



(22) **Date de dépôt/Filing Date:** 2009/10/06

(41) **Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.:** 2010/04/10

(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2016/11/22

(30) **Priorité/Priority:** 2008/10/10 (FR08/56884)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** **B01J 23/94** (2006.01),
B01J 23/882 (2006.01), **B01J 38/02** (2006.01),
B01J 38/62 (2006.01)

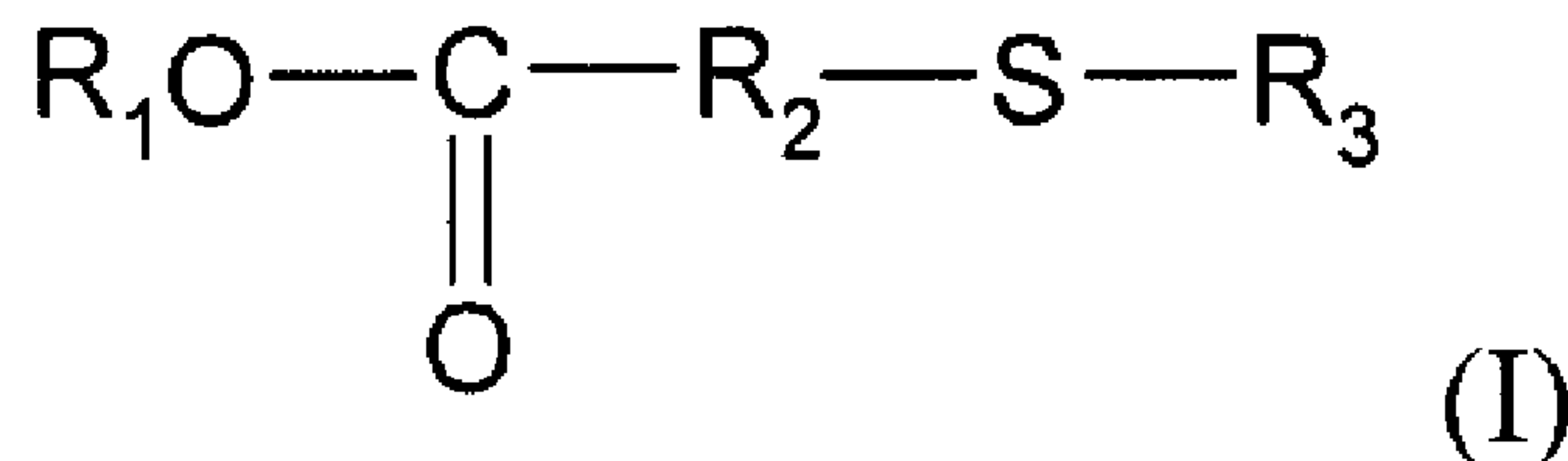
(72) **Inventeurs/Inventors:**
GALLIOU, PAULINE, FR;
NAGY, ERIC, FR;
DUFRESNE, PIERRE, FR

(73) **Propriétaire/Owner:**
EURECAT S.A., FR

(74) **Agent:** NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) **Titre : PROCÉDE DE REGENERATION DE CATALYSEURS DE TRAITEMENT D'HYDROCARBURES**

(54) **Title: PROCESS FOR THE REGENERATION OF HYDROCARBON PROCESSING CATALYSTS**



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention a pour objet un procédé de régénération d'un catalyseur contenant au moins un métal du groupe VIII et au moins un métal du groupe VIB déposés sur un support d'oxyde réfractaire, comportant :

- au moins une première étape de traitement thermique du catalyseur, en présence d'oxygène et à une température allant de 350°C à 550°C ;
- au moins une seconde étape de dépôt, à la surface du catalyseur, d'un ou plusieurs additif(s) de formule (I):

(voir formule I)

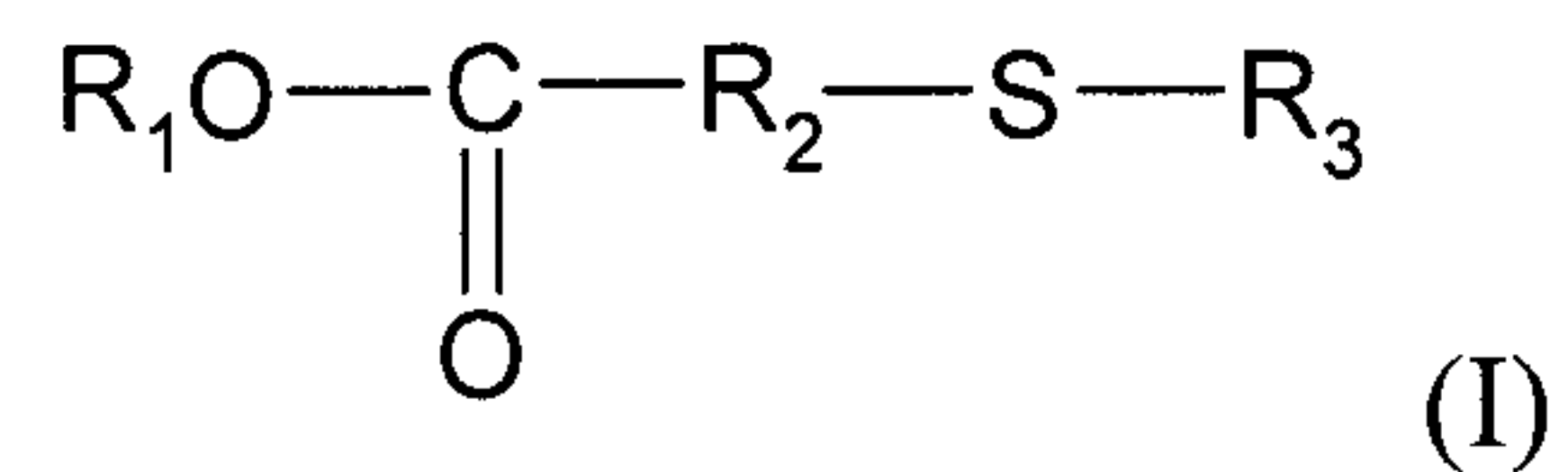


ABREGE DESCRIPTIF**Procédé de régénération de catalyseurs
de traitement d'hydrocarbures.**

La présente invention a pour objet un procédé de régénération d'un catalyseur contenant au moins un métal du groupe VIII et au moins un métal du groupe VIB déposés sur un support d'oxyde réfractaire, comportant :

- au moins une première étape de traitement thermique du catalyseur, en présence d'oxygène et à une température allant de 350°C à 550°C ;

- au moins une seconde étape de dépôt, à la surface du catalyseur, d'un ou plusieurs additif(s) de formule (I):



**Procédé de régénération de catalyseurs
de traitement d'hydrocarbures.**

5 La présente invention concerne un procédé pour régénérer des catalyseurs destinés au traitement d'hydrocarbures dans le domaine notamment du raffinage pétrolier et de la pétrochimie.

La présente demande concerne plus précisément un procédé destiné à régénérer des catalyseurs usés d'hydrotraitement et/ou d'hydroconversion d'hydrocarbures, afin de leur restituer un niveau
10 d'activité satisfaisant, au moins approchant de celui d'un catalyseur neuf.

La présente invention concerne également les catalyseurs régénérés obtenus par ce procédé.

La présente invention concerne enfin l'utilisation d'additifs
15 particuliers afin d'augmenter l'activité de ces catalyseurs.

Les procédés de traitement des hydrocarbures effectués dans les raffineries et/ou les unités de pétrochimie incluent un certain nombre de traitements réalisés en présence d'hydrogène, et qui sont destinés à modifier la structure des molécules d'hydrocarbures et/ou à éliminer des
20 coupes hydrocarbonées des composés indésirables tels que notamment les composés soufrés, azotés, aromatiques. Peuvent être cités, à titre d'exemples non limitatifs, les procédés d'hydrocraquage, de réformage, d'hydrogénation, et les procédés dits d'hydrotraitement tels que les procédés
d'hydrodésulfuration, d'hydrodéazotation,
25 d'hydrodéaromatisation, d'hydrodémétallation.

Ces procédés font appel à des catalyseurs spécifiques, qui comprennent un support poreux à base d'un ou plusieurs oxydes inorganiques réfractaires, sur lequel sont déposés un ou plusieurs métaux catalytiquement actifs, comprenant au moins un métal du groupe
30 VIII de la classification périodique des éléments, généralement associé à un ou plusieurs métaux du groupe VIB.

Au cours de leur utilisation, ces catalyseurs se désactivent progressivement, notamment du fait du dépôt à leur surface de coke, c'est-à-dire d'un mélange d'hydrocarbures lourds, de résidus de
35 carbone, d'impuretés métalliques.

Dans un souci d'économie et de préservation de l'environnement, on cherche désormais de plus en plus à réutiliser ces catalyseurs après leur cycle d'utilisation.

5 Ont ainsi été mis au point des procédés dits de régénération, qui consistent à traiter les catalyseurs usés afin de restaurer leur activité à un niveau suffisant pour permettre leur réemploi.

10 La régénération des catalyseurs usés est traditionnellement effectuée par combustion du coke, en chauffant le catalyseur à une température élevée en présence d'un gaz contenant de l'oxygène. Elle peut être réalisée in situ (c'est-à-dire, directement dans l'unité, après arrêt de celle-ci), ou ex situ (c'est-à-dire après déchargement du catalyseur hors de l'unité).

15 Cependant, dès leur première régénération, ces catalyseurs présentent une activité parfois nettement inférieure à leur activité initiale à l'état neuf.

20 C'est pourquoi ont été développés récemment des procédés dits de réjuvenation, dans lesquels les catalyseurs régénérés sont imprégnés d'un additif organique, dans le but de ramener leur activité à un niveau le plus proche possible de celui d'un catalyseur neuf.

25 Ainsi, la demande de brevet WO 96/41848 décrit un procédé d'activation d'un catalyseur d'hydrotraitement comprenant un oxyde d'un métal du groupe VIII et un oxyde de métal du groupe VI déposés sur un support. Selon ce procédé, le catalyseur est mis au contact d'un additif, qui est un composé comprenant au moins 2 groupements hydroxyle et de 2 à 10 atomes de carbone, ou un (poly)éther d'un tel composé, puis le catalyseur est séché dans des conditions telles que au moins 50% de l'additif reste présent sur le catalyseur.

30 Ce procédé s'applique tant à un catalyseur neuf dont on souhaite augmenter l'activité, qu'à un catalyseur usé, qui a auparavant subi une étape de régénération. Les additifs préférés sont l'éthylène-glycol, le diéthylène-glycol et les polyéthylène-glycols.

35 La demande de brevet EP 0 882 503 décrit un procédé de régénération d'un catalyseur usé comprenant un support à base d'alumine gamma et d'alumine amorphe, imprégné d'un ou plusieurs métaux catalytiquement actifs, dans lequel :

(1) le catalyseur usé est traité pour enlever les dépôts carbonés ;

- (2) le support ainsi traité est mouillé au moyen d'un agent chélatant dans un liquide de support;
(3) le support ainsi mouillé subit une phase de vieillissement ;
(4) le support est séché de manière à évaporer le liquide de support ;
5 (5) le support ainsi séché est calciné.

Les agents chélatants cités sont l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) et ses dérivés tels que par exemple le N-hydroxy-EDTA et le diammonium-EDTA, le tri(2-aminoéthyl) amine, le triéthylènetétraamine, l'acide
10 diéthylènetriaminepentaacétique, l'acide cyclohexanediaminetétraacétique, l'acide tétraacétique N,N'-éthylèneglycol-bis-(beta-aminoéthyléther), et le tétraéthylènepentaamine.

La demande de brevet WO 01/02092 décrit un procédé pour
15 régénérer et réjuvener un catalyseur additivé usé, comprenant une étape de régénération du catalyseur par mise en contact avec un gaz oxygéné à une température maximale de 500°C, puis une étape de réjuvenation du catalyseur par mise en contact de celui-ci avec un additif organique, éventuellement suivie d'un séchage à une température telle que au moins
20 50% de l'additif reste présent sur le catalyseur.

La température de régénération est de préférence comprise entre 350 et 425°C. L'additif organique employé dans ce procédé peut être tout composé comprenant au moins un atome de carbone et un atome d'hydrogène.

25 Cependant, les méthodes décrites dans l'art antérieur présentent un certain nombre d'inconvénients, et notamment elles ne permettent pas toujours de parvenir à un niveau d'activité satisfaisant pour le catalyseur recyclé.

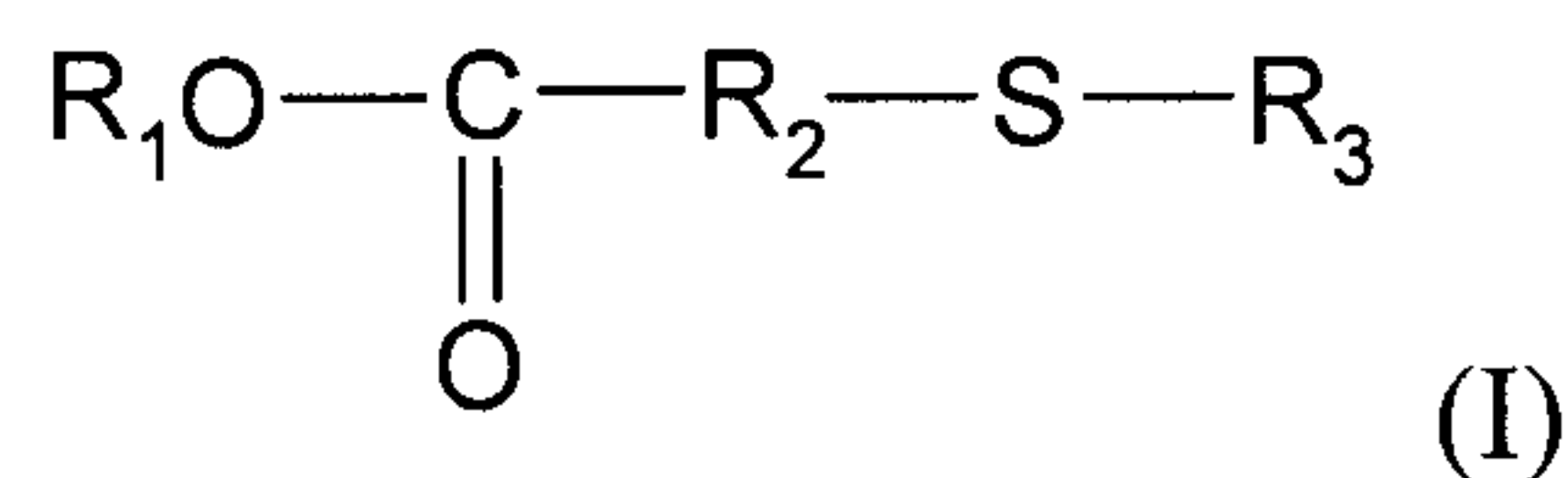
Le but de la présente invention est de proposer une méthode
30 améliorée pour régénérer les catalyseurs usés à base de métaux des groupes VIII et VIB, qui permette de remédier aux inconvénients des méthodes de l'art antérieur et d'obtenir un niveau d'activité au moins équivalent, voire supérieur.

La Demanderesse a constaté que cet objectif était atteint au
35 moyen d'un procédé mettant en œuvre la combinaison de deux étapes, une première étape de combustion du coke dans des conditions de

température contrôlées, suivie d'une deuxième étape de dépôt d'un additif particulier à la surface du catalyseur.

Ainsi, la présente invention a pour objet un procédé de régénération d'un catalyseur contenant au moins un métal du groupe VIII et au moins un métal du groupe VIB déposés sur un support d'oxyde réfractaire, comprenant :

- au moins une première étape de traitement thermique du catalyseur, en présence d'oxygène et à une température allant de 350°C à 550°C ;
- au moins une seconde étape de dépôt, à la surface du catalyseur, d'un ou plusieurs additif(s) de formule (I) :



dans laquelle :

- R₁ désigne un atome d'hydrogène ou un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone;
- R₂ désigne un groupement hydrocarboné divalent linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone, et pouvant en option contenir un ou plusieurs hétéroatome(s) choisi(s) parmi les atomes d'oxygène et d'azote;
- R₃ désigne un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone.

Le procédé selon l'invention permet de restituer au catalyseur un excellent niveau d'activité, supérieur à celui constaté avec certains procédés de l'art antérieur.

En outre, les additifs de formule (I) sont faciles à mettre en œuvre.

Enfin, par rapport aux procédés de régénération décrits dans l'art antérieur, le procédé selon l'invention s'est avéré présenter l'avantage supplémentaire de conduire à une pré-sulfuration du catalyseur.

En effet, les catalyseurs à base de métaux des groupes VIII et VIB sont actifs sous forme de sulfures métalliques. C'est pourquoi,

immédiatement avant l'emploi du catalyseur, l'on procède usuellement à une sulfuration de celui-ci, dans le but d'activer les sites catalytiques métalliques par transformation des oxydes métalliques en sulfures métalliques.

5 Cette sulfuration est effectuée par mise en contact du catalyseur avec un ou plusieurs agents de sulfuration tels que notamment le sulfure d'hydrogène, le soufre élémentaire, le CS₂, les composés organiques soufrés tels que les mercaptans, les sulfures, les polysulfures, les coupes d'hydrocarbures contenant naturellement des composés soufrés, et/ou
10 enrichies en composés soufrés.

 Le procédé selon la présente invention s'est avéré permettre d'effectuer simultanément, outre la régénération proprement dite du catalyseur, une première fixation du soufre, et ce au moyen d'un seul et même additif. Ceci permet l'obtention d'un catalyseur régénéré qui se
15 présente sous forme pré-sulfurée.

 Ainsi, le procédé selon l'invention permet de faciliter sensiblement le traitement de sulfuration final effectué au moment de l'emploi du catalyseur recyclé.

 Le procédé selon la présente invention comporte une première
20 étape de traitement thermique du catalyseur, qui consiste en un chauffage de celui-ci à une température allant de 350°C à 550°C, en présence d'oxygène. Cette étape a pour but d'éliminer le coke présent à la surface du catalyseur, par combustion de celui-ci.

 Le contrôle strict de la température au sein du catalyseur est
25 essentiel lors de cette étape. La température doit en effet être suffisamment élevée pour permettre une combustion aussi complète que possible du coke. Cependant, elle ne doit pas dépasser 550°C, et ce même localement, car cela aurait pour effet d'endommager le catalyseur par exemple en dégradant la porosité de celui-ci.

30 De préférence, la première étape de traitement thermique est effectuée à une température inférieure ou égale à 530°C, et de manière préférée inférieure ou égale à 520°C.

 Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la première étape de traitement thermique est effectuée, en totalité ou en
35 partie, à une température supérieure à 500°C, et inférieure ou égale à 550°C.

Ce mode de réalisation particulier permet d'éliminer de manière plus rapide et plus complète le coke et autres impuretés. Cependant, ceci nécessite un contrôle précis de la température, de manière à ce que celle-ci ne dépasse pas, localement, 550°C.

5 La température au sein du catalyseur peut être contrôlée, de manière connue en soi, par exemple au moyen de thermocouples disposés de manière appropriée dans la masse du catalyseur.

10 La première étape est effectuée en présence d'oxygène, par exemple au moyen d'un flux de gaz contenant de l'oxygène. Ce gaz peut être constitué par exemple d'air, pur ou mélangé à de l'oxygène additionnel ou à un gaz inerte, de manière à augmenter ou diminuer la teneur de l'air en oxygène. Ce gaz peut également être constitué d'un mélange d'oxygène et de gaz inerte tel que l'azote, ou d'autres mélanges gazeux comprenant de l'oxygène.

15 La teneur en oxygène du gaz est de préférence contrôlée, de manière à mieux contrôler la température de combustion. Cette teneur peut être fixe, ou au contraire varier au cours du temps lors de la première étape.

20 Le débit de gaz est également contrôlé, de façon à contrôler la combustion.

 La première étape peut comprendre plusieurs phases, effectuées à des températures différentes et/ou en présence de quantités variables d'oxygène.

25 La durée totale de cette première étape dépend généralement de la quantité de catalyseur à traiter, de la composition de celui-ci, de la quantité de coke présent à sa surface, et des conditions opératoires (température, teneur en oxygène). Cette durée est d'autant plus courte que la température est élevée. Elle est généralement comprise entre 0,1 et 20 heures, de préférence entre 0,2 et 10 heures.

30 Le procédé selon la présente invention comporte une seconde étape au cours de laquelle un ou plusieurs additif(s) de formule (I) est (sont) déposé(s) à la surface du catalyseur.

 De préférence, le ou les additif(s) de formule (I) comprennent un seul atome de soufre.

35 De préférence, dans la formule (I), R_1 désigne un atome d'hydrogène ou un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé

ou insaturé, comprenant de 1 à 8 atomes de carbone, et de préférence de 1 à 4 atomes de carbone.

De manière également préférée, R_2 désigne un groupement hydrocarboné divalent linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 8 atomes de carbone, de préférence de 1 à 6 atomes de carbone, et pouvant être substitué par un ou plusieurs groupements -OH, -OR, -NH₂, -NHR, -NRR', avec R et R' désignant des groupements alkyle comprenant de 1 à 4 atomes de carbone et de préférence 1 ou 2 atomes de carbone.

De manière également préférée, R_3 désigne un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 8 atomes de carbone, et de préférence de 1 à 4 atomes de carbone.

Selon un mode de réalisation préféré, dans la formule (I) :

- R_1 désigne un atome d'hydrogène ou un groupement alkyle comprenant 1 ou 2 atomes de carbone, et de préférence R_1 désigne un atome d'hydrogène ;

- R_2 désigne un groupement alkyle comprenant de 1 à 5 atomes de carbone pouvant être substitué par un ou plusieurs groupements -OH;

- R_3 désigne un groupement alkyle comprenant 1 ou 2 atomes de carbone, et de préférence R_1 désigne un groupe méthyle.

Selon un mode de réalisation particulièrement préféré de l'invention, l'additif de formule (I) est l'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque, c'est-à-dire que dans la formule (I) : R_1 désigne un atome d'hydrogène, R_2 désigne un groupement -CHOH-CH₂-CH₂-, et R_3 désigne un groupe méthyle.

Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux dans la mesure où l'additif est facile à préparer et peu onéreux, puisque c'est un composé voisin de l'acide aminé méthionine, et qui peut être synthétisé par des voies analogues.

En outre, cet additif présente l'avantage supplémentaire d'être parfaitement soluble dans l'eau, ce qui permet son emploi sous forme de solution aqueuse.

L'additif de formule (I) est déposé à la surface du catalyseur par mise en contact du catalyseur avec cet additif. L'on peut procéder de plusieurs manières, par exemple en mettant le catalyseur en contact avec l'additif pur (notamment sous forme liquide ou gazeuse), ou avec une

composition contenant l'additif au sein d'un fluide porteur qui peut être liquide, gazeux ou supercritique. De préférence, l'additif de formule (I) est déposé en mettant le catalyseur au contact d'une solution ou d'une suspension de l'additif dans un liquide porteur.

5 Ainsi, de manière particulièrement préférée, on procède par imprégnation du catalyseur au moyen d'une solution ou d'une dispersion de l'additif dans un liquide aqueux et/ou organique approprié.

 Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention, le ou les additif(s) de formule (I) est (sont) déposé(s) sur le
10 catalyseur par imprégnation avec une ou plusieurs solution(s) aqueuse(s) du (de ces) additif(s).

 De préférence, la (les) solution(s) aqueuse(s) employée(s) ne comprend (comprennent) pas de co-solvant organique.

 L'on peut procéder par imprégnation à sec du catalyseur (c'est-à-dire au moyen d'une solution dont le volume est inférieur ou égal au
15 volume poreux du catalyseur), par imprégnation du catalyseur en présence d'un excès de solution, ou par trempage du catalyseur dans un excès de solution.

 Cette mise en contact du catalyseur avec l'additif peut être
20 instantanée ou durer jusqu'à 20 heures. De préférence, cette mise en contact dure environ 2 heures, de préférence environ 1 heure. Elle peut être réalisée à une pression allant de la pression atmosphérique à 5 bars, de préférence à pression atmosphérique.

 S'il reste du solvant, celui-ci est ensuite éliminé par exemple par
25 chauffage de manière à le faire évaporer, ou par aspiration, ou par séchage au moyen d'un flux gazeux éventuellement en présence de chauffage. En tout état de cause, l'élimination du solvant résiduel le cas échéant doit être effectuée de manière à conserver l'intégralité, ou au moins une partie substantielle, de l'additif déposé à la surface du
30 catalyseur, et éviter que celui-ci ne se décompose.

 Il est également possible de procéder à une étape de maturation du catalyseur, avant ou après élimination de l'excès de solvant, à température ambiante ou en présence d'un léger chauffage pouvant aller jusqu'à 100°C.

Cette maturation peut être réalisée pendant une durée allant de 0,1 à 100 heures, de préférence de 0,2 à 20 heures, de manière plus préférée de 1 à 10 heures.

5 D'une manière générale, la seconde étape doit être réalisée dans des conditions permettant le dépôt à la surface du catalyseur d'une quantité suffisante d'additif de formule (I), de manière à obtenir un niveau d'activité satisfaisant.

10 De préférence, à l'issue de la seconde étape, la quantité totale d'additif(s) de formule (I) déposé(s) à la surface du catalyseur, exprimée comme étant le ratio de la quantité molaire d'additif(s) de formule (I) sur la quantité molaire totale de métaux des groupes VIII et VIB, est d'au moins 0,01 moles d'additif(s) par mole de métaux des groupes VIII et VIB. De préférence, cette quantité est comprise entre 0,01 et 10 moles d'additif(s) par mole de métaux des groupes VIII et
15 VIB, plus préférentiellement entre 0,05 et 5 moles et de manière encore plus préférée entre 0,1 et 1,5 moles.

Au cours de la seconde étape il est également possible de déposer, en plus du (des) additif(s) de formule (I), un ou plusieurs additifs organiques ou inorganiques additionnels, soit simultanément au
20 dépôt du (des) additif(s) de formule (I), soit avant et/ou après le dépôt du (des) additif(s) de formule (I). Un tel dépôt additionnel doit toutefois être réalisé dans les conditions telles qu'il ne nuise ni au dépôt de l'additif de formule (I), ni à son activité.

Le procédé de régénération selon l'invention peut, outre les deux
25 étapes décrites ci-avant, comprendre en option une ou plusieurs étapes additionnelles, effectuées avant et/ou après lesdites première et seconde étapes, ou encore intercalées entre ces deux étapes.

Ainsi, le procédé selon l'invention peut avantageusement comprendre, avant ladite première étape, une étape d'élimination des
30 hydrocarbures et impuretés libres que renferme le catalyseur.

Cette étape peut s'effectuer par lavage du catalyseur. Un tel lavage peut être effectué au moyen d'un solvant adéquat tel que par exemple le toluène, les xylènes, l'acétone, ou tout autre solvant approprié.

35 Cette étape peut également, de manière avantageuse, être effectuée par stripage au moyen d'un flux de gaz, par exemple de l'air,

de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone, un gaz inerte tel que l'azote, à une température par exemple comprise entre 100 et 450°C.

Le procédé selon l'invention peut également comprendre, après ladite seconde étape, une étape de séchage du catalyseur, qui peut être effectuée à une température allant de 80°C à 350°C, de préférence de 100°C à 200°C, à l'air libre ou en présence d'un flux gazeux d'air, de gaz inerte tel que l'azote, ou de tout autre gaz approprié.

Le procédé selon l'invention peut également comprendre en option, après ladite seconde étape, une étape de calcination du catalyseur, qui peut être effectuée à une température allant de 300°C à 500°C, à l'air libre ou en présence d'un flux gazeux d'air, de gaz inerte tel que l'azote, ou de tout autre gaz approprié.

Lorsque le procédé selon l'invention comprend déjà une étape de séchage du catalyseur, l'étape de calcination (s'il y en a une) est alors effectuée après celle-ci.

De préférence, à l'issue du procédé selon l'invention et avant toute étape de sulfuration proprement dite, la quantité de soufre présente à la surface du catalyseur va de 0,5 à 8 % en poids, de préférence de 1 à 5 % en poids, par rapport au poids total du catalyseur. De manière plus préférée, la quantité de soufre présente à la surface du catalyseur va de 2 à 3% en poids, par rapport au poids total du catalyseur.

A l'issue du procédé selon l'invention, immédiatement avant l'emploi du catalyseur recyclé, il est avantageux de procéder à une sulfuration finale classique par mise en contact du catalyseur avec un ou plusieurs agents de sulfuration. Cette sulfuration peut être précédée ou accompagnée d'une activation en présence d'hydrogène.

Les agents de sulfuration correspondant sont les composés classiques, choisis par exemple choisis parmi le sulfure d'hydrogène, le soufre élémentaire, le CS₂, les composés organiques soufrés tels que les mercaptans, les sulfures, les disulfures, les polysulfures, les coupes d'hydrocarbures contenant naturellement des composés soufrés, et/ou enrichies en composés soufrés.

Cependant, selon la présente invention, la durée et/ou l'intensité de la sulfuration peuvent être sensiblement diminuées par rapport aux procédés de l'art antérieur puisque le catalyseur se présente sous forme déjà pré-sulfurée. Il en résulte un gain de temps, et une économie en

agents de sulfuration qui sont pour la plupart des composés agressifs et polluants.

5 Lorsque le catalyseur régénéré est employé dans un procédé de traitement d'une charge d'hydrocarbures contenant des composés soufrés, l'on peut également réaliser l'étape d'activation du catalyseur directement avec la charge sans lui ajouter de composés sulfurés, en ne comptant que sur le soufre contenu dans la charge pour compléter la sulfuration du catalyseur à la stoechiométrie nécessaire. Ceci constitue un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention.

10 Le procédé selon la présente invention peut être réalisé in situ, c'est-à-dire directement au sein de l'unité dans laquelle le catalyseur est employé.

Selon un mode de réalisation préféré, il est réalisé ex situ, c'est-à-dire après déchargement du catalyseur hors de l'unité.

15 Le procédé selon l'invention peut également comprendre certaines étapes réalisées in situ, les autres étant réalisées ex situ.

Le procédé selon la présente invention permet de régénérer tout catalyseur usé d'hydrotraitement et/ou d'hydroconversion d'hydrocarbures dans les domaines du raffinage et de la pétrochimie.

20 Il s'agit de catalyseurs contenant au moins un métal du groupe VIII de la classification périodique des éléments, tels que par exemple le cobalt, le nickel, le fer, le platine, le palladium, associé à au moins un métal du groupe VIB tels que par exemple le molybdène, le tungstène, le chrome. La teneur en métal ou métaux du groupe VIII est généralement comprise entre 0,1 et 10% en poids par rapport au poids total du catalyseur, et la teneur en métal ou métaux du groupe VIB est généralement comprise entre 1 et 20% en poids par rapport au poids total du catalyseur.

30 Ces métaux sont déposés sur un support à base d'un ou plusieurs oxydes minéraux réfractaires tels que notamment les alumines, les silices, les silice-alumines, les zéolithes, les zircons, les oxydes de titane et de bore, et les mélanges de tels oxydes.

35 Le procédé selon l'invention est particulièrement approprié à la régénération de catalyseurs contenant les associations métalliques CoMo, NiMo, NiW, NiCoMo, déposées sur des supports à base d'alumine.

Les catalyseurs usés peuvent contenir, ou avoir contenu, à l'état neuf ou à l'issue d'un précédent recyclage, un ou plusieurs additifs tels que des additifs organiques, des composés halogénés, borés, phosphorés.

5 Les catalyseurs intervenant dans le procédé selon l'invention se présentent généralement sous forme de particules solides de petite taille telles que des billes, des particules plus ou moins cylindriques, des extrudés. Ils présentent une surface spécifique, mesurée par la méthode BET, généralement comprise entre 100 et 300 m²/g, un volume poreux, déterminé par adsorption d'azote, allant de 0,25 à 1 ml/g, et un diamètre
10 de pores moyen, déterminé par adsorption d'azote, allant de 7 à 20 nm.

La présente invention concerne également les catalyseurs régénérés obtenus au moyen du procédé décrit ci-avant. Ces catalyseurs présentent un niveau d'activité particulièrement satisfaisant, et présentent l'avantage supplémentaire d'être pré-sulfurés, comme cela a
15 été exposé ci-avant.

La présente invention a également pour objet l'utilisation d'un ou plusieurs additif(s) de formule (I) tel(s) que décrit(s) ci-avant, afin d'augmenter l'activité d'un catalyseur contenant au moins un métal du groupe VIII et au moins un métal du groupe VIB déposés sur un support
20 d'oxyde réfractaire.

Le catalyseur intervenant dans cette utilisation peut être un catalyseur neuf, ou un catalyseur usé qui a préalablement été régénéré par élimination au moins partielle du coke.

Les exemples qui suivent sont donnés à titre purement illustratif
25 de la présente invention.

EXEMPLES

Exemple 1 :

30

Cet exemple a été réalisé à partir d'un catalyseur commercial usé, contenant 23,1% en poids de MoO₃, 4,2% en poids de CoO, 12,4% en poids de carbone et 14,5% en poids de soufre.

Une portion de ce catalyseur usé a été soumise à un traitement
35 thermique à une température de 400°C sous air, pendant une durée de 2 heures, pour obtenir le catalyseur traité T1.

La procédure consiste à placer 100g (équivalent poids sec) de catalyseur dans 5 coupelles de verre, introduire celles-ci dans un four à moufle préchauffé à 300°C, rester 1 heure à cette température, porter le four à 400°C et rester 2 heures à cette température.

- 5 Une portion identique de ce même catalyseur usé a été soumise à un traitement thermique selon la même procédure, mais avec une température de 520°C pendant une durée de 2 heures pour le palier final, pour obtenir le catalyseur traité T2.

10 Les caractéristiques des catalyseurs T1 et T2 figurent dans le tableau ci-dessous :

	T1	T2
Teneur en carbone (% en poids)	1,3	0,2
Teneur en soufre (% en poids)	0,4	0,2
Surface spécifique (m ² /g)	175	181

- 15 100 g du catalyseur T1 ont été imprégnés à saturation du volume poreux par une solution constituée de 10 g de polyéthylène glycol 200 (PEG-200) et de 33 g d'eau déminéralisée.

Après imprégnation, l'échantillon a été soumis à une étape de maturation pendant 8 heures à une température de 70°C, puis séché sous azote dans une étuve à 140°C, pour obtenir le catalyseur régénéré comparatif A1.

- 20 100 g du catalyseur T1 ont été imprégnés à saturation du volume poreux par une solution constituée de 14,2 g d'une solution commerciale à 88% en poids d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque (soit 12,5 g d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque) et de 36 g d'eau déminéralisée.

- 25 Après imprégnation, l'échantillon a été soumis à une étape de maturation pendant 8 heures à une température de 70°C, puis séché sous azote dans une étuve à 140°C, pour obtenir le catalyseur régénéré selon l'invention A2. Ce catalyseur contient 4,2 % en poids de carbone, et 2,3 % en poids de soufre.

- 30 100 g du catalyseur T2 ont été imprégnés à saturation du volume poreux par une solution constituée de 14,2 g d'une solution commerciale à 88% en poids d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque (soit 12,5 g

d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque) et de 36 g d'eau déminéralisée.

Après imprégnation, l'échantillon a été soumis à une étape de maturation pendant 8 heures à une température de 70°C, puis séché sous azote dans une étuve à 140°C, pour obtenir le catalyseur régénéré selon l'invention A3. Ce catalyseur contient 4,4 % en poids de carbone, et 2,4 % en poids de soufre.

Les activités en hydrodésulfuration d'hydrocarbures des catalyseurs T1, T2, et A1 à A3 ont alors été comparées, en suivant le protocole décrit ci-après.

La charge utilisée est un gazole "straight run", qui présente les caractéristiques suivantes :

Teneur en soufre (ppm en poids)	12200
Teneur en azote (ppm en poids)	94
Densité (g/mL)	0,837

Pour chaque échantillon, le volume de catalyseur employé pour le test était de 10mL.

Avant le test d'hydrodésulfuration proprement dit, chaque échantillon de catalyseur a été activé par sulfuration après une période de mouillage de 3 heures à température ambiante par le gazole, additivé de 2,5% en poids de soufre par du disulfure de diméthyle (DMDS). La procédure de sulfuration a été effectuée avec une vitesse volumique horaire (VVH) de 3h^{-1} , avec un rapport H_2/gazole additivé de 200 (NL/h)/(L/h) et une pression totale de 3MPa (30bars). Une première rampe de température de la température ambiante à 250°C a été effectuée avec une rampe de 30°C/h, suivie d'un palier de 8h à 250°C. Une deuxième rampe de température de 250°C à 320°C a ensuite été réalisée avec une rampe de 20°C/h, suivie d'un palier de 5h à 320°C.

La charge de test a alors été injectée pour démarrer le test proprement dit. Les conditions de test étaient les suivantes : pression de 3 MPa , rapport H_2/gazole de 300, VVH = 2h^{-1} , température de 340 à 350°C.

La teneur en soufre de la charge a été mesurée en sortie d'unité au moyen d'un analyseur par fluorescence UV. Les constantes

apparentes de la réaction de désulfuration ont été calculées selon la formule E1 ci-après :

$$K_v = \left(\frac{1}{\alpha - 1} \right) \left(\frac{1}{S^{\alpha-1}} - \frac{1}{S_0^{\alpha-1}} \right) * VVH \quad (E1)$$

5

avec

K_v = constante apparente de réaction

α = ordre de la réaction (considéré égal à 1,2)

S = teneur en soufre des effluents

S_0 = teneur en soufre de la charge

10

VVH = vitesse volumique horaire de la charge liquide

15

Les performances de chaque échantillon ont été évaluées par rapport à celle d'un catalyseur de référence. Pour cela, l'activité relative volumique (notée RVA pour "Relative Volume Activity") a été calculée selon la formule E2 suivante :

$$RVA = \frac{K_v(\text{échantillon})}{K_v(\text{référence})} \times 100 \quad (E2)$$

20

Comme référence, a été attribuée la valeur K_v de 100 au catalyseur traité T2.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous:

Catalyseur	Température du traitement thermique	Additif	RVA (%)
Catalyseur traité T1	400°C	Non	106
Catalyseur traité T2	520°C	Non	100
Catalyseur régénéré comparatif A1	400°C	PEG-200	129
Catalyseur régénéré selon l'invention A2	400°C	Acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque	142
Catalyseur régénéré selon l'invention A3	520°C	Acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque	155

Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus montrent que les catalyseurs A2 et A3 régénérés au moyen du procédé selon l'invention sont plus actifs que les catalyseurs traités T1 et T2, et que le catalyseur régénéré comparatif A1.

5

Exemple 2 :

Les catalyseurs régénérés A4 et A5 selon l'invention ont été préparés d'une manière identique aux catalyseurs respectifs A2 et A3 de l'exemple 1 ci-avant, mais en doublant la quantité d'additif (acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque) employé lors de la seconde étape, de manière à augmenter la teneur en soufre du catalyseur régénéré (pré-sulfuration) :

100 g du catalyseur T1 ont été imprégnés à saturation du volume poreux par une solution constituée de 28,4 g d'une solution commerciale à 88% en poids d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque (soit 25 g d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque) et de 24,5 g d'eau déminéralisée.

Après imprégnation, l'échantillon a été soumis à une étape de maturation pendant 8 heures à une température de 70°C, puis séché sous azote dans une étuve à 140°C, pour obtenir le catalyseur régénéré selon l'invention A4. Ce catalyseur contient 8,2 % en poids de carbone, et 4,3 % en poids de soufre.

100 g du catalyseur T2 ont été imprégnés à saturation du volume poreux par une solution constituée de 28,4 g d'une solution commerciale à 88% en poids d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque (soit 25 g d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque) et de 24,5 g d'eau déminéralisée.

Après imprégnation, l'échantillon a été soumis à une étape de maturation pendant 8 heures à une température de 70°C, puis séché sous azote dans une étuve à 140°C, pour obtenir le catalyseur régénéré selon l'invention A5. Ce catalyseur contient 8,1 % en poids de carbone, et 4,5 % en poids de soufre.

Les activités en hydrodésulfuration d'hydrocarbures des catalyseurs A4 et A5 ont alors été testées, en suivant un protocole identique à celui décrit dans l'exemple 1 ci-avant, à l'exception du

traitement d'activation par sulfuration, qui est effectué avec le même gazole que dans l'exemple 1 mais non additivé au DMDS. Pour le reste, la procédure de sulfuration reste strictement identique à celle de l'exemple 1, ainsi que le test d'hydrodésulfuration en lui-même.

5 Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous:

Catalyseur	Température du traitement thermique	Additif	RVA (%)
Catalyseur régénéré selon l'invention A4	400°C	Acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque	139
Catalyseur régénéré selon l'invention A5	520°C	Acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque	150

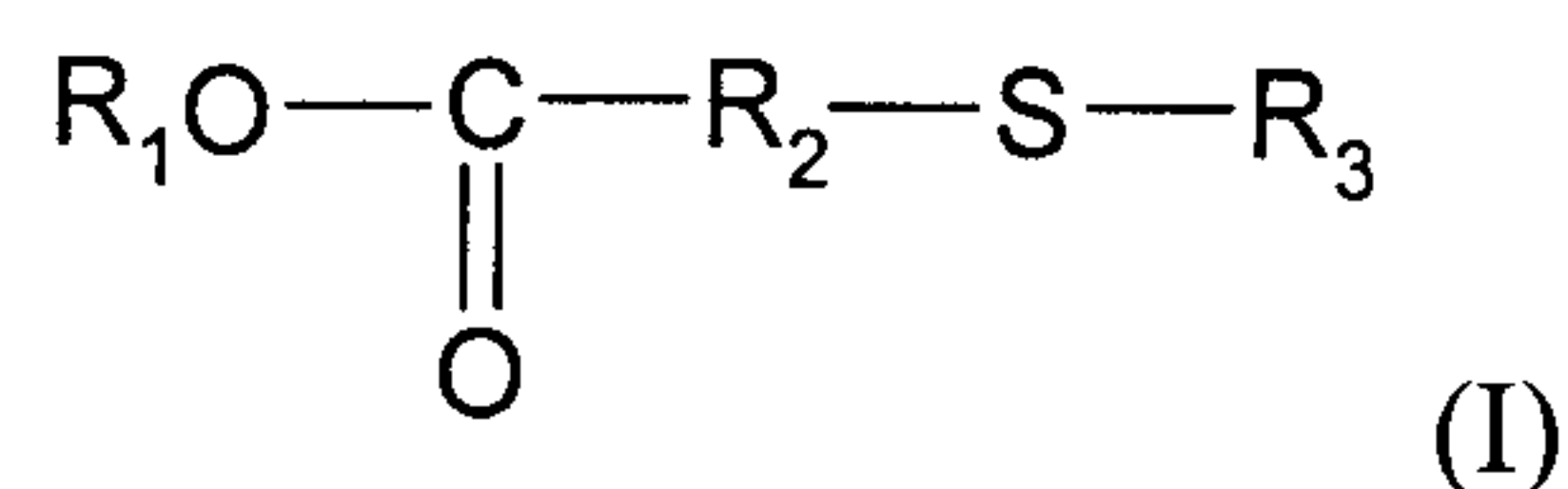
10 Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus montrent que les catalyseurs A4 et A5, régénérés au moyen du procédé selon l'invention en employant une quantité plus importante d'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque, présentent une activité comparable à celle des catalyseurs A2 et A3, et supérieure à celle du catalyseur comparatif A1.

15 Ainsi, le procédé selon l'invention permet de préparer des catalyseurs dont l'activation ne nécessite pas l'emploi d'agents de sulfuration spécifiques, mais peut au contraire être effectuée directement avec le gazole à désulfurer.

REVENDICATIONS

1. Procédé de régénération d'un catalyseur contenant au moins un métal du groupe VIII et au moins un métal du groupe VIB déposés sur un support d'oxyde réfractaire, comprenant :

- au moins une première étape de traitement thermique du catalyseur, en présence d'oxygène et à une température allant de 350°C à 550°C ;
- au moins une seconde étape de dépôt, à la surface du catalyseur, d'un ou plusieurs additif(s) de formule (I) :



dans laquelle :

- R₁ désigne un atome d'hydrogène ou un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone;
- R₂ désigne un groupement hydrocarboné divalent linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone, et pouvant en option contenir un ou plusieurs hétéroatome(s) choisi(s) parmi les atomes d'oxygène et d'azote;
- R₃ désigne un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite première étape est réalisée à une température inférieure ou égale à 530°C.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite première étape est effectuée, en totalité ou en partie, à une température supérieure à 500°C, et inférieure ou égale à 550°C.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que dans la formule (I), R₁ désigne un atome d'hydrogène ou un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 8 atomes de carbone.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que dans la formule (I), R_2 désigne un groupement hydrocarboné divalent linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 8 atomes de carbone, et pouvant être substitué par un ou plusieurs groupements -OH, -OR, -NH₂, -NHR, -NRR', avec R et R' désignant des groupements alkyle comprenant de 1 à 4 atomes de carbone.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que dans la formule (I), R_3 désigne un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 8 atomes de carbone.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'additif de formule (I) est l'acide 2-hydroxy 4-méthylthiobutanoïque.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le ou les additif(s) de formule (I) est (sont) déposé(s) sur le catalyseur par imprégnation avec une ou plusieurs solution(s) aqueuse du (de ces) additif(s).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que, à l'issue de ladite seconde étape, la quantité totale d'additif(s) de formule (I) déposé(s) à la surface du catalyseur, exprimée comme étant le ratio de la quantité molaire d'additif(s) de formule (I) sur la quantité molaire totale de métaux des groupes VIII et VIB, est d'au moins 0,01 moles d'additif(s) par mole de métaux des groupes VIII et VIB.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que, à l'issue de ladite seconde étape, la quantité totale d'additif(s) de formule (I) déposé(s) à la surface du catalyseur est comprise entre 0,01 et 10 moles d'additif(s) par mole de métaux des groupes VIII et VIB.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en qu'il comprend, avant ladite première étape, une étape d'élimination des hydrocarbures et impuretés libres, par lavage au solvant du catalyseur, ou par stripage au moyen d'un flux de gaz.

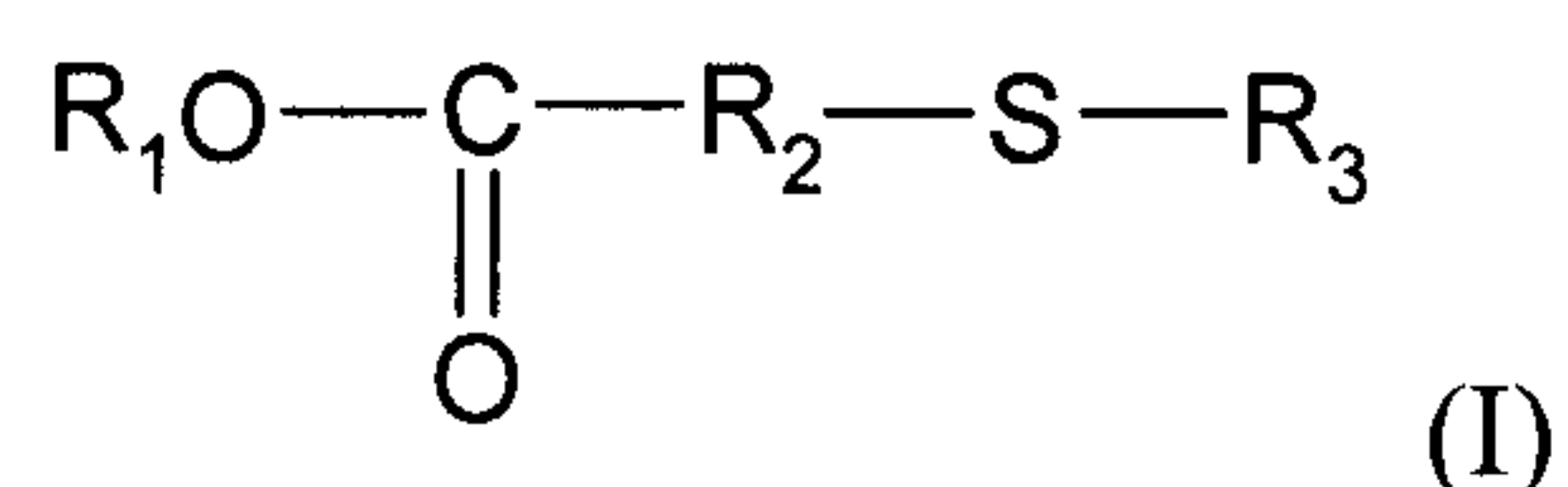
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend, après ladite seconde étape, une étape de séchage du catalyseur, effectuée à une température allant de 80°C à 350°C, à l'air libre ou en présence d'un flux gazeux.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il est réalisé ex situ, c'est-à-dire après déchargement du catalyseur hors de l'unité.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que, à l'issue de ce procédé et avant toute étape de sulfuration proprement dite, la quantité de soufre présente à la surface du catalyseur va de 0,5 à 8 % en poids, par rapport au poids total du catalyseur.

15. Catalyseur régénéré obtenu au moyen du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

16. Utilisation, afin d'augmenter l'activité d'un catalyseur contenant au moins un métal du groupe VIII et au moins un métal du groupe VIB déposés sur un support d'oxyde réfractaire, d'un ou plusieurs additif(s) de formule (I):

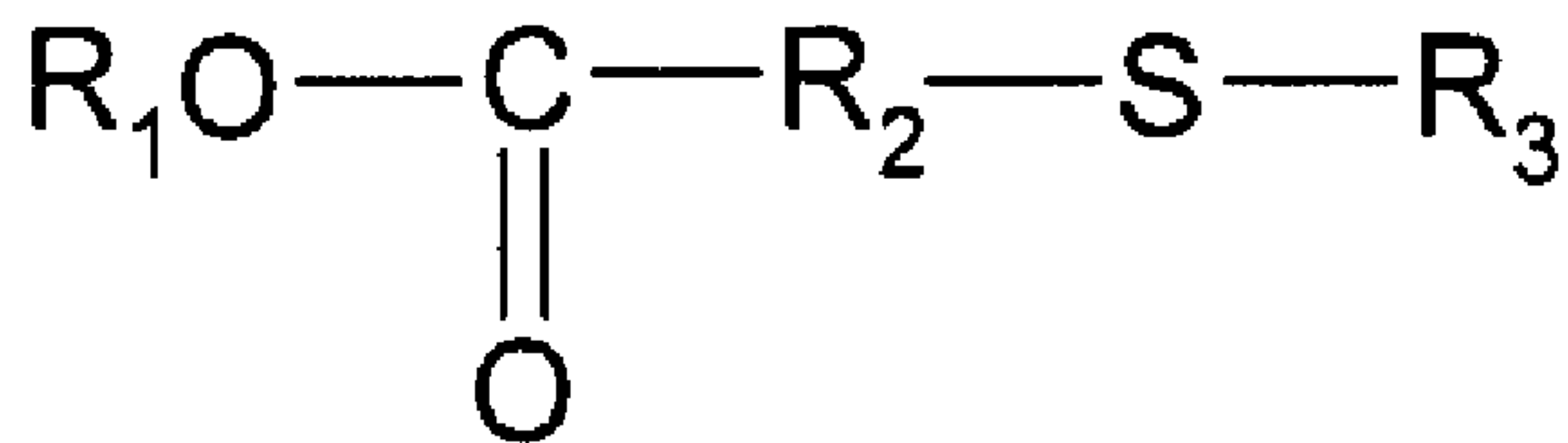


dans laquelle :

- R₁ désigne un atome d'hydrogène ou un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone;

- R₂ désigne un groupement hydrocarboné divalent linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone, et pouvant en option contenir un ou plusieurs hétéroatome(s) choisi(s) parmi les atomes d'oxygène et d'azote;

- R₃ désigne un groupement hydrocarboné linéaire ou ramifié, saturé ou insaturé, comprenant de 1 à 30 atomes de carbone.



(I)