



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.01.2017 Bulletin 2017/04

(51) Int Cl.:
C10G 25/00 (2006.01) **C10G 31/06 (2006.01)**
C10G 53/08 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16305811.8**

(22) Date de dépôt: **30.06.2016**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(72) Inventeurs:
• **GUILLOU, Florent**
69360 TERNAY (FR)
• **BAUDOT, Arnaud**
69390 VERNAISON (FR)
• **LIENEMANN, Charles-Philippe**
38460 VILLEMOIRIEU (FR)
• **GIBERT, Alexandre**
42100 SAINT-ETIENNE (FR)
• **BARTHELET, Karin**
69007 LYON (FR)
• **PORCHERON, Fabien**
69780 MIONS (FR)

(30) Priorité: **24.07.2015 FR 1557034**

(71) Demandeur: **IFP Énergies nouvelles**
92852 Rueil-Malmaison (FR)

(54) **PROCÉDÉ D'ÉLIMINATION DE MERCURE D'UNE CHARGE HYDROCARBONÉE LOURDE EN AMONT D'UNE UNITÉ DE FRACTIONNEMENT**

(57) Procédé d'élimination du mercure contenu dans une charge hydrocarbonée lourde en amont d'une unité de fractionnement principal, procédé dans lequel :

a) on transforme le mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire,

b) on effectue une séparation de la charge obtenue à l'étape a) dans une unité de séparation consistant à pro-

duire un effluent liquide et un effluent gazeux comprenant du mercure élémentaire ;

c) on met en contact l'effluent gazeux issu de l'étape b) comprenant le mercure élémentaire avec une masse de captation au mercure comprise dans une unité de captation au mercure pour produire un effluent au moins partiellement démercurisé.

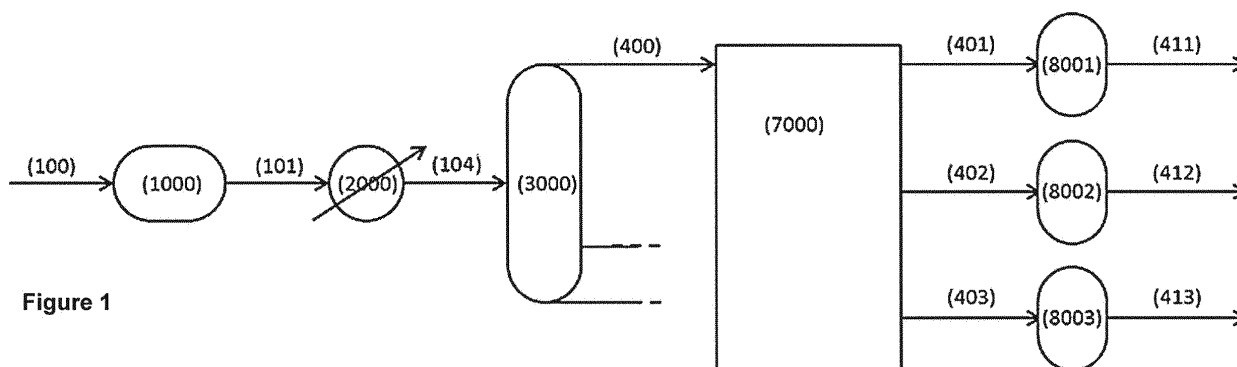


Figure 1

Description**Domaine technique**

- 5 **[0001]** La présente invention concerne un procédé d'élimination de métaux lourds, et plus particulièrement de mercure, présents dans une charge liquide ou gazeuse.

Etat de la technique

- 10 **[0002]** Le mercure est un contaminant métallique que l'on trouve dans des hydrocarbures gazeux ou liquides produits dans de nombreuses régions du monde, telles que le golfe du Niger, l'Amérique du Sud ou l'Afrique du Nord.

[0003] L'élimination du mercure des coupes hydrocarbures est souhaitée au niveau industriel pour plusieurs raisons :

- 15 - pour des raisons de sécurité des opérateurs : le mercure élémentaire est volatil et présente de graves risques de neurotoxicité par inhalation alors que ses formes organiques présentent des risques similaires par contact cutané ;
- pour des raisons de prévention de la désactivation des catalyseurs hétérogènes servant à valoriser ces coupes hydrocarbures liquides : le mercure s'amalgame très facilement avec les métaux nobles tels que le platine ou le palladium utilisés pour des opérations catalytiques diverses, et notamment l'hydrogénation sélective des oléfines produites par vapocraquage ou craquage catalytique des hydrocarbures liquides.

20 **[0004]** Industriellement, l'élimination de métaux lourds, en particulier du mercure, des coupes hydrocarbures liquides ou gazeuses est réalisée en les faisant circuler à travers des lits de masse de captation. On entend par masse de captation dans la présente invention tout type de solide sous forme massique ou supporté contenant en son sein ou à sa surface un élément actif capable de réagir irréversiblement avec une impureté tel que le mercure contenu dans la charge à purifier. L'élimination du mercure des coupes hydrocarbonées liquides ou gazeuses est en général réalisée en faisant circuler ladite charge à traiter au travers de lits de masses de captation contenant une phase active pouvant réagir avec le mercure. Il est notamment connu de l'homme du métier que la captation du mercure peut être conduite facilement en faisant réagir ce dernier avec une phase active à base de soufre ou d'un composé soufré, et notamment des sulfures métalliques, le mercure formant alors avec le soufre l'espèce chimique HgS appelée cinabre ou métacinabre.

25 Ces différentes réactions chimiques sont mises en oeuvre généralement dans un procédé par le biais d'un contact de la charge à traiter avec une masse de captation soit *massique* dans laquelle notamment des particules de phase active peuvent être liées entre elles par l'intermédiaire de liants, soit *supportée* dans lequel la phase active est dispersée au sein ou en surface d'un support solide poreux.

30 **[0005]** Toutefois, il n'est pas possible d'effectuer une telle opération de purification directement sur les coupes pétrolières brutes ou les condensats gaziers pour plusieurs raisons. La première est que la porosité de ces masses de captation serait très rapidement bouchée par les composés lourds présents dans ladite charge, qui se déposeraient à la surface des masses. Par ailleurs, ces coupes pétrolières brutes ou condensats gaziers contiennent du mercure sous différentes formes. En effet, contrairement aux phases gazeuses, ils ne contiennent pas seulement du mercure élémentaire mais également du mercure sous forme complexée ou ionique et organique. Or, ces composés de mercure complexés ou ioniques et organiques sont dits réfractaires car ils sont stables dans les conditions d'opération normale et non réactifs avec les masses de captation des métaux lourds. Il apparaît donc nécessaire de convertir les composés de mercure réfractaire en mercure élémentaire.

35 **[0006]** De nombreux moyens ont été développés pour convertir les formes réfractaires du mercure en mercure élémentaire (appelé aussi mercure sous forme atomique Hg⁰). Par exemple, le brevet US 4,911,825 divulgue un procédé de transformation des espèces réfractaires du mercure de la charge en mercure élémentaire en présence d'un catalyseur et sous haute pression en hydrogène et à haute température.

40 **[0007]** Le brevet US 5,384,040 divulgue un procédé d'élimination du mercure dans une charge hydrocarbonée comprenant une étape de transformation du mercure contenu dans les composés de la charge en mercure élémentaire, l'étape de transformation étant réalisée entre 120 et 400°C et sous pression de 0,1 à 6,0 MPa. De préférence, l'étape de transformation est réalisée en présence d'un catalyseur comprenant au moins un métal M choisi dans le groupe formé par le fer, le nickel, le cobalt, le molybdène, le tungstène et le palladium. Alternativement, l'étape de transformation peut être réalisée en l'absence de catalyseur.

45 **[0008]** Dans ce dernier cas, la température doit être au minimum fixée à 180°C. En effet, dans l'article de Masatoshi Yamada et al. intitulé « Mercury removal from natural gas condensate » dans la revue Studies in Surface Science and Catalysis, volume 92, pages 433-436, 1995, il est montré que la conversion du diéthylmercure débute à 180°C et atteint 100% de conversion à 240°C. Parallèlement, il est démontré qu'il est possible de diminuer la température de transformation en présence d'un catalyseur. En effet, la conversion des espèces réfractaires de mercure débute à 130°C et atteint plus de 90% dès 200°C. Cependant, le problème de l'utilisation d'un catalyseur, outre son coût, est qu'il a tendance

à favoriser le craquage de molécules et donc la formation de coke. Par ailleurs, dans le cas de charges très encrassantes comme le pétrole brut, on observe une désactivation très rapide du catalyseur poreux par dépôt de composés lourds, tels que les asphaltènes, au sein de la porosité dudit catalyseur. Un tel procédé est donc plutôt adapté pour le traitement d'hydrocarbures issus d'un premier fractionnement.

[0009] La demanderesse a découvert de manière surprenante qu'il est possible d'éliminer les métaux lourds, et plus particulièrement le mercure, contenus dans une charge gazeuse ou liquide, et plus particulièrement une charge de pétrole brut, en réalisant en amont de l'unité de fractionnement principal, une étape de chauffage de ladite charge à une température cible et pendant un temps de séjour suffisant pour permettre la transformation des espaces réfractaires contenant des métaux lourds, présent sous différentes formes, en métaux sous forme atomique (ou élémentaire), et cela en l'absence de catalyseur ou d'hydrogène, et en réalisant en amont de l'unité de fractionnement principal, une étape de captation des métaux lourds, et plus particulièrement de mercure. En effet, bien que les charges de pétrole brut comprennent une très grande diversité de molécules, la mise en température de ladite charge pendant un temps de séjour suffisant en amont de l'unité de fractionnement principal permet de convertir la majorité des composés réfractaires en composés métalliques (appelés aussi composés élémentaires) qui peuvent être captés par une masse de captation unique.

Objets de l'invention

[0010] La présente invention concerne un procédé d'élimination du mercure contenu dans une charge hydrocarbonée lourde en amont d'une unité de fractionnement principal, dans lequel procédé :

a) on transforme le mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire, ladite étape étant réalisée dans une unité de conversion à une température cible pendant un temps de séjour fixé et adapté à ladite température cible de manière à ce qu'au moins 90% en poids du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge soient convertis en mercure élémentaire, ladite étape de transformation étant réalisée en l'absence d'hydrogène et en l'absence de catalyseur, étant entendu que :

- lorsque la température cible de ladite charge est comprise entre 150°C et 175°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion est compris entre 150 et 2700 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 175°C et inférieure ou égale à 250°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion est compris entre 100 et 900 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 250°C et inférieure ou égale à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion est compris entre 5 et 70 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion est compris entre 1 et 10 minutes ;

b) on effectue une séparation de la charge obtenue à l'étape a) dans une unité de séparation pour produire un effluent liquide et un effluent gazeux comprenant du mercure élémentaire ;

c) on met en contact l'effluent gazeux issu de l'étape b) comprenant le mercure élémentaire avec une masse de captation au mercure comprise dans une unité de captation au mercure pour produire un effluent au moins partiellement démercurisé.

[0011] De préférence, à l'étape b) on effectue une séparation de la charge obtenue à l'étape a) dans une unité de séparation consistant à produire uniquement un effluent liquide et un effluent gazeux comprenant du mercure élémentaire.

[0012] Dans un mode de réalisation selon l'invention, le procédé comprend une étape d) dans laquelle on fractionne l'effluent liquide obtenu à l'étape b) dans une unité de fractionnement principal.

[0013] Avantagusement, la diminution de la teneur totale en poids de mercure de ladite charge prise avant l'étape a) et après l'étape c) est d'au moins 90%.

[0014] Selon l'invention, les étapes a) et b) sont réalisées séparément ou simultanément.

[0015] Dans un mode de réalisation selon l'invention, l'unité de séparation de l'étape b) est une colonne de distillation.

[0016] Dans un autre mode de réalisation selon l'invention, l'unité de séparation de l'étape b) est une colonne de stripage.

[0017] Avantagusement, la colonne de stripage un gaz vecteur circule à contre-courant de ladite charge hydrocarbonée, ledit gaz vecteur étant au moins en parti issu d'une fraction liquide ou gazeuse de l'unité de fractionnement principal.

[0018] De préférence, lorsque le gaz vecteur est au moins en parti issu d'une fraction liquide de l'unité de fractionnement principal, ladite fraction liquide est transformée en fraction gazeuse au moyen d'un échangeur de chaleur.

[0019] De préférence, on fractionne l'effluent au moins partiellement démercurisé obtenu à l'étape c) dans une unité

de fractionnement principal.

[0020] Avantageusement, ladite charge hydrocarbonée comprend entre 1 et 10 mg de mercure par kg de charge, préférentiellement 1 à 1200 $\mu\text{g/kg}$, plus préférentiellement 10 à 500 $\mu\text{g/kg}$.

[0021] De préférence, lors de l'étape c), on met en contact ladite charge avec une masse de captation au mercure massique ou supportée comprenant une phase comportant au moins un sulfure métallique à base d'un métal M choisi dans le groupe constitué par le cuivre, le chrome, le manganèse, le fer, le cobalt et le nickel.

[0022] Alternativement, lors de l'étape c), on met en contact ladite charge avec une masse de captation massique ou supportée comprenant une phase contenant au moins du soufre sous forme élémentaire.

[0023] Avantageusement, la charge hydrocarbonée lourde est une charge de pétrole brut.

Description des figures

[0024]

La figure 1 illustre de manière schématique un procédé classique de fractionnement d'une charge hydrocarbonée lourde, et plus particulièrement d'une charge de pétrole brut.

La figure 2 illustre de manière schématique un mode de réalisation du procédé selon l'invention dans lequel l'unité de séparation **5000** est une colonne de stripage située en amont d'une unité de fractionnement **3000**.

La figure 3 illustre de manière schématique un second mode de réalisation du procédé selon l'invention dans lequel l'unité de séparation **5000** est une colonne de distillation située en amont d'une unité de fractionnement **3000**.

Description détaillée de l'invention

[0025] De manière à mieux comprendre l'invention, la description donnée ci-après à titre d'exemple d'application concerne un procédé d'élimination de métaux lourds, et plus particulièrement de mercure, dans une charge hydrocarbonée lourde, et plus particulièrement de pétrole brut. Bien évidemment, le procédé selon l'invention peut être utilisé pour l'élimination d'autres métaux lourds, tels que l'arsenic, le plomb, le vanadium et le cadmium, contenus dans une charge hydrocarbonée lourde.

[0026] Par charge hydrocarbonée lourde, on entend, au sens de la présente invention, une charge ayant une masse volumique à 15°C supérieure à 750 kg/m^3 , composée essentiellement d'hydrocarbures, mais contenant également d'autres composés chimiques qui, outre des atomes de carbone et d'hydrogène, possèdent des hétéroatomes, comme l'oxygène, l'azote, le soufre et des métaux lourds comme le mercure, l'arsenic, le plomb, le vanadium ou le cadmium. Plus particulièrement, ladite charge hydrocarbonée comprend entre 1 et 10 mg de mercure par kg de charge, préférentiellement 1 à 1200 $\mu\text{g/kg}$, plus préférentiellement 10 à 500 $\mu\text{g/kg}$.

[0027] Par mercure non élémentaire, on entend toute forme de mercure autre que sous forme élémentaire (ou atomique), i.e. sous forme moléculaire organique, et/ou sous forme ionique, et/ou sous formes complexées.

[0028] La description de la figure 1 se rapporte à un procédé d'élimination classique de métaux lourds contenus dans une charge de pétrole brut ; la description des figures 2 et 3 se rapporte à un procédé d'élimination de métaux lourds selon l'invention. Les figures 2 et 3 reprennent certains éléments de la figure 1 ; les références des figures 2 et 3 identiques à celles de la figure 1 désignent les mêmes éléments.

Procédé selon l'art antérieur (figure 1)

[0029] La figure 1, illustre de manière schématique les premiers traitements subis par le pétrole brut en vue de son fractionnement initial, généralement réalisé par distillation atmosphérique selon l'art antérieur. Les équipements (pompes, vannes, échangeurs de chaleurs, etc.) dédiés ne sont volontairement pas représentés dans un souci de clarté.

[0030] Une charge hydrocarbonée lourde, et plus particulièrement une charge de pétrole brut, est envoyée via la conduite **100** dans une unité de dessalage **1000**, consistant généralement en un lavage à l'eau. La fonction principale de cette étape est d'enlever la plus grande partie des espèces inorganiques solubles contenues dans la charge. La charge dessalée est ensuite envoyée via la conduite **101** dans une unité de pré-chauffage **2000**. Le but de cette étape de préchauffage de la charge dessalée est d'amener ladite charge à une température proche de la température du fond de l'unité de fractionnement **3000** située en aval. La température du préchauffage est généralement comprise entre 200 et 400°C, et dépend du nombre de colonnes de distillation utilisées dans l'unité de fractionnement principal **3000**. La charge préchauffée est ensuite envoyée via la conduite **104** vers l'unité de fractionnement principal **3000**.

[0031] L'unité de fractionnement principal **3000** peut comprendre une ou plusieurs colonnes de distillation (sur la figure 1, une seule colonne de distillation est représentée). L'unité de fractionnement principal permet de produire différentes

coupes d'hydrocarbures en fonction de leur poids moléculaire et plus particulièrement en fonction de leur différence de volatilité. Par exemple, le fractionnement de la charge par distillation atmosphérique associé aux colonnes de distillation de l'unité de fractionnement principal permet une séparation de la charge en différentes coupes, de la plus légère à la plus lourde, et plus particulièrement en gaz combustibles (C1, C2), en propane (C3), en butane (C4), en essence légère (C5 à C6), essence lourde (C7 à C10), en kérosène (C10 à C13), en gasoil (C13 à C20/25), ou encore en résidu atmosphérique (C20/C25+).

[0032] En sortie l'unité de fractionnement principal **3000**, l'effluent de tête de l'unité de fractionnement principal contient généralement des composés hydrocarbonés dont 90% desdits composés ont un point d'ébullition inférieur à 200°C à pression atmosphérique ($1,01325 \cdot 10^5$ Pa). L'effluent de tête est envoyé via la conduite **400** vers une unité de fractionnement secondaire **7000** comprenant une ou plusieurs colonnes de fractionnement, permettant de produire différentes coupes d'hydrocarbures. Généralement, en sortie de l'unité de fractionnement secondaire **7000** on peut distinguer plusieurs coupes hydrocarbonées telles que :

- les gaz combustibles (« *fuel gas* » selon la terminologie anglo-saxonne) évacués par la conduite **401** comprenant majoritairement des espèces hydrocarbonées à un ou deux atomes de carbone (C1/C2) ainsi que des effluents des purifications, tels que l'H₂ ou l'H₂S. Par soucis de clarté, un unique flux de gaz combustibles a été représenté sur la figure 1, mais ce nombre peut varier dans un site industriel selon le choix de l'opérateur ;
- du gaz de pétrole liquéfié (GPL) évacué par la conduite **402** comprenant majoritairement des espèces hydrocarbures à trois ou quatre atomes de carbone (C3/C4) ;
- les coupes naphtas évacuées par la conduite **403** comprenant majoritairement des composés hydrocarbures à 5 atomes de carbone ou plus (C5+), la limite haute en nombre d'atomes de carbone dépendant du choix du point de coupe réalisé en tête de l'unité de fractionnement principal **3000**. Par ailleurs, selon le schéma de fractionnement choisi par l'opérateur, il peut y avoir plusieurs coupes naphta (non représentées sur la figure), par exemple une coupe naphta lourde et une coupe naphta légère.

[0033] Les coupes hydrocarbonées évacuées via les conduites **401**, **402** et **403** sont généralement traitées pour chacune par une unité de captation des métaux lourds, et plus particulièrement de captation du mercure sous forme élémentaire. Telles que représentées sur la figure 1, les unités de captation **8001**, **8002**, **8003** sont généralement placées en aval de l'unité de fractionnement principal, dans le sens de la circulation de la charge, et cela pour chacune des coupes hydrocarbonées circulant dans les conduites **401**, **402** et **403**. Les unités de captation **8001**, **8002** et **8003** comprennent chacune une masse de captation de mercure se présentant sous la forme d'un lit fixe. Les masses de captation de mercure peuvent être toutes celles connues par l'homme du métier pour la captation de mercure élémentaire. Les coupes hydrocarbonées démercurisées sont évacuées respectivement par les conduites **411**, **412** et **413**.

[0034] Ainsi, du fait de la présence d'une multiplicité de coupes hydrocarbonées dans un tel procédé, le nombre de lits fixes comprenant lesdites masses de captation devient important (pour chaque coupe de composés hydrocarbonés issue de l'unité de fractionnement secondaire **7000** on associe une masse de captation), d'autant plus que le nombre d'unités de captation peut être doublé pour pouvoir régénérer les masses de captation sans interrompre l'exploitation de l'unité.

[0035] Par ailleurs, dans ce schéma de procédé, différents types de masse de captation doivent être utilisés pour traiter d'une part les flux gazeux, par exemple évacué par la conduite **401**, et d'autre part les flux liquides, par exemple évacués par la conduite **403**, mais aussi les flux pouvant contenir de l'hydrogène, comme certains gaz combustibles, nécessitant des masses de captation spécifiquement adaptées.

[0036] De manière surprenante, la demanderesse a découvert qu'il est possible d'éliminer le mercure contenu dans les composés d'une charge hydrocarbonée, et plus particulièrement d'une charge de pétrole brut, en amont d'une unité de fractionnement principal, en réalisant une étape de transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire, et en réalisant une étape de captation du mercure élémentaire en amont de l'unité de fractionnement principal de ladite charge, et cela grâce à un traitement thermique de ladite charge à une température cible et pendant un temps de séjour suffisant pour permettre la transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire, et cela sans faire appel à un traitement catalytique ou sous hydrogène. Le procédé selon l'invention ne nécessite plus qu'une unique unité de captation du mercure élémentaire et donc une unique masse de captation.

[0037] En effet, bien que les charges de pétrole brut comprennent une très grande diversité de molécules hydrocarbonées, la mise en température de ladite charge pendant un temps de séjour suffisant en amont de l'unité de fractionnement principal permet de convertir le mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire, ce dernier pouvant être ensuite capté par une seule et unique masse de captation.

[0038] Le procédé selon l'invention comprend au moins :

- a) la transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés d'une charge hydrocarbonée, et plus

particulièrement dans une charge de pétrole brut, en mercure élémentaire ;

b) la séparation de ladite charge en un effluent liquide comprenant une charge hydrocarbonée avec une faible teneur en mercure, et un effluent gazeux comprenant les composés les plus volatils et le mercure sous forme élémentaire ;

c) la captation du mercure sous forme élémentaire contenu dans l'effluent gazeux obtenue à l'étape b) dans une unité de captation au mercure comprenant une masse de captation.

[0039] Selon l'invention, les étapes a) et b) peuvent être réalisées séparément ou simultanément.

[0040] Selon l'invention, l'étape de séparation peut être réalisée au moyen d'une unité de séparation choisie parmi une colonne de stripage avec un gaz vecteur (cf. figure 2) ou une colonne de distillation (figure 3).

Procédé selon l'invention (figure 2)

[0041] En se reportant à la figure 2, illustrant de manière schématique un mode de réalisation du procédé selon l'invention, une charge hydrocarbonée, et plus particulièrement une charge hydrocarbonée lourde, est envoyée via la conduite 100 dans une unité de dessalage 1000. La charge dessalée est ensuite envoyée via la conduite 101 dans une unité de conversion 900 du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire. Dans le cadre de la présente invention, l'unité de conversion 900 correspond :

- soit à l'unité de chauffage 2000, telle qu'un ballon, et éventuellement à une conduite 102 ou un ensemble de conduites destinée(s) au transport de ladite charge jusqu'à l'unité de séparation 5000. Dans ce mode de réalisation, les étapes a) et b) du procédé selon l'invention sont réalisées séparément, c'est-à-dire que la transformation du mercure en mercure élémentaire est réalisée en amont de l'unité de séparation 5000 ;
- soit à l'unité de chauffage 2000, telle qu'un ballon, et éventuellement une conduite ou un ensemble de conduites destinée(s) au transport de ladite charge jusqu'à l'unité de séparation 5000, et à l'unité de séparation 5000. Dans ce mode de réalisation, les étapes a) et b) du procédé selon l'invention sont réalisées simultanément, c'est-à-dire que la transformation du mercure en mercure élémentaire est réalisée aussi bien pendant le transport de ladite charge vers l'unité de séparation 5000 que lors de l'étape de séparation de ladite charge dans l'unité de séparation 5000.

[0042] Lorsque l'unité de conversion 900 comprend un ballon, ledit ballon comprend avantageusement une double paroi recouvrant le ballon dans laquelle un fluide caloporteur circule afin de maintenir la température de ladite charge à la température cible jusqu'à l'unité de séparation 5000, et/ou comprend avantageusement une résistance chauffante directement insérée à l'intérieur dudit ballon.

[0043] Lorsque l'unité de conversion 900 comprend une conduite ou un ensemble de conduites, la conduite ou l'ensemble des conduites comprennent avantageusement une double enveloppe dans laquelle un fluide caloporteur circule afin de maintenir la température de ladite charge à la température cible jusqu'à l'unité de séparation 5000.

a) étape de transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de la charge hydrocarbonée lourde en mercure élémentaire

[0044] L'étape a) de transformation (ou conversion) du mercure non élémentaire contenu dans les composés de la charge hydrocarbonée lourde en mercure élémentaire est essentielle selon l'invention. En effet, quelle que soit la nature et/ou l'origine de la charge hydrocarbonée lourde, cette dernière peut comprendre des métaux lourds, et notamment du mercure, sous différentes formes. Par exemple, on peut trouver du mercure correspondant à du mercure élémentaire ou atomique (appelé aussi Hg^0), et/ou sous forme moléculaire organique, et/ou sous forme ionique, par exemple sous forme Hg^{2+} et ses complexes.

[0045] Selon l'invention, la transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de la charge hydrocarbonée lourde en mercure élémentaire est réalisée via une unité de conversion 900. La mise en oeuvre de cette étape consiste à transformer le mercure non élémentaire contenu dans les composés de la charge hydrocarbonée lourde en mercure élémentaire.

[0046] Ainsi, selon l'invention, le procédé de transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire comprend le passage de ladite charge, à une température déterminée par l'homme du métier, dans une unité de conversion 900 pendant un temps de séjour fixé de manière à ce qu'au moins 90% en poids, de préférence au moins 95% en poids, et encore plus préférentiellement au moins 99% en poids du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge soient convertis en mercure élémentaire, et cela en l'absence de catalyseur.

[0047] Ainsi, selon la température de la charge, le temps de séjour nécessaire pour effectuer la transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire répond à l'équation (1)

ci-après :

$$\ln\left(\frac{-\ln\frac{C_s}{C_0}}{t}\right) = \ln(k_0) - \frac{E_a}{RT} \quad (1)$$

dans laquelle :

C_s correspond à la concentration du mercure (hors mercure élémentaire) contenu dans les composés de ladite charge en sortie de l'unité de conversion **900** (en mol.L⁻¹) ;

C_0 correspond à la concentration du mercure (hors mercure élémentaire) contenu dans les composés de ladite charge en entrée de l'unité de conversion **900** (en mol.L⁻¹) ;

t correspond au temps de séjour (en seconde) ;

k_0 correspond à la constante de vitesse de transformation du mercure non élémentaire en mercure élémentaire (en seconde⁻¹) ;

E_a correspond à l'énergie d'activation de la réaction de transformation du mercure non élémentaire en mercure élémentaire (en J.mol⁻¹) ;

R correspond à la constante des gaz parfait ($R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$) ;

T correspond à la température de la charge (en K).

[0048] Dans le mode de réalisation pour lequel les étapes a) et b) sont réalisées séparément, i.e. que la transformation du mercure en mercure élémentaire est réalisée en amont de l'unité de séparation **5000**, la concentration C_s correspond à la concentration du mercure (hors mercure élémentaire) mesurée dans la ligne **102** en entrée de l'unité de séparation **5000**, et la concentration C_0 correspond à la concentration du mercure (hors mercure élémentaire) mesurée dans la ligne **101**.

[0049] Dans le mode de réalisation pour lequel les étapes a) et b) sont réalisées simultanément, i.e. que la transformation du mercure en mercure élémentaire est réalisée aussi bien pendant le transport de ladite charge vers l'unité de séparation **5000** que lors de l'étape de séparation de ladite charge dans l'unité de séparation **5000**, la concentration C_s correspond à la concentration du mercure (hors mercure élémentaire) mesurée dans la ligne **203**, et la concentration C_0 correspond à la concentration du mercure (hors mercure élémentaire) mesurée dans la ligne **101**.

[0050] Par ailleurs, selon l'invention, on définit le volume total V de l'unité de conversion **900** de tel manière que le ratio V/Q , avec Q correspondant au flux volumique de la charge à traiter, est égal au temps de séjour « t » associé à la température de la charge « T » ciblée.

[0051] Ainsi, dans le mode de réalisation pour lequel les étapes a) et b) sont réalisées séparément, i.e. que la transformation du mercure en mercure élémentaire est réalisée en amont de l'unité de séparation **5000**, le volume V de l'unité de conversion **900** correspond au volume de l'unité de chauffage **2000**, telle qu'un ballon, et éventuellement de la conduite ou l'ensemble de conduite destinée(s) au transport de la charge jusqu'à l'unité de séparation **5000**.

[0052] Dans le mode de réalisation pour lequel les étapes a) et b) sont réalisées simultanément, c'est-à-dire que la transformation du mercure en mercure élémentaire est réalisée aussi bien pendant le transport de ladite charge vers l'unité de séparation **5000** que lors de l'étape de séparation de ladite charge dans l'unité de séparation **5000**, le volume V de l'unité de conversion **900** correspond au volume de l'unité de chauffage **2000**, telle qu'un ballon, et éventuellement de la conduite ou l'ensemble de conduite destinée(s) au transport de la charge jusqu'à l'unité de séparation **5000**, ainsi que le volume de l'unité de séparation **5000**, dans laquelle unité la transformation du mercure non élémentaire contenu dans les composés de la charge hydrocarbonée lourde en mercure élémentaire est également réalisée.

[0053] En se reportant aux figures 2 et 3, le volume V de l'unité de conversion **900** correspond au volume cumulé de l'unité de chauffage **2000**, de la conduite **102** et du volume de l'unité de séparation **5000**.

[0054] Avantagusement, lors de l'étape de transformation, et selon l'un quelconque des modes de réalisation selon l'invention (i.e. les étapes a) et b) étant réalisées séparément ou non) :

- lorsque la température cible de ladite charge est comprise entre 150°C et 175°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 150 et 2700 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 175°C et inférieure ou égale à 250°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 100 et 900 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 250°C et inférieure ou égale à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 5 et 70 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans

l'unité de conversion **900** est compris entre 1 et 10 minutes.

[0055] De manière encore plus préférée :

- 5 - lorsque la température cible de ladite charge est comprise entre 150 et 175°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 150 et 2700 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 175°C et inférieure ou égale à 200°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 100 et 900 minutes ; et/ou
- 10 - lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 200°C et inférieure ou égale à 225°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 30 et 300 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 225°C et inférieure ou égale à 250°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 15 et 150 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 250°C et inférieure ou égale à 300°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 5 et 70 minutes ; et/ou
- 15 - lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 300°C et inférieure ou égale à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 1 et 40 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 400°C et inférieure ou égale à 500°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 1 et 10 minutes ; et/ou
- 20 - lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 500°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion **900** est compris entre 1 et 5 minutes.

[0056] Selon l'invention, l'étape de transformation du mercure non élémentaire contenu dans la charge en mercure élémentaire est effectuée à une pression comprise entre 0,1 et 12 MPa, de préférence entre 0,1 et 6 MPa.

25 **[0057]** Ainsi, il est possible de transformer le mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire, et cela à partir de 150°C, en ajustant le temps de séjour de la charge dans l'unité de conversion **900**. Par ailleurs, l'absence de catalyseur simplifie la mise en oeuvre du procédé et permet d'éviter l'apparition de bouchage des masses captation de métaux lourds lors de l'étape de mise en contact de ladite charge contenant des composés lourds, susceptibles de s'agglomérer ou de précipiter, avec une masse de captation au mercure.

30 b) Etape de séparation

[0058] Selon l'invention, on effectue une étape de séparation de la charge dans une unité de séparation **5000** pour produire un effluent liquide **103** et un effluent gazeux **203** comprenant le mercure élémentaire. L'étape de séparation peut être réalisée par stripage (cf. figure 2) ou par distillation (cf. figure 3). De préférence, on effectue une séparation 35 de la dans une unité de séparation **5000** consistant à produire uniquement un effluent liquide **103** et un effluent gazeux **203** comprenant du mercure élémentaire.

[0059] Selon le mode de réalisation illustré en figure 2, i.e. lorsque l'unité de séparation **5000** est une colonne de stripage, la charge issue de l'unité de chauffage **2000** est dirigée via la conduite **102** vers une unité de séparation **5000** destinée à séparer ladite charge pour produire un effluent liquide et un effluent gazeux. Plus particulièrement, la charge 40 hydrocarbonée lourde envoyée dans l'unité de séparation **5000** circule à contre-courant par rapport au gaz vecteur envoyé dans ladite unité de séparation via la conduite **202**. La fonction de l'unité de séparation **5000** est d'éliminer les composés les plus volatils de la charge, et plus particulièrement le mercure élémentaire.

[0060] L'unité de séparation **5000** peut comprendre des internes destinés à favoriser les échanges entre les phases liquide et vapeur, tels que des plateaux ou du garnissage.

45 **[0061]** A l'issue de cette étape de séparation, on obtient un effluent liquide **103** comprenant une charge hydrocarbonée diminuée de ses fractions volatiles et de mercure, et un effluent gazeux **203**.

[0062] Avantagusement, le gaz vecteur utilisé dans l'unité de séparation **5000** est un gaz présent sur le site d'exploitation et sa nature est choisie de manière à ne pas impacter le fonctionnement des installations situées en aval. Par exemple, le gaz vecteur est une coupe de composés hydrocarbonés issue de l'unité de fractionnement principal **3000**, 50 et plus particulièrement est une coupe de composés hydrocarbonés dont 90 % en poids des composés ont un point d'ébullition inférieur à 200°C à pression atmosphérique ($1,01325 \cdot 10^5$ Pa).

[0063] La figure 3 illustre un autre mode particulier de réalisation selon l'invention dans lequel l'unité de séparation **5000** utilisée pour l'étape b) de séparation est une colonne de distillation. Dans ce mode de réalisation, la charge hydrocarbonée lourde, et plus particulièrement une charge de pétrole brut, est envoyée via la conduite **100** dans une 55 unité de dessalage **1000**. La charge dessalée est ensuite envoyée via la conduite **101** dans une unité de chauffage **2000**. La charge est ensuite dirigée via la conduite **102** vers la colonne de distillation **5000**. Le mercure sous forme élémentaire et les composés hydrocarbonés les plus volatils sont récupérés via la conduite **203** en tête de la colonne de distillation. Typiquement, on récupère en tête de la colonne de distillation **5000** une coupe de composés hydrocarbonés

dont 90 % en poids des composés ont un point d'ébullition inférieur à 200°C à pression atmosphérique ($1,01325 \cdot 10^5$ Pa). Dans la colonne de distillation, les trafics internes du gaz et du liquide de la colonne vont induire un stripage *in-situ* des composés volatils comprenant du mercure. Au final, il en résulte un effluent de tête récupéré via la conduite **203** comprenant au moins 90 % en poids de mercure par rapport au poids total de mercure présent dans la charge initiale, envoyée dans la colonne de distillation **5000** via la conduite **102**, préférentiellement au moins 95 % en poids et encore plus préférentiellement au moins 99 % en poids, et un effluent de fond récupéré via la conduite **103** constitué de la charge initiale réduite de sa fraction légère et des espèces mercurées. Le flux de fond récupéré via la conduite **103** est ensuite dirigé vers une unité de fractionnement principal **3000**.

c) Etape de captation du mercure

[0064] L'effluent gazeux récupéré via la conduite **203**, comprenant le mercure sous forme élémentaire, est ensuite envoyé dans une, de préférence unique, unité de captation de mercure **6000** comprenant au moins une masse de captation. L'unité de captation de mercure **6000** peut se présenter par exemple sous la forme d'un lit fixe comprenant une masse de captation comportant une phase active apte à réagir avec le mercure élémentaire pour l'immobiliser dans le lit de manière à produire un effluent gazeux démercurisé qui est introduit via la conduite **204** dans l'unité de fractionnement principal **3000**. Des exemples de masses de captation efficaces sont décrits dans les brevets FR 2764214, FR 2980722 ou encore FR 2992233.

[0065] L'unité de captation de mercure **6000** peut comporter en outre des moyens d'ajustement de la pression et de la température (non représentés sur les figures) pour s'adapter à la méthode d'élimination du mercure choisie.

[0066] Ainsi, à la différence de l'état de l'art illustré en figure 1, le procédé selon l'invention ne nécessite qu'un seul type de masse de captation mercure et qu'une seule unité de captation de mercure, ladite unité de captation pouvant être éventuellement doublée en parallèle ou en série pour assurer la maintenance sans impacter le fonctionnement de l'unité de fractionnement. Par ailleurs, le procédé selon l'invention permet de réaliser la récupération du mercure contenu dans les composés de la charge, et plus particulièrement dans la charge de pétrole brut, en amont d'une unité de fractionnement principal dans un schéma de raffinage. Au sens de l'invention, on entend par raffinage, l'ensemble des opérations qui permettent de transformer le pétrole brut en produits pétroliers d'utilisation courante. Les pétroles bruts se présentent sous la forme de liquides plus ou moins visqueux essentiellement constitués d'hydrocarbures de volatilité et de nature chimique variées.

d) Etape de fractionnement

[0067] L'effluent liquide récupéré en fond de l'unité de séparation **5000** est ensuite envoyée via la conduite **103** dans l'unité de fractionnement principal **3000**. Selon l'invention, on entend par unité de fractionnement principal **3000** une unité de fractionnement de la charge par distillation atmosphérique (telle que décrite précédemment dans la partie procédé selon l'art antérieur). L'unité de fractionnement principal **3000** peut comprendre une ou plusieurs colonnes de distillation (sur la figure 2, une seule colonne de distillation est représentée). L'unité de fractionnement principal **3000** permet de produire différentes coupes d'hydrocarbures en fonction de leur poids moléculaire et plus particulièrement en fonction de leur différence de volatilité.

[0068] Dans le mode de réalisation tel qu'illustré en figure 2, i.e. lorsque l'unité de séparation est une colonne de stripage, on récupère avantageusement via la conduite **200** un effluent gazeux ou liquide en tête de l'unité de fractionnement principal **3000**. Lorsque l'effluent récupéré en tête de l'unité de fractionnement principal est gazeux, il peut provenir directement de la fraction gazeuse de tête de l'unité de fractionnement principal **3000**. Lorsque l'effluent récupéré est liquide, il peut provenir d'un soutirage liquide intermédiaire d'un plateau de ladite colonne, de préférence en tête de ladite colonne. L'effluent traversant la conduite **200** peut être alors soit sous forme gazeuse soit sous forme liquide. L'effluent récupéré via la conduite **200** traverse ensuite un moyen de pressurisation **4000** qui peut se présenter sous la forme d'une pompe lorsque l'effluent traversant la conduite **200** est liquide ou sous la forme d'un compresseur lorsque l'effluent traversant la conduite **200** est gazeux.

[0069] Eventuellement, l'effluent issu du moyen de pressurisation **4000** est conduit via la conduite **201** dans un échangeur de chaleur **2001**. Cette étape est nécessaire lorsque l'effluent traversant la conduite **200** est sous forme liquide car elle permet de convertir ledit effluent sous forme gazeuse. Ainsi, quelle que soit la nature de l'effluent récupéré via la conduite **200**, l'effluent traversant la conduite **202** est sous forme gazeuse et est envoyé dans l'unité de séparation **5000** en tant que gaz vecteur (gaz de stripage).

[0070] Au niveau de l'unité de séparation **5000**, la mise en contact de la charge en provenance de la conduite **102** et du gaz vecteur en provenance de la conduite **202** permet de récupérer en fond de l'unité de séparation **5000** via la conduite **103** une charge diminuée de ses fractions les plus volatiles, et de récupérer en tête de l'unité de séparation **5000** via la conduite **203** un effluent gazeux de stripage, comprenant principalement le gaz vecteur, une fraction d'hydrocarbures légers issus de la charge **102**, plus particulièrement des hydrocarbures légers du méthane à l'octane, ainsi

que du mercure sous forme élémentaire à l'état gazeux et éventuellement de l'H₂S, entraînés dans l'unité de séparation **5000** par le gaz vecteur.

Exemples

5

[0071] L'exemple présenté ci-après s'appuie sur le procédé selon l'invention tel qu'illustré en figure 2, i.e. l'unité de séparation **5000** est une colonne de stripage. La charge hydrocarbonée utilisée est une charge de pétrole brut provenant d'Asie du Sud-Est. Dans cet exemple, on considère que l'unité de conversion **900** est composée de l'unité de chauffage **2000**, de la conduite **102** et de l'unité de séparation **5000**.

10 **[0072]** Après être passé dans une unité de dessalage **1000**, la charge est envoyée dans une unité de conversion **900** pour convertir le mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire. Lors de cette étape, la charge est chauffée à une température cible de 180°C (fixée par l'opérateur) et pendant un temps de séjour fixé et adapté à la température cible pour permettre la conversion totale du mercure non élémentaire contenu dans ladite charge en mercure élémentaire.

15 **[0073]** Dans le cadre du présent exemple, deux tests ont été réalisés en faisant varier le temps de séjour de la charge dans l'unité de conversion **900**. Un premier test a été réalisé en chauffant la charge à une température cible de 180°C pendant un temps de séjour (temps de contact) de 60 minutes, et un deuxième test a été réalisé en chauffant la charge à 180°C pendant un temps de séjour de 20 minutes (cf. tableau 1 ci-après).

20 **[0074]** L'unité de séparation **5000** se présente sous la forme d'un contacteur gaz liquide permettant d'effectuer un stripage de ladite charge en amont de l'unité de fractionnement principal **3000**. Le flux de la charge envoyée dans l'unité de séparation **5000** via la conduite **102** est de 244 t/h de brut à une température de 380°C et à une pression de 1,5 MPa. Le flux total de mercure contenu dans la charge est de 45,5 g/h.

25 **[0075]** La charge envoyée via la conduite **102** est introduite en tête de l'unité de séparation **5000**. Un gaz vecteur est introduit via la conduite **202** en bas de l'unité de séparation **5000**. Le gaz vecteur va parcourir l'unité de séparation **5000** en remontant vers la tête de l'unité de séparation, entraînant avec lui les composés les plus volatils dont le mercure élémentaire. La charge majoritairement liquide circule à contrecourant du gaz vecteur. Il en résulte en tête de l'unité de séparation un effluent gazeux de stripage récupéré au niveau de la conduite **203** à 371°C, 0,7 MPa et 101 t/h. L'effluent gazeux de stripage comprend le mercure sous forme élémentaire.

30 **[0076]** La charge liquide démercurisée est quant à elle récupérée en bas de l'unité de séparation **5000** via la conduite **103** à 1,4 MPa, 371 °C et 167 t/h et est dirigée vers l'unité de fractionnement principal **3000**. L'unité de fractionnement principal **3000** se présente ici sous la forme d'une colonne à distiller de 34 plateaux théoriques opérant entre une pression de 0,43 MPa en fond et 0,39 MPa en tête pour des températures respectives de 339 et 168°C.

35 **[0077]** On extrait au niveau de la garde liquide du plateau de tête de l'unité de fractionnement principal **3000** un effluent liquide via la conduite **200** qui est remonté en pression au moyen d'une pompe **4000**. Il en résulte un effluent liquide traversant la conduite **201** à 1,5 MPa et 169°C. L'effluent liquide est réchauffé à 350°C par un échange de chaleur **2001** via l'effluent gazeux de stripage circulant dans la conduite **203**. Il en résulte un effluent gazeux traversant la conduite **202** à 350°C et 1,49 MPa.

40 **[0078]** L'effluent gazeux de stripage récupéré en tête de la colonne de séparation **5000** via la conduite **203** (comprenant le mercure sous forme élémentaire) est envoyé dans une unité de traitement au mercure **6000** comprenant une masse de captation du mercure à base de CuS déposé sur une alumine, apte à capter le mercure sous forme élémentaire. Il en résulte un flux démercurisé circulant dans la conduite **204** à 0,6 MPa et 150°C et qui est redirigé vers l'unité de fractionnement principal **3000**.

[0079] Pour les deux tests effectués, les teneurs en mercure total et en mercure élémentaire dans les conduites **101**, **102**, **103**, **203** et **204** sont déterminées en µg/L.

45 **[0080]** Pour les conduites **101**, **102** et **103**, des prélèvements liquides sont effectués puis analysés à l'aide d'un appareil PE-1000® de Nippon Instruments Corporation (NIC) spécifique des analyses mercure. Pour connaître la teneur en mercure élémentaire, l'effluent à analyser est parallèlement analysé sur le PE-1000® et strippé à l'azote de manière à éliminer le mercure élémentaire. Par analyse de la teneur en mercure de l'échantillon après stripage et sa soustraction de celle en mercure dans l'échantillon avant stripage, la quantité de mercure élémentaire initialement présente dans les effluents est calculée.

50 **[0081]** Dans les conduites **203** et **204**, l'effluent est gazeux. Le mercure est dosé sur un appareil SP3D® (NIC) adapté aux analyses de gaz.

55

EP 3 121 249 A1

Tableau 1 - Teneur en mercure total et élémentaire dans les différentes conduites

Température cible de conversion et temps de contact		180°C / 60 min	180°C / 20 min
Conduite 101	[Hg _{total}]	202	200
	[Hg°]	0	0
Conduite 102	[Hg _{total}]	201	199
	[Hg°]	197	136
Conduite 103	[Hg _{total}]	0	10
	[Hg°]	0	9
Conduite 203	[Hg _{total}]	199	134
Conduite 204	[Hg _{total}]	0	1

[0082] La teneur en mercure mesurée dans la conduite **203** est identique à celle de la teneur en mercure élémentaire dans la conduite **102**. Il s'agit donc uniquement de mercure élémentaire.

[0083] Les teneurs en mercure mesurées montrent que pour pouvoir transformer le mercure non élémentaire contenu dans les composés de la charge en mercure élémentaire, le temps de contact doit être suffisant à une température cible. Si tel n'est pas le cas ou si le flux n'est pas chauffé, la décomposition des espèces réfractaires comprenant le mercure dans la charge n'est pas totale et une partie du mercure est récupérée en fond du dispositif de séparation. Par conséquent, les différentes unités situées en aval dans un schéma de raffinerie sont ainsi potentiellement polluées en mercure et il sera nécessaire d'ajouter autant de masses de captation que de flux de sortie existant d'où un surcoût important en termes d'investissement et en coûts opératoires.

Revendications

1. Procédé d'élimination du mercure contenu dans une charge hydrocarbonée lourde en amont d'une unité de fractionnement principal (3000), procédé dans lequel :

a) on transforme le mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge en mercure élémentaire, ladite étape étant réalisée dans une unité de conversion (900) à une température cible pendant un temps de séjour fixé et adapté à ladite température cible de manière à ce qu'au moins 90% en poids du mercure non élémentaire contenu dans les composés de ladite charge soient convertis en mercure élémentaire, ladite étape de transformation étant réalisée en l'absence d'hydrogène et en l'absence de catalyseur, étant entendu que :

- lorsque la température cible de ladite charge est comprise entre 150°C et 175°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion (900) est compris entre 150 et 2700 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 175°C et inférieure ou égale à 250°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion (900) est compris entre 100 et 900 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 250°C et inférieure ou égale à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion (900) est compris entre 5 et 70 minutes ; et/ou
- lorsque la température cible de ladite charge est supérieure à 400°C, le temps de séjour de ladite charge dans l'unité de conversion (900) est compris entre 1 et 10 minutes ;

b) on effectue une séparation de la charge obtenue à l'étape a) dans une unité de séparation (5000) pour produire un effluent liquide (103) et un effluent gazeux (203) comprenant du mercure élémentaire ;

c) on met en contact l'effluent gazeux (203) issu de l'étape b) comprenant le mercure élémentaire avec une masse de captation au mercure comprise dans une unité de captation au mercure (6000) pour produire un effluent au moins partiellement démercurisé (204).

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une étape d) dans laquelle on fractionne l'effluent liquide (103) obtenu à l'étape b) dans une unité de fractionnement principal (3000).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la diminution de la teneur totale en poids de mercure de ladite charge prise avant l'étape a) et après l'étape c) est d'au moins 90%.

EP 3 121 249 A1

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les étapes a) et b) sont réalisées séparément ou simultanément.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'unité de séparation (5000) de l'étape b) est une colonne de distillation.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'unité de séparation (5000) de l'étape b) est une colonne de stripage.
10. 7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** dans la colonne de stripage un gaz vecteur circule à contre-courant de ladite charge hydrocarbonée, ledit gaz vecteur étant au moins en parti issu d'une fraction liquide ou gazeuse de l'unité de fractionnement principal (3000).
15. 8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel lorsque le gaz vecteur est au moins en parti issu d'une fraction liquide de l'unité de fractionnement principal (3000), ladite fraction liquide est transformée en fraction gazeuse au moyen d'un échangeur de chaleur (2001).
20. 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce qu'on** fractionne l'effluent au moins partiellement démercurisé (204) obtenu à l'étape c) dans une unité de fractionnement principal (3000).
25. 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ladite charge hydrocarbonée comprend entre 1 et 10 mg de mercure par kg de charge.
30. 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** lors de l'étape c), on met en contact ladite charge avec une masse de captation au mercure massique ou supportée comprenant une phase comportant au moins un sulfure métallique à base d'un métal M choisi dans le groupe constitué par le cuivre, le chrome, le manganèse, le fer, le cobalt et le nickel.
35. 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** lors de l'étape c), on met en contact ladite charge avec une masse de captation massique ou supportée comprenant une phase contenant au moins du soufre sous forme élémentaire.
40. 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** la charge hydrocarbonée lourde est une charge de pétrole brut.
- 45.
- 50.
- 55.

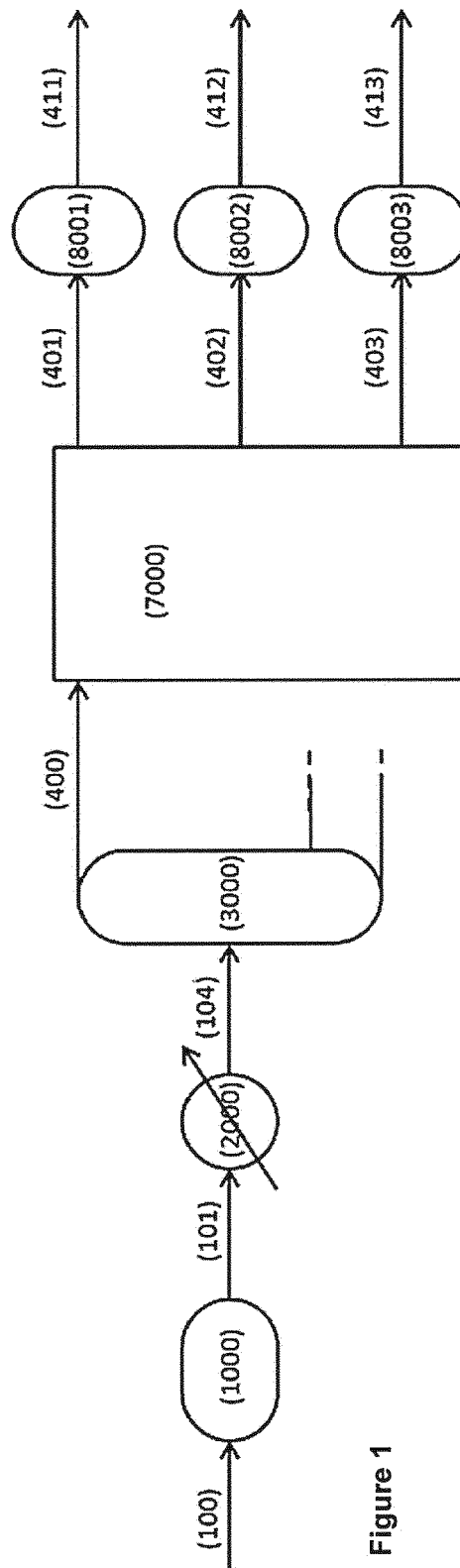


Figure 1

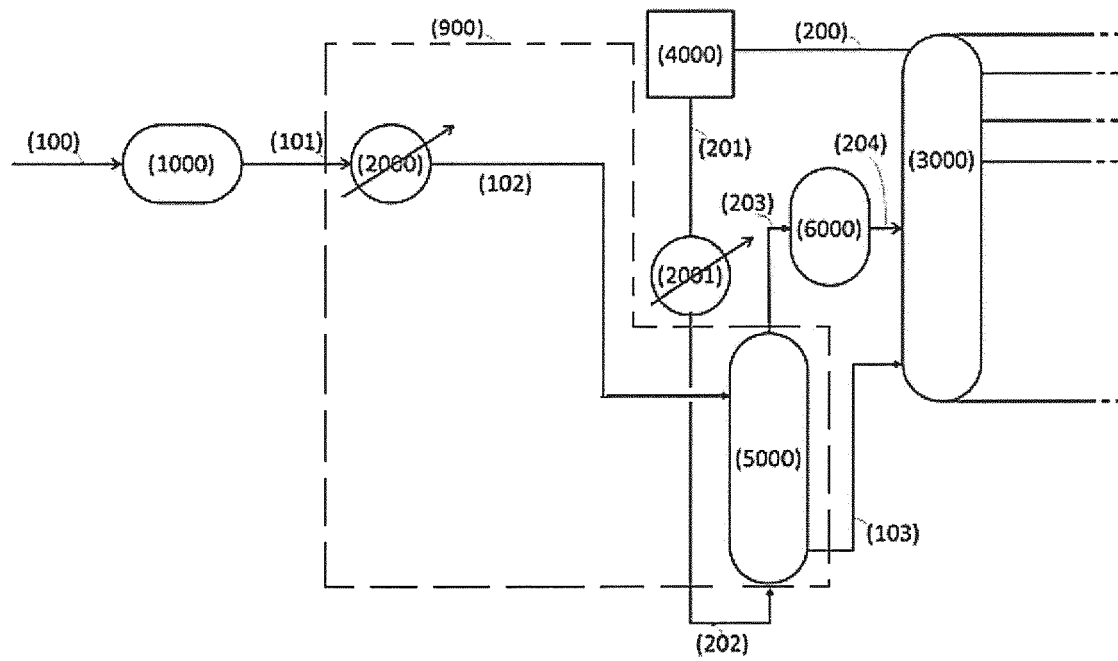


Figure 2

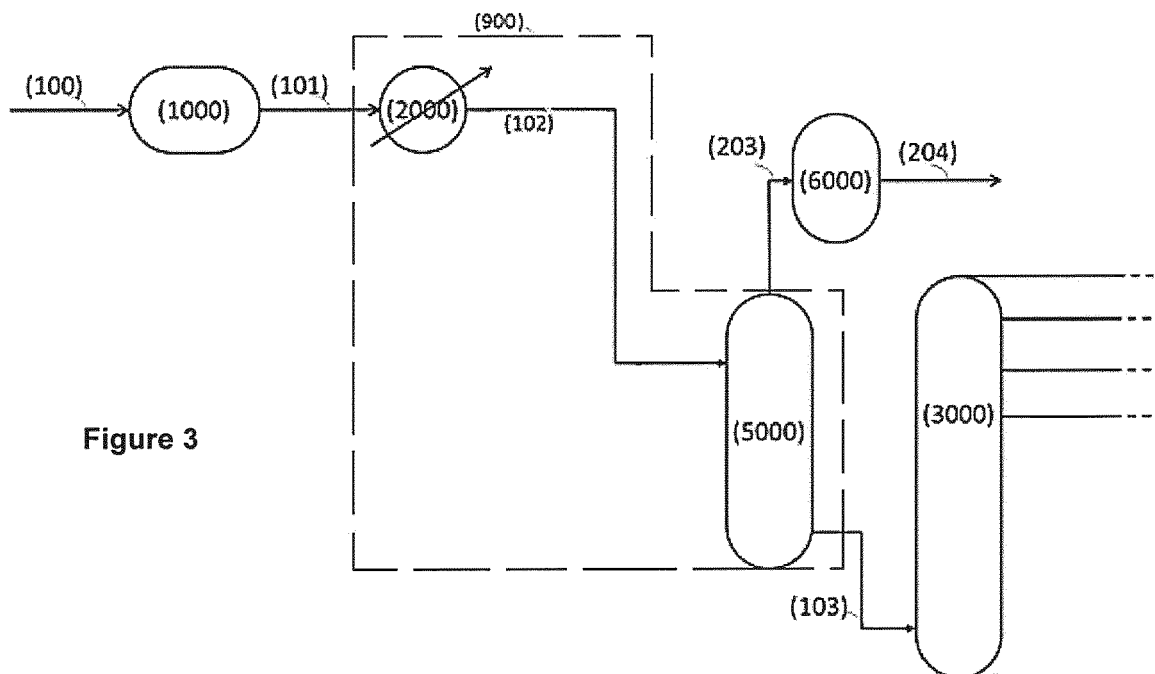


Figure 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 30 5811

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	JP H11 181447 A (TAIYO ENGINEERING CO LTD) 6 juillet 1999 (1999-07-06) * alinéa [0011] - alinéas [0016], [0029]; revendication 1; figure 1 *	1-13	INV. C10G25/00 C10G31/06 C10G53/08
X	US 2015/108040 A1 (LORD III CHARLES J [US] ET AL) 23 avril 2015 (2015-04-23) * alinéa [0017] - alinéas [0019], [0045], [0046]; revendications 1,2,5,6,10,16,21; figures 2,8 *	1-13	
X	EP 0 659 869 A1 (MITSUI PETROCHEMICAL IND [JP]) 28 juin 1995 (1995-06-28) * page 1, ligne 40 - ligne 42 * * page 4, ligne 11 - ligne 47; revendications 1,2,3; figure 3; exemples 3,4 *	1-13	
X	WO 2014/143457 A1 (CONOCOPHILLIPS CO [US]; UMEA UNIVERSITY [SE]) 18 septembre 2014 (2014-09-18) * alinéas [0016], [0025], [0063] - alinéas [0066], [0074]; revendications 1,4,5,6,13; figures 2,3 *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) C10G
X	FR 2 794 381 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR]) 8 décembre 2000 (2000-12-08) * page 2, ligne 21 - ligne 27; revendications 5,6 *	1-13	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		5 décembre 2016	Deurinck, Patricia
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 16 30 5811

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

05-12-2016

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP H11181447 A	06-07-1999	AUCUN	
US 2015108040 A1	23-04-2015	EP 3058051 A2	24-08-2016
		US 2015108040 A1	23-04-2015
		WO 2015057300 A2	23-04-2015
EP 0659869 A1	28-06-1995	AU 684574 B2	18-12-1997
		AU 8169694 A	29-06-1995
		CA 2138562 A1	23-06-1995
		CN 1109906 A	11-10-1995
		DE 69418162 D1	02-06-1999
		DE 69418162 T2	19-08-1999
		EP 0659869 A1	28-06-1995
		JP 2633484 B2	23-07-1997
		JP H07228874 A	29-08-1995
		US 5510565 A	23-04-1996
WO 2014143457 A1	18-09-2014	AU 2014228640 A1	05-11-2015
		EP 2969123 A1	20-01-2016
		WO 2014143457 A1	18-09-2014
FR 2794381 A1	08-12-2000	BE 1012739 A3	06-02-2001
		CN 1277890 A	27-12-2000
		DE 10026693 A1	07-12-2000
		FR 2794381 A1	08-12-2000
		NL 1015329 C2	12-04-2002

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 4911825 A [0006]
- US 5384040 A [0007]
- FR 2764214 [0064]
- FR 2980722 [0064]
- FR 2992233 [0064]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **YAMADA et al.** Mercury removal from natural gas condensate. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 1995, vol. 92, 433-436 [0008]