plaques, de ruban ou d'ailettes constituant un tamis, ce tamis occupant moins de 10% en surface de la section de la capacité dans laquelle il est placé, mais recouvrant en projection sur
- 15 celle-ci toute sa surface.

1/1

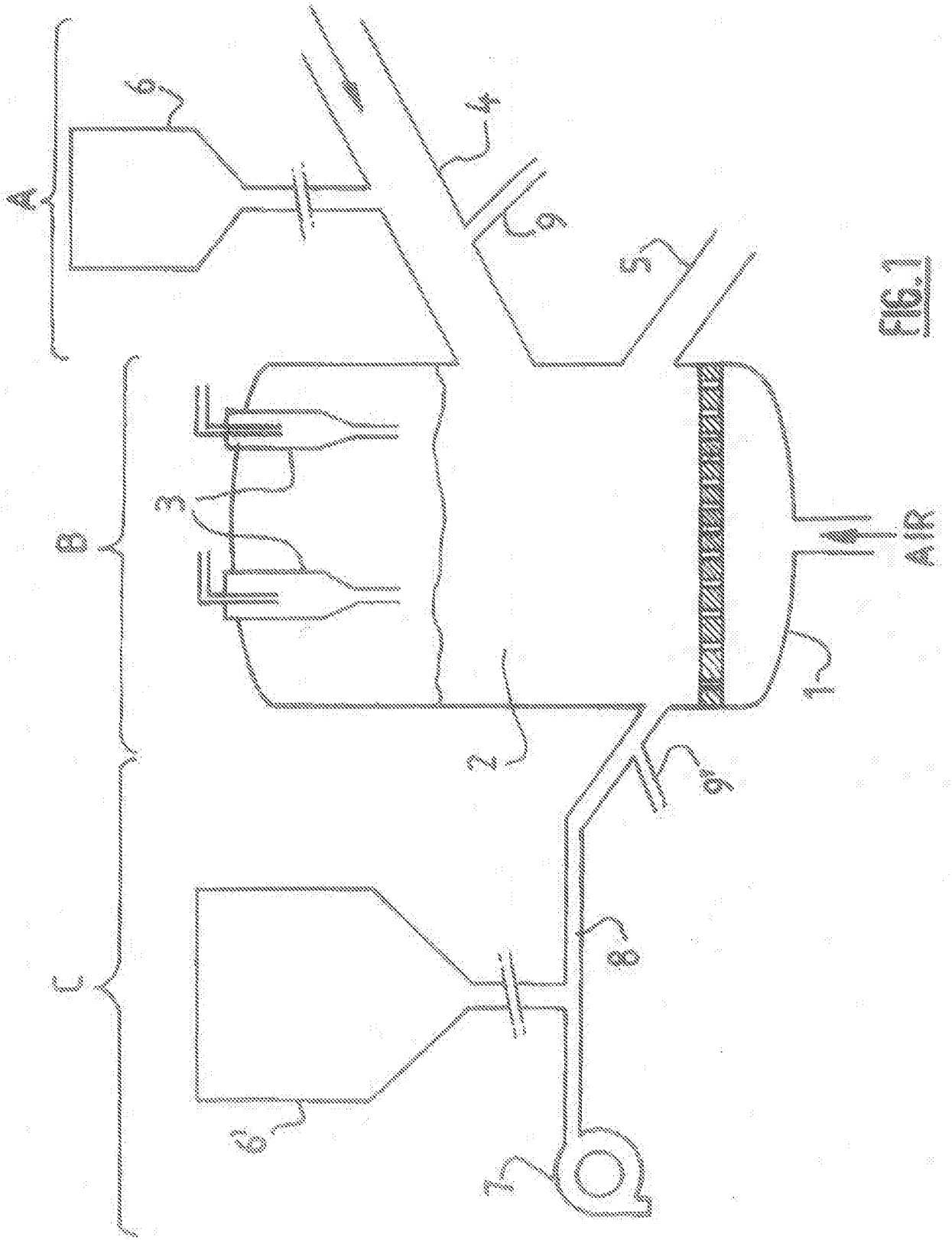


FIG. 1



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 752340  
FR 1155852

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X,D	US 4 875 994 A (HADDAD JAMES H [US] ET AL) 24 octobre 1989 (1989-10-24) * revendications 1,2,9; figure 1 * * colonne 12, ligne 23-35 * -----	1,2,5-8, 11	C10G11/18 B01J38/30
X,D	US 4 828 680 A (GREEN GARY J [US] ET AL) 9 mai 1989 (1989-05-09) * revendication 1; figure 3; exemples 1,2 * * colonne 7, ligne 41 - colonne 8, ligne 8 * * colonne 8, ligne 31-42 * -----	1-12, 14-18	
X	US 4 980 050 A (HUH BILLY K [US] ET AL) 25 décembre 1990 (1990-12-25) * revendications 1,3,9; figure 1; exemples * -----	1,2,5-8, 11	
X	US 4 436 613 A (SAYLES SCOTT M [US] ET AL) 13 mars 1984 (1984-03-13) * revendication 1; figure * -----	12-18	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 2008/035527 A1 (ENG CURTIS N [US] ET AL) 14 février 2008 (2008-02-14) * revendications 1,10,11,15 * -----	1-18	C10G
A	US 2001/025806 A1 (STEFFENS TODD R [US] ET AL) 4 octobre 2001 (2001-10-04) * revendication 1; figures 1,2 * -----	1-18	
A	US 3 692 667 A (MCKINNEY JOEL D ET AL) 19 septembre 1972 (1972-09-19) * figure; exemple 1 * -----	12-18	
A	US 2 902 432 A (CODET HOWARD G ET AL) 1 septembre 1959 (1959-09-01) * revendication 1; figure * -----	12-18	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 janvier 2012		Harf, Julien	
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	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1155852 FA 752340**

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 27-01-2012

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 4875994	A	24-10-1989	AUCUN	
US 4828680	A	09-05-1989	EP 0424475 A1 US 4828680 A WO 9013613 A1	02-05-1991 09-05-1989 15-11-1990
US 4980050	A	25-12-1990	AUCUN	
US 4436613	A	13-03-1984	AUCUN	
US 2008035527	A1	14-02-2008	CN 101522866 A EP 2049622 A1 JP 2010500445 A KR 20080014665 A US 2008035527 A1 WO 2008020923 A1	02-09-2009 22-04-2009 07-01-2010 14-02-2008 14-02-2008 21-02-2008
US 2001025806	A1	04-10-2001	AT 269890 T AU 4953901 A CA 2403981 A1 CN 1422325 A DE 60104006 D1 DE 60104006 T2 EP 1285042 A2 JP 2003529667 A MX PA02009803 A US 2001025806 A1 WO 0174972 A2	15-07-2004 15-10-2001 11-10-2001 04-06-2003 29-07-2004 30-06-2005 26-02-2003 07-10-2003 22-04-2003 04-10-2001 11-10-2001
US 3692667	A	19-09-1972	CA 941773 A1 NL 7016597 A US 3692667 A	12-02-1974 14-05-1971 19-09-1972
US 2902432	A	01-09-1959	BE 535572 A DE 966223 C FR 1119834 A GB 775790 A NL 105540 C US 2902432 A	27-01-2012 18-07-1957 26-06-1956 29-05-1957 27-01-2012 01-09-1959