



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1992/11/13

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1993/05/15

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2002/12/10

(30) Priorité/Priority: 1991/11/14 (91/14.153) FR

(51) Cl.Int.⁵/Int.Cl.⁵ B01J 38/30, B01J 38/34, C10G 11/18

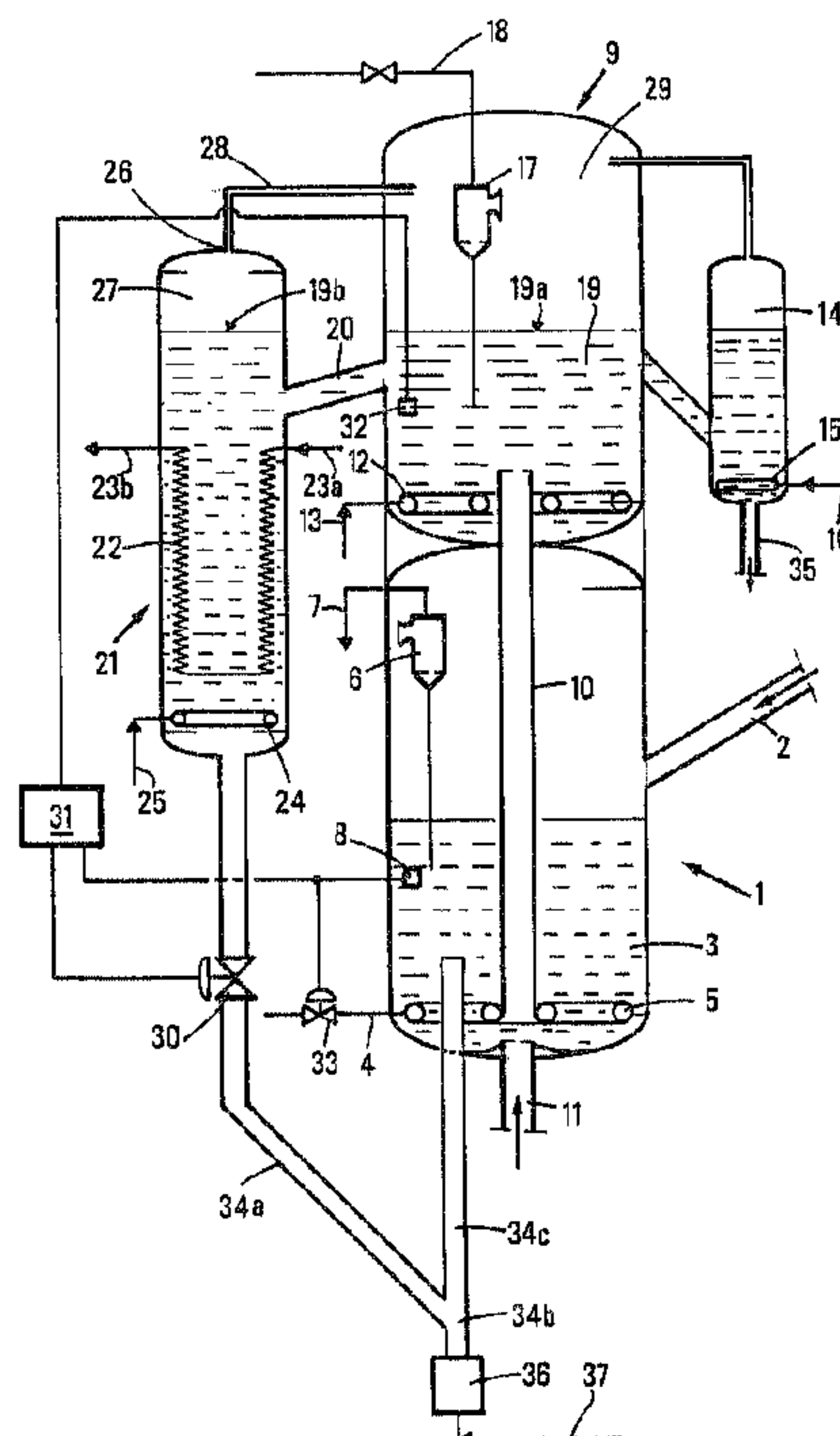
(72) Inventeurs/Inventors:
BONIFAY, REGIS, FR;
HOFFMANN, FREDERIC, FR;
PONTIER, RENAUD, FR;
GAUTHIER, THIERRY, FR

(73) Propriétaire/Owner:
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF D'ECHANGE THERMIQUE DE PARTICULES SOLIDES POUR DOUBLE
REGENERATION EN CRAQUAGE CATALYTIQUE

(54) Title: SOLIDS THERMAL EXCHANGE PROCESS AND DEVICE FOR DOUBLE REGENERATION IN CATALYTIC
CRACKING



(57) Abrégé/Abstract:

Le catalyseur et une partie des fumées de régénération sont prélevés dans le lit catalytique dense d'un second régénérateur (9) et introduits par gravité dans un échangeur externe (21) en un point de jonction au-dessous du niveau du lit dense du second régénérateur. L'échange thermique est réalisé dans la partie inférieure de l'échangeur au-dessous du point de jonction. On réalise de l'extrémité inférieure de l'échangeur jusqu'au-dessus du point de jonction une zone en lit dense dont le niveau s'établit sensiblement à la hauteur de celui du lit dense dans le régénérateur et une zone de désengagement (27) des gaz de régénération et du gaz de fluidisation, de volume approprié. Les gaz et fumées de l'échangeur sont évacués dans la phase fluidisée diluée du second régénérateur par une conduite (28) tandis que le catalyseur est recyclé dans le lit du premier régénérateur par une conduite (34). Application à la régénération de catalyseurs de craquage en lit fluide.



**PROCEDE ET DISPOSITIF D'ECHANGE THERMIQUE
DE PARTICULES SOLIDES POUR DOUBLE REGENERATION
EN CRAQUAGE CATALYTIQUE**

**Invention de Régis BONIFAY, Frédéric HOFFMANN
Renaud PONTIER et Thierry GAUTHIER**

ABREGE DESCRIPTIF

Le catalyseur et une partie des fumées de régénération sont prélevés dans le lit catalytique dense d'un second régénérateur (9) et introduits par gravité dans un échangeur externe (21) en un point de jonction au-dessous du niveau du lit dense du second régénérateur. L'échange thermique est réalisé dans la partie inférieure de l'échangeur au-dessous du point de jonction. On réalise de l'extrémité inférieure de l'échangeur jusqu'au-dessus du point de jonction une zone en lit dense dont le niveau s'établit sensiblement à la hauteur de celui du lit dense dans le régénérateur et une zone de désengagement (27) des gaz de régénération et du gaz de fluidisation, de volume approprié. Les gaz et fumées de l'échangeur sont évacués dans la phase fluidisée diluée du second régénérateur par une conduite (28) tandis que le catalyseur est recyclé dans le lit du premier régénérateur par une conduite (34).

Application à la régénération de catalyseurs de craquage en lit fluide.

Figure à publier.

- L'invention concerne un procédé de régénération d'un catalyseur utilisé avec échange thermique en lit fluidisé et un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé. Plus particulièrement, le procédé peut s'appliquer à la régénération de catalyseurs particulièrement chargés en résidus hydrocarbonés et en coke après réaction avec une charge d'hydrocarbures. Elle peut concerner les catalyseurs d'hydrotraitement, d'hydrocraquage ou de craquage catalytique, de réformage ou même toute masse de contact utilisée par exemple dans les procédés de craquage thermique.
- 5
- 10 A titre d'exemple purement illustratif, on appliquera le procédé à la régénération de catalyseur utilisé issu d'un procédé de craquage catalytique, en lit fluidisé, de charges lourdes ayant un carbone Conradson élevé, telles qu'un résidu atmosphérique, un résidu sous vide, un résidu désasphalté, ces résidus pouvant être hydrotraités.
- 15 Ce procédé s'appliquera tout particulièrement au contrôle de la température.
- Les procédés de craquage catalytique convertissent les charges hydrocarbonées en produits plus légers tels que des essences. Initialement, les charges étaient relativement légères, des gazoles par exemple et pour obtenir une efficacité maximale de conversion à partir de catalyseurs zéolithiques très actifs, il était nécessaire de retirer le maximum de coke qui s'était déposé sur ces catalyseurs et qui diminuait son activité, durant une étape de régénération à une température se situant entre 520 et 800°C.
- 20
- 25 La demande pressante en carburants amène les raffineurs à s'intéresser à des charges de plus en plus lourdes, comportant des hydrocarbures à haut point d'ébullition, par exemple à un point d'ébullition supérieur à 550°C, ayant un carbone Conradson élevé ou une concentration en métaux importante. Du coke et des hydrocarbures lourds peuvent alors se déposer sur le catalyseur en quantité importante durant la phase de craquage catalytique et sa régénération par une combustion peut provoquer un dégagement de chaleur important qui peut détériorer l'appareillage et désactiver le catalyseur, notamment lors de longues expositions à des températures supérieures à 800°C. Il devient alors impératif de contrôler la régénération du catalyseur. Ce problème se pose notamment lorsqu'on veut appliquer à une technologie
- 30
- 35

existant depuis longtemps et traitant essentiellement des charges hydrocarbonées conventionnelles, un procédé mettant en jeu des charges beaucoup plus lourdes.

- 5 Un des objets de l'invention est donc de proposer un procédé et un dispositif de régénération comportant le contrôle de refroidissement du catalyseur dans une unité de craquage catalytique en vue du traitement de charges lourdes.

10 Un autre objet de l'invention est de répondre à une plus grande souplesse d'utilisation du dispositif.

L'art antérieur est illustré par les brevets suivants :

- 15 • le brevet US 4614724 enseigne un dispositif décrivant un régénérateur dont la température de régénération est contrôlée par un échangeur de chaleur externe à écoulement descendant à travers un faisceau de tubes.

20 Le catalyseur refroidi est recyclé vers le régénérateur par une conduite de remontée du catalyseur en l'état fluidisé, dans le lit dense de ce régénérateur. Le catalyseur dans l'échangeur est maintenu en lit dense par un gaz de fluidisation s'écoulant à contre-courant du sens d'écoulement du catalyseur et le gaz de fluidisation est soit entraîné avec celui-ci lorsque le débit est très faible, soit évacué par la ligne d'entrée du catalyseur. Cette circulation à contre-courant du gaz perturbe l'écoulement du catalyseur

25 dans la tubulure d'entrée et dans l'échangeur et l'échange thermique n'est pas maximal.

- 30 • Le brevet US 4434245 décrit un régénérateur à deux niveaux, comportant un échangeur externe avec admission latérale du catalyseur chaud en provenance du niveau supérieur qui est une zone de stockage.

35 Le catalyseur refroidi est recyclé par une conduite recevant l'air de régénération ainsi que le catalyseur usagé, dans une zone correspondant au niveau inférieur où s'effectue la combustion. Donc, le fonctionnement du régénérateur et de l'échangeur est étroitement lié puisque le retour du catalyseur refroidi dans le régénérateur est fonction du débit de fluidisation

de l'air servant à la régénération qui circule dans ladite conduite. Ce brevet enseigne par ailleurs une tubulure au-dessus de l'échangeur qui débouche dans le lit dense de l'échangeur, de sorte que le désengagement du gaz et des fumées ne peut s'effectuer parfaitement compte tenu de la présence du catalyseur dans cette tubulure. Il peut alors se produire un phénomène de circulation de catalyseur avec retour par le haut (backmixing). Le désengagement du gaz s'effectue d'autant plus mal que le faisceau d'échange arrive jusqu'à l'extrémité supérieure de l'échangeur. Le mélange n'est pas forcément homogène et il existe donc une zone supérieure où le catalyseur stagne et où il est mal renouvelé, de sorte que l'échange thermique est diminué.

- Le brevet US 4923834 décrit un procédé à "backmixing" où une tubulure supérieure débouchant dans la conduite d'admission dans l'échangeur du catalyseur qui circule en lit dense, permet le retour du catalyseur de l'échangeur dans la chambre de stockage du régénérateur. Il s'agit donc ici de refroidissement par "backmixing" et non pas d'une solution à un problème d'évacuation d'un échangeur thermique de fumées et d'air de fluidisation permettant de maximiser l'échange thermique.

- Enfin, l'art antérieur est illustré par le brevet FR 2628342 (US 4965232) dans lequel il est décrit un système externe de refroidissement du catalyseur dans une unité comportant une double régénération du catalyseur usagé en provenance d'un dispositif de craquage catalytique, les deux régénérateurs comprenant des évacuations distinctes des effluents de combustion, le catalyseur circulant du second régénérateur vers le premier via l'échangeur thermique. Le problème technique est, aussi, relatif à la recherche d'un échangeur thermique maximal. En effet, l'alimentation en catalyseur de l'échangeur thermique par une conduite inclinée adéquate ne s'effectue pas correctement en raison d'une quasi-absence de volume réservé au désengagement du gaz de fluidisation du catalyseur dans l'échangeur de sorte que ce gaz de fluidisation a tendance à remonter dans la conduite sous forme de bulles et donc à contrarier l'écoulement du catalyseur.

La présente invention remédie aux inconvénients mentionnés ci-dessus et permet d'obtenir des résultats sensiblement améliorés.

De manière plus précise l'invention concerne un procédé de régénération en
5 lit fluidisé d'un catalyseur contaminé par du coke déposé sur celui-ci, dans lequel on introduit le catalyseur à régénérer et un gaz contenant de l'oxygène dans une première zone de régénération où il est régénéré au moins en partie dans des conditions appropriées en lit dense, on sépare les effluents gazeux de première régénération que l'on évacue par leurs propres moyens,
10 de préférence dans la partie supérieure de la première zone de régénération et l'on prélève le catalyseur au moins en partie régénéré de la première zone pour l'envoyer dans la seconde zone de régénération distincte de la première zone de régénération où il est régénéré à une température supérieure à celle de la première zone de régénération, on sépare le catalyseur des fumées de
15 seconde régénération que l'on évacue au moins en partie, le procédé étant caractérisé par les étapes suivantes :

a) On envoie par une conduite inclinée vers le bas une partie au moins du catalyseur contenu dans la seconde zone de régénération ainsi qu'une
20 partie des fumées dans une zone d'échange thermique externe et de hauteur appropriée, ladite conduite reliant le lit dense de la seconde zone de régénération à la zone d'échange thermique et y débouchant en un point de jonction disposé de telle façon que l'on détermine, de l'extrémité inférieure de ladite zone d'échange thermique jusqu'au- dessus dudit
25 point de jonction, une zone en lit dense de catalyseur s'établissant sensiblement jusqu'au niveau du catalyseur dans la seconde zone de régénération et une zone de désengagement dans ladite zone d'échange thermique ayant un volume approprié au-dessus dudit lit dense jusqu'à l'extrémité supérieure de la zone d'échange,

30

b) on refroidit le catalyseur dans une partie au moins de ladite zone en lit dense dans des conditions d'échange thermique indirect et de fluidisation adéquates, en présence d'un gaz de fluidisation contenant de préférence de l'oxygène, le catalyseur circulant vers le bas à contre-courant du sens
35 d'écoulement du gaz de fluidisation,

- c) on procède à la séparation du catalyseur et du gaz de fluidisation ainsi que des éventuelles fumées de régénération dans ledit volume de la zone de désengagement,
- 5 d) on évacue lesdits gaz et fumées de l'étape c) de la zone de désengagement et on les envoie dans la phase diluée au-dessus du lit dense de la seconde zone de régénération ; et
- 10 e) on soutire le catalyseur refroidi de la partie inférieure de la zone d'échange thermique et on le recycle dans la première zone de régénération.

L'invention présente l'avantage d'une grande souplesse d'utilisation. En reliant la ligne de dégazage à la zone de désengagement des fumées et des gaz de fluidisation de catalyseur dans la partie supérieure de l'échangeur disposant d'un volume suffisant bien au-dessus d'un niveau du lit dense, on favorise l'écoulement du catalyseur du second régénérateur autour du faisceau de tubes de l'échangeur. On favorise aussi son écoulement dans la conduite alimentant l'échangeur. De plus, la totalité du débit de catalyseur qui

15 peut être augmenté pour satisfaire les conditions d'équilibre thermique dans l'unité en fonction de la sévérité de la charge, traverse l'échangeur et contribue à l'amélioration de l'échange thermique et de cette façon à son contrôle.

- 25 Selon une première variante, le catalyseur refroidi peut être recyclé par gravité soit directement dans le lit en phase dense de la première zone de régénération soit directement dans la phase diluée de la première zone de régénération.
- 30 Selon une seconde variante permettant de mieux satisfaire le bilan des pressions, le catalyseur refroidi peut être recyclé dans la phase dense de la première zone de régénération, avantageusement au-dessus de l'organe de fluidisation. Dans ce cas, le catalyseur descend par gravité dans une conduite qui est connectée à une jonction en Y ou en J puis remonte, accéléré par
- 35 des moyens appropriés en présence d'un gaz de fluidisation jusque dans la phase dense de catalyseur. Une vanne située sur la conduite de transfert de

préférence en dessous du niveau de l'extrémité inférieure de la première zone de régénération permet de réguler, manuellement ou automatiquement, le débit du catalyseur circulant dans la zone d'échange thermique. La vitesse d'écoulement du catalyseur passe par exemple de 1 à 2 m/s dans la partie descendante de la conduite, à 5 à 12 m/s dans la partie ascendante. Ce gaz de remontée du catalyseur contribue généralement à sa fluidisation dans la première zone de régénération et à sa régénération, s'il contient de l'oxygène, ce qui est généralement le cas.

- 5
10 Le catalyseur traversant l'échangeur thermique est généralement refroidi de 50 à 300°C.

- 15 Selon une caractéristique de l'invention, la vitesse de fluidisation dans l'échangeur est en général de 0,025 m/s à 1 m/s, avantageusement de 0,05 à 0,5 m/s et de préférence de 0,1 à 0,4 m/s. Dans ces conditions préférées, on a observé un meilleur coefficient d'échange thermique. Selon une autre caractéristique, la vitesse de fluidisation dans le second régénérateur est en général de 0,6 à 1,5 m/s et avantageusement de 0,8 à 1,2 m/s.

- 20 Pour permettre un désengagement satisfaisant du gaz de fluidisation et des fumées de régénération du catalyseur, on choisit en règle générale un échangeur dont la hauteur est telle que le volume disponible pour le désengagement du gaz de fluidisation et des fumées correspond à une hauteur de 0,1 à 5 m et de préférence de 1 à 2,5 m au-dessus du niveau du
25 lit dense dans la seconde zone de régénération.

Les gaz et les fumées peuvent être évacués de la zone de désengagement à une vitesse de 2 à 15 m/s et avantageusement de 5 à 8 m/s.

- 30 Le diamètre de la tubulure d'évacuation est habituellement tel que la perte de charge est limitée, par exemple à 0,1 bar. Cela correspond à un rapport de diamètre des tubulures d'admission du catalyseur et d'évacuation des gaz, habituellement inférieur ou égal à 10, par exemple compris entre 3 et 6.

- 35 Selon un mode de réalisation avantageux, sensiblement tout l'échange thermique indirect peut être effectué au-dessous du point de jonction de la

conduite inclinée d'arrivée du catalyseur chaud dans l'échangeur thermique. Dans ces conditions, l'échange thermique est maximisé puisque la surface totale de l'échangeur est en contact avec tout le catalyseur y circulant.

- 5 Selon un autre mode une partie des tubes de refroidissement dans l'échangeur peut dépasser le point de jonction, voire atteindre sensiblement le niveau supérieur de la phase dense.

- 10 Le contrôle du débit de catalyseur traversant l'échangeur et de ce fait le contrôle thermique de la régulation est habituellement assuré par une vanne à la sortie de l'échangeur dans une conduite sensiblement allongée recyclant du catalyseur refroidi dans le premier régénérateur. Cette vanne est en général asservie par des moyens de contrôle appropriés qui sont en liaison avec une sonde de température disposée soit dans le lit dense soit dans le lit
- 15 fluidisé du second générateur et qui comparent en général de manière continue le signal de température avec un signal de référence, préalablement défini en fonction des paramètres de régénération et du type de charge.

- 20 Ces moyens de contrôle peuvent éventuellement asservir une vanne de régulation de débit d'air de fluidisation dans le premier régénérateur.

- 25 Selon un autre mode de réalisation, on peut aussi mesurer la température de première régénération par une sonde de température plongeant de préférence dans le lit dense et asservir grâce auxdits moyens de contrôle la vanne d'ouverture, du catalyseur à la sortie de l'échangeur ainsi qu'éventuellement la vanne de régulation de débit d'air dans le premier régénérateur.

- 30 L'invention concerne aussi un dispositif de régénération en lit fluidisé d'un catalyseur contaminé par du coke, comprenant un premier régénérateur (1) qui comporte des moyens d'entrée (2) d'un catalyseur usagé, des moyens de fluidisation (5) et de régénération du catalyseur par un gaz contenant de l'oxygène adaptés à réaliser un lit fluidisé en phase dense (3), des premiers
- 35 moyens de séparation (6) des fumées de régénération du catalyseur en partie régénéré et des premiers moyens (7) d'évacuation desdites fumées, des moyens de transfert (10) dudit catalyseur du premier régénérateur vers

un second régénérateur (9) défini ci-après, le second régénérateur comprenant des moyens de fluidisation et de régénération (12) du catalyseur au moins en partie régénéré par un gaz contenant de l'oxygène adaptés à réaliser un lit fluidisé en phase dense (19) jusqu'à un niveau (19a) approprié, des seconds moyens de séparation (17) des fumées de régénération du catalyseur régénéré et des seconds moyens d'évacuation (18) desdites fumées séparés des premiers moyens d'évacuation, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte en combinaison :

10

- un échangeur de chaleur (21) vertical externe de forme allongée, de hauteur appropriée et adapté à recevoir le catalyseur chaud et éventuellement une partie des fumées par une conduite inclinée (20) reliant ledit lit dense du second régénérateur à l'échangeur et à le refroidir alors qu'il circule à travers l'échangeur dans une direction descendante, ledit échangeur comprenant des moyens (24) de fluidisation du catalyseur par un gaz à son extrémité inférieure adaptée à y réaliser un lit dense à un niveau approprié (19b), ladite conduite (20) inclinée débouchant dans l'échangeur (21) en un point de jonction situé sous le niveau (19a) du lit dense du second régénérateur (9) à une distance de l'extrémité supérieure (26) de celui-ci telle qu'elle permet la séparation des éventuelles fumées de régénération et du gaz de fluidisation, du catalyseur dans la partie supérieure (27) de l'échangeur ou zone de désengagement située au-dessus du niveau du lit dense dans l'échangeur,

25

- des moyens (28) d'évacuation des fumées et du gaz de fluidisation de la zone de désengagement à la partie supérieure de l'échangeur, reliés au second régénérateur (9), en un point au-dessus du niveau (19a) du lit dense du catalyseur, dans ledit régénérateur et

30

- des moyens de soutirage et de recyclage (34, 30) adaptés à une circulation du catalyseur refroidi de l'extrémité inférieure de l'échangeur vers le premier régénérateur.

35

Le point de jonction au niveau de l'échangeur thermique de la conduite inclinée peut être situé à une distance de l'extrémité supérieure de

l'échangeur comprise entre le quart et la moitié de la hauteur totale et de préférence entre le quart et le tiers.

5 La quantité de catalyseur refroidi par l'échangeur est généralement inférieure à 150% en poids du catalyseur en circulation dans la première zone de régénération. On a observé qu'on obtenait un excellent taux de régénération avec une quantité de catalyseur refroidi comprise entre 15 et 50% en poids.

10 Les échangeurs thermiques peuvent être d'un type connu en soi, par exemple ceux décrits dans le brevet FR 2628432, et sont généralement constitués de faisceaux de tubes échangeant de manière indirecte de la chaleur avec le catalyseur (tubes serpentins, tubes en U, en épingle ou tubes baïonnette). Celui-ci peut y circuler soit à l'intérieur, soit à l'extérieur. La paroi de l'échangeur thermique peut comprendre éventuellement une surface de
15 tubes-membrane. Le fluide de refroidissement qui circule dans l'échangeur peut être de l'air, de l'eau, de la vapeur d'eau ou des mélanges de ces fluides.

20 Le catalyseur régénéré selon l'invention est également de type conventionnel, tel que les silices-alumines de type zéolithique ayant avantageusement une granulométrie de 30 à 100 micromètres.

L'invention sera mieux comprise au vu de la figure illustrant le procédé et le
25 dispositif.

Un premier régénérateur 1 provenant d'une unité de craquage catalytique reçoit par une ligne 2 en provenance d'un séparateur strippeur non représenté du catalyseur zéolithique sur lequel s'est déposé du coke pendant la réaction de craquage catalytique. Cette ligne débouche dans le lit
30 catalytique en un endroit approprié de préférence dans la phase diluée située au-dessus du lit fluidisé dense 3. Un gaz de régénération contenant de l'oxygène est amené par une ligne 4 dans un organe de fluidisation 5 tel qu'une grille, un anneau ou une tuyauterie de distribution, à la base du régénérateur et permet la fluidisation en lit dense du catalyseur et la
35 combustion à contre-courant d'environ 50 à 90 % du coke de manière continue. Les fumées de régénération et le catalyseur entraîné sont séparés

dans des cyclones 6 et les fumées de régénération contenant comme produits de combustion majoritaires du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau sont évacuées par une ligne 7 vers un brûleur.

- 5 La température du lit fluidisé 3 est mesurée à l'aide d'une sonde 8. Lorsque cette température décroît au-dessous d'une valeur T1 de consigne, du fait de l'introduction de catalyseur relativement froid introduit par les lignes 34 comme on le verra ci-après, le débit de fluide oxydant (de fluidisation) amené à l'organe de fluidisation 5 et régulé par une vanne de contrôle 33 sur la
10 ligne 4 est augmenté jusqu'à ce que la température mesurée en 8 retrouve la valeur de consigne.

- Les particules de catalyseur partiellement régénéré sont ensuite transférées vers un second régénérateur 9 disposé au-dessus du premier
15 régénérateur 1, par le conduit 10 alimenté en air par la ligne 11. A la base du second régénérateur, est disposé un diffuseur 12 alimenté en air par la ligne 13. La combustion du catalyseur partiellement régénéré est réalisée dans le lit dense 19 dont la partie supérieure définit un niveau 19b à une hauteur appropriée, fonction de l'aération réalisée.

- 20 Une partie des particules de catalyseur régénéré est évacuée latéralement dans une enceinte tampon 14. Dans cette enceinte, la fluidisation des particules est habituellement contrôlée par un diffuseur annulaire 15, alimenté en gaz de fluidisation, tel que de l'air ou un gaz inerte, par une
25 ligne 16. A partir de l'enceinte 14, les particules du catalyseur régénéré sont recyclées par un conduit 35 à l'alimentation d'un élévateur (riser) non représenté, en quantité déterminée par l'ouverture ou la fermeture d'une vanne. A la partie supérieure du second régénérateur, les gaz de combustion sont séparés des particules de catalyseur par des cyclones externes 17 et
30 sont évacués par une ligne 18, séparée de la ligne d'évacuation 7 des fumées de première régénération.

- Une partie du catalyseur chaud et une partie des fumées à une température de 600 à 850°C sont prélevées dans le lit dense 19 du second régénérateur
35 en un point situé au-dessus de l'organe d'injection d'air 12 et amenées par gravité, grâce à une conduite 20 inclinée vers le bas, par exemple de 30 à

60 degrés d'angle à compter de l'axe de l'échangeur, dans un échangeur de chaleur 21 adapté à échanger par échange indirect de la chaleur. Cet échangeur est vertical, de forme allongée, cylindrique et contient un faisceau d'échange comprenant par exemple des tubes 22 en serpentin dans lequel circule un fluide approprié tel que de l'eau sous pression amenée par une ligne 23a. On récupère par une ligne 23b de la vapeur d'eau de cet échange thermique. Le faisceau de tubes est avantageusement situé sous la conduite inclinée de sorte que tout le catalyseur prélevé circule à travers le faisceau, de haut en bas. A l'extrémité inférieure de l'échangeur un moyen de fluidisation 24 (anneau ou grille) introduit de l'air, amené par une ligne 25 à contre-courant du sens de l'écoulement du catalyseur et maintient le catalyseur en lit dense à travers le faisceau de tubes.

10

La conduite 20 d'amenée du catalyseur chaud inclinée selon un angle de 30 à 60° à compter de l'axe de l'échangeur débouche dans cet échangeur en un point de jonction situé sous le niveau 19a du lit dense du second régénérateur par exemple un point situé à une distance de l'extrémité supérieure 26 de l'échangeur comprise entre le quart et le tiers de sa hauteur, de sorte que, dans la partie supérieure de l'échangeur, le catalyseur en lit dense atteint un niveau 19b approprié qui est fonction des vitesses de fluidisation respectives dans le second régénérateur et l'échangeur thermique et donc des masses volumiques respectives. Il peut s'établir ainsi une faible différence de niveau du catalyseur dans le régénérateur et l'échangeur.

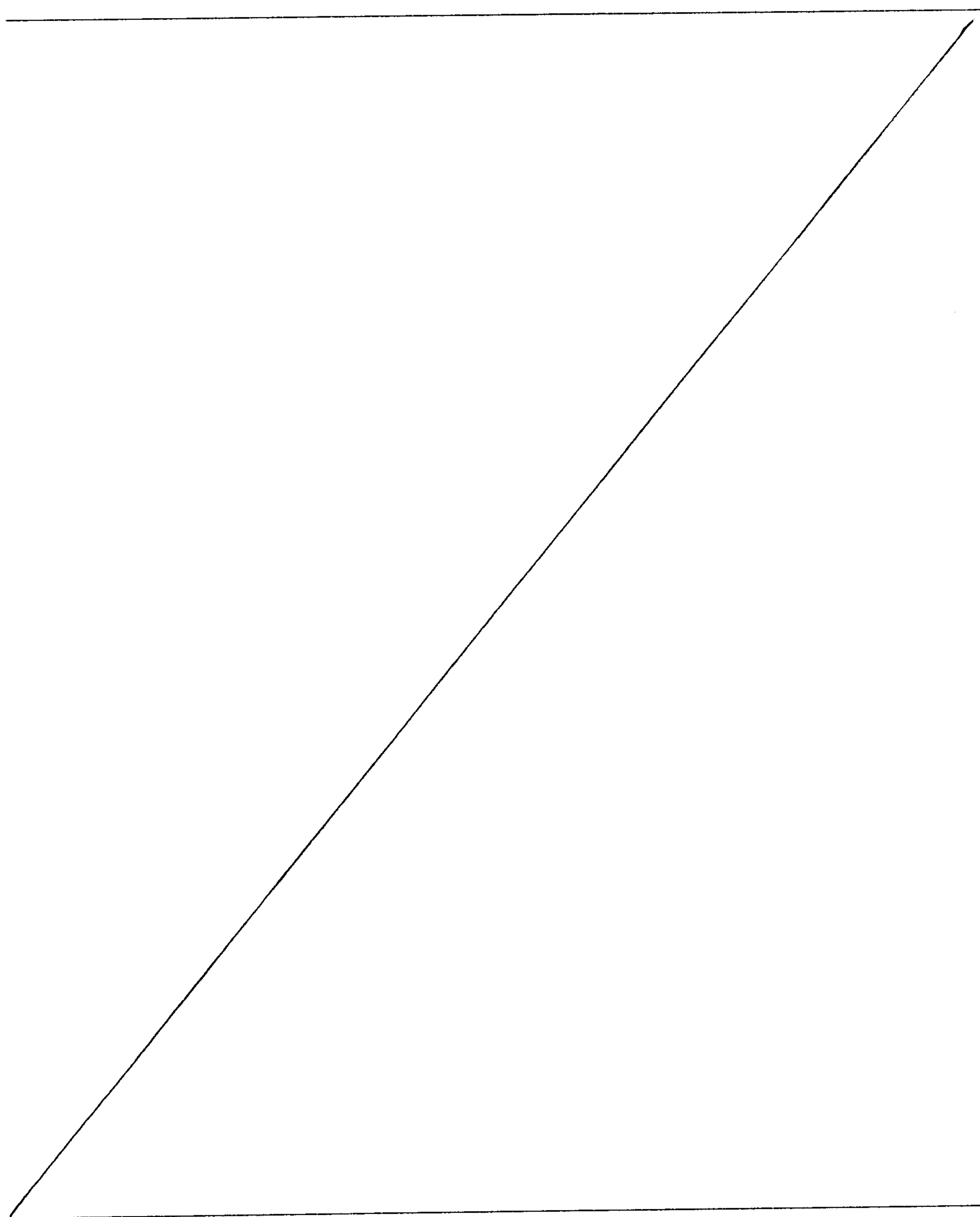
20

La hauteur de l'échangeur est choisie de telle façon que par rapport à ce niveau dans le régénérateur, une zone libre dite zone de désengagement 27 de 1 à 2,5 m dans l'échangeur soit aménagée pour permettre la séparation du gaz de fluidisation et des éventuelles fumées de régénération du catalyseur. Une ligne de dégazage 28 évacue les fumées et les gaz de la phase diluée de l'extrémité supérieure de l'échangeur vers la phase fluidisée diluée de l'extrémité supérieure de l'échangeur vers la phase fluidisée diluée 29 au-dessus du lit fluidisé dense du second régénérateur. Son diamètre est choisi de telle façon

30

11a

que le rapport du diamètre de la conduite 20 d'admission du catalyseur sur celui de la ligne de dégazage soit compris entre 3 et 6. La vitesse de sortie des gaz est en général de 2 à 15 m/s.



Des moyens de soutirage et de recyclage 34 comprennent une conduite 34a sensiblement verticale dans laquelle le catalyseur s'écoule par gravité qui est connectée à une jonction en Y ou en J 34b située sous le premier régénérateur. Le catalyseur est envoyé par un organe de remontée 36 (lift) 5 relié à la jonction 34b, qui l'accélère grâce à de l'air de fluidisation 37 dans la conduite 34c et le recycle dans la phase dense du premier régénérateur, de préférence au-dessus de l'organe de fluidisation 5.

10 A la sortie de l'échangeur 21, la vanne 30, telle qu'une vanne à glissière, située en dessous de l'extrémité inférieure du premier régénérateur et en amont du "lift" permet de contrôler le débit de catalyseur transféré d'un régénérateur à l'autre, dès que la température du catalyseur régénéré excède la valeur de consigne requise.

15 Le débit de catalyseur traversant l'échangeur thermique est ajusté pour maintenir la température régnant dans le deuxième régénérateur et donc, finalement, la température d'entrée dans la zone réactionnelle (riser), à une température de consigne propre à la charge craquée dans l'unité.

20 Le contrôle thermique de la régénération est effectué par la combinaison des organes suivants :

Des moyens de contrôle et d'asservissement 31 sont reliés à la vanne 30 25 disposée sur la conduite 34a d'évacuation du catalyseur de l'échangeur. Ces moyens sont d'autre part connectés à une sonde 32 de température localisée dans le lit dense du second régénérateur 9. Lorsque le signal envoyé par la sonde atteint une valeur supérieure à une valeur de consigne préalablement choisie en fonction des paramètres de la régénération, qui a été stockée par les moyens d'asservissement, ceux-ci envoient un signal à la vanne 30 qui 30 augmente le débit d'évacuation du catalyseur et de ce fait augmente le débit d'admission du catalyseur dans l'échangeur. Cette augmentation du débit contribue à une diminution de la température de première régénération enregistrée par la sonde de température 8 qui est alors compensée grâce aux moyens 31 par une augmentation de l'alimentation en oxygène ajustée 35 par une vanne 33 sur la ligne 4 alimentant l'organe de fluidisation du

premier régénérateur. Une plus grande quantité de coke peut alors y être brûlée.

- 5 Par contre, lorsque le signal envoyé par la sonde 32 atteint une valeur inférieure à la valeur de consigne, la vanne 30 est fermée partiellement de façon à diminuer l'échange thermique. Parallèlement, on diminue la consommation d'oxygène dans le premier régénérateur, on y brûle de ce fait moins de coke, ce qui contribue à réhausser la température du catalyseur dans le second régénérateur. De ce fait, la température est maintenue
- 10 sensiblement constante dans la gamme de valeurs souhaitée.

A titre illustratif, on présente l'exemple suivant :

	Débit du catalyseur dans l'échangeur	:	5 88 000 kg/h
1 5	Température du lit dense du second régénérateur	:	720°C
	Température de sortie de l'échangeur	:	550°C
	Quantité d'air de fluidisation dans l'échangeur	:	2 200 kg/h
	Hauteur du faisceau d'échange (serpentins)	:	5,8 m
	Hauteur de la zone de désengagement	:	2,5 m
2 0	Quantité de chaleur échangée	:	125 x 10 ⁶ kJ/h
	Débit de vapeur générée	:	75 000 kg/h
	Température de la vapeur	:	258°C
	Pression de la vapeur	:	4,5 MPa.

REVENDICATIONS

1. Procédé de régénération en lit fluidisé d'un catalyseur contaminé par du coke déposé sur celui-ci, dans lequel on introduit le catalyseur à régénérer, et un gaz contenant de l'oxygène dans une première zone de régénération où il est régénéré au moins en partie dans des conditions appropriées en lit dense, on sépare les effluents gazeux de première régénération que l'on évacue par leurs propres moyens et l'on prélève le catalyseur au moins en partie régénéré de la première zone pour l'envoyer dans la seconde zone de régénération distincte de la première zone de régénération où il est régénéré à une température supérieure à celle de la première zone de régénération, on sépare le catalyseur des fumées de seconde régénération que l'on évacue au moins en partie,
- le procédé étant caractérisé par les étapes suivantes :
- a) On envoie par une conduite inclinée vers le bas une partie au moins du catalyseur contenu dans la seconde zone de régénération ainsi qu'une partie des fumées dans une zone d'échange thermique externe et de hauteur appropriée, ladite conduite reliant le lit dense de la seconde zone de régénération à la zone d'échange thermique et y débouchant en un point de jonction disposé de telle façon que l'on détermine, de l'extrémité inférieure de ladite zone d'échange thermique jusqu'au-dessus dudit point de jonction, une zone en lit dense de catalyseur s'établissant sensiblement jusqu'au niveau de catalyseur dans la zone de régénération et une zone de désengagement ayant un volume approprié au-dessus dudit lit dense jusqu'à l'extrémité supérieure de la zone d'échange thermique,
- b) on refroidit le catalyseur dans une partie au moins de ladite zone en lit dense dans des conditions d'échange thermique indirect et de fluidisation adéquates, en présence d'un gaz de fluidisation contenant de l'oxygène, le catalyseur circulant vers le bas à contre-courant du sens d'écoulement du gaz de fluidisation,

- c) on procède à la séparation du catalyseur et du gaz de fluidisation ainsi que des éventuelles fumées de régénération dans ledit volume de la zone de désengagement.
- d) on évacue lesdits gaz et fumées de l'étape c) de la zone de désengagement et on les envoie dans la phase diluée au-dessus du lit dense de la seconde zone de régénération ; et
- e) on soutire le catalyseur refroidi de la partie inférieure de la zone d'échange thermique et on le recycle dans la première zone de régénération.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel on fait déboucher le recyclage du catalyseur refroidi au-dessus du moyen d'injection du gaz de première régénération.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel on fait s'écouler le catalyseur refroidi par gravité vers une jonction en Y ou en J en dessous de la première zone de régénération et on le fait remonter, en l'accélérant, jusque dans la première zone de régénération.
- 20 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel la vitesse de fluidisation dans la zone d'échange thermique est de 0,025 m/s à 1 m/s.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel la vitesse de fluidisation dans la seconde zone de régénération est de 0,6 à 1,5 m/s.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la hauteur de la zone d'échange thermique est telle que le volume disponible pour le désengagement du gaz de fluidisation et des fumées correspond à une hauteur de 0,1 à 5 m au-dessus du niveau du lit dense dans la
- 30 seconde zone de régénération.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 dans lequel le gaz est évacué de la zone de désengagement à une vitesse de 2 à 15 m/s .
- 5 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel sensiblement tout l'échange thermique indirect est effectué au-dessous du point de jonction.
- 10 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel on contrôle le débit de catalyseur devant être refroidi par au moins une vanne en aval de la zone d'échange thermique, que l'on asservit à une prise de température dans la première ou la deuxième zone de régénération.
- 15 10. Dispositif de régénération en lit fluidisé d'un catalyseur contaminé par du coke, comprenant un premier régénérateur (1) qui comporte des moyens d'entrée (2) d'un catalyseur usagé, des moyens de fluidisation (5) et de régénération du catalyseur par un gaz contenant de l'oxygène adaptés à réaliser un lit fluidisé en phase dense (3), des premiers moyens de séparation (6) des fumées de régénération du catalyseur en partie régénéré et des premiers moyens (7) d'évacuation desdites fumées, des
20 moyens de transfert (10) dudit catalyseur du premier régénérateur vers un second régénérateur (9) défini ci-après, le second régénérateur comprenant des moyens de fluidisation et de régénération (12) du catalyseur au moins en partie régénéré par un gaz contenant de l'oxygène adaptés à réaliser un lit fluidisé en phase dense (19) jusqu'à
25 un niveau (19a) approprié, des seconds moyens de séparation (17) des fumées de régénération du catalyseur régénéré et des seconds moyens d'évacuation (18) desdites fumées séparés des premiers moyens d'évacuation, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte en
30 combinaison :
 - un échangeur de chaleur (21) vertical externe de forme allongée, de hauteur appropriée et adapté à recevoir le catalyseur chaud et éventuellement une partie des fumées par une conduite inclinée (20)
35 reliant ledit lit dense du second régénérateur à l'échangeur et à le refroidir alors qu'il circule à travers l'échangeur dans une direction

descendante, ledit échangeur comprenant des moyens (24) de fluidisation du catalyseur par un gaz à son extrémité inférieure adaptée à y réaliser un lit dense à un niveau approprié (19b), ladite conduite (20) inclinée débouchant dans l'échangeur (21) en un point de jonction situé sous le niveau (19a) du lit dense du second régénérateur (9) à une distance de l'extrémité supérieure (26) du second régénérateur telle qu'elle permet la séparation des éventuelles fumées de régénération et du gaz de fluidisation, du catalyseur dans la partie supérieure (27) de l'échangeur ou zone de désengagement située au-dessus du niveau du lit dense dans l'échangeur,

- des moyens (28) d'évacuation des fumées et du gaz de fluidisation de la zone de désengagement à la partie supérieure de l'échangeur, reliés au second régénérateur (9), en un point au-dessus du niveau (19a) du lit dense du catalyseur, dans ledit régénérateur ; et
- des moyens de soutirage et de recyclage (34, 30) adaptés à une circulation du catalyseur refroidi de l'extrémité inférieure de l'échangeur vers le premier régénérateur.

20

11. Dispositif selon la revendication 10 dans lequel le point de jonction sur l'échangeur est situé à une distance de l'extrémité supérieure de l'échangeur comprise entre le quart et la moitié de la hauteur totale de l'échangeur .

12. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 11 dans lequel l'échangeur (21) comprend un faisceau (22) d'échange thermique .

30

13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12 dans lequel les moyens de soutirage et de recyclage comprennent une vanne de régulation (30) du débit de catalyseur située au-dessous de l'extrémité inférieure de l'échangeur.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, dans lequel les moyens de fluidisation et de régénération du premier régénérateur comprennent un organe de fluidisation choisi du groupe comprenant une grille, un anneau et une tuyauterie de distribution (5) et dans lequel les moyens de soutirage et de recyclage (34) débouchent dans le lit dense (3) du premier régénérateur au-dessus de l'organe de fluidisation.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 13 et 14, dans lequel les moyens de soutirage et de recyclage comprennent une conduite 34a et la vanne de régulation reliant l'extrémité inférieure de l'échangeur à une jonction en Y ou en J, située en dessous du niveau du premier régénérateur, ladite jonction comportant des moyens 34c de remontée du catalyseur dans le premier régénérateur.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de contrôle et de régulation de la température comportant un contrôleur (31) relié à une sonde (32) de température dans 20 le second régénérateur (9), qui asservit ladite vanne de régulation (30), ledit contrôleur étant éventuellement connecté à une sonde de température (8) disposée dans le premier régénérateur (1) et asservissant une vanne (33) de régulation de débit dudit gaz de fluidisation dans le premier régénérateur (1).

