



## Etude de PTC System dans la désulfuration pétrolière

### GENERALITES SUR LE RAFFINAGE DU PETROLE.

#### Les trois étapes du raffinage :

##### Les procédés de séparation

La première étape est celle de la séparation des molécules par distillation atmosphérique (c'est-à-dire à la pression atmosphérique normale), en fonction de leurs poids moléculaires.

Ce procédé consiste à chauffer le pétrole à 350/400 °C pour en provoquer l'évaporation.

Le chauffage s'effectue à la base d'une tour de distillation de 60 mètres de haut, appelée aussi topping. Les vapeurs de brut remontent dans la tour tandis que les molécules les plus lourdes, ou résidus lourds, restent à la base sans s'évaporer.

À mesure que les vapeurs s'élèvent, les molécules se condensent les unes après les autres en liquides, jusqu'aux gaz qui atteignent seuls le haut de la tour, où la température n'est plus que de 150°C.

À différents niveaux de la tour se trouvent des plateaux qui permettent de récupérer ces liquides de plus en plus légers.

Chaque plateau correspond à une fraction de distillation, appelée aussi coupe pétrolière, depuis les bitumes (hydrocarbures très visqueux) jusqu'aux gaz.

##### Les procédés de conversion

Après les opérations de séparation, la proportion d'hydrocarbures lourds reste encore trop importante. Pour répondre à la demande en produits légers, on « casse » ces molécules lourdes en deux ou plusieurs molécules plus légères.

Ce procédé de conversion, appliqué à 500 °C, est également appelé craquage catalytique car il fait intervenir un catalyseur.

75% des produits lourds soumis à la conversion sont ainsi transformés en gaz, essence et gazole.

D'autres procédés permettent d'améliorer ce résultat par ajouts d'hydrogène (hydro-craquage) ou en employant des méthodes d'extraction du carbone (conversion profonde)

Plus une conversion est poussée, plus elle est coûteuse et gourmande en énergie.

L'objectif des raffineurs est de trouver l'équilibre entre degré et coût de la conversion.

##### Les procédés d'amélioration

Ils consistent à réduire fortement ou éliminer les molécules corrosives ou néfastes à l'environnement, en particulier le soufre.

Les normes de l'Union européenne (UE) en matière d'émissions de soufre sont strictes : depuis le 1er janvier 2009, l'essence et le gazole contenant plus de 10 ppm (10 mg/kg) de soufre ne doivent pas être utilisés sur le territoire européen<sup>1</sup>. Ces mesures visent à améliorer la qualité de l'air ambiant : elles permettent d'optimiser l'efficacité des technologies de traitement catalytique des gaz d'échappement des véhicules.

La désulfuration du gazole s'effectue à 370 °C, sous une pression de 60 bars et en présence d'hydrogène dont l'action consiste à extraire la plus grande partie du soufre organique que l'on retrouve sous forme de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S). Ce dernier est ensuite traité pour produire du soufre, substance utilisée dans l'industrie.

**Le kérozène, les gaz butane et propane sont eux, lavés à la soude.**

**Ce traitement, appelé adoucissement, débarrasse ces produits des mercaptans (thiols) qu'ils contiennent.**

**C'est à cette étape d'adoucissement que peut intervenir PTC System avec tous ses avantages rapportés par ailleurs consistant à modifier chimiquement ces molécules pour obtenir un nouveau composé organique inodore et biodégradable.**

### **Le traitement des carburants automobiles**

Les carburants automobiles doivent également être traités afin d'augmenter leur indice d'octane, un chiffre rapporté à 100, qui mesure la résistance à l'auto-allumage d'un carburant (l'auto-allumage étant la tendance du carburant dans un moteur à explosion à s'enflammer spontanément sans intervention de la bougie).

Si l'indice d'octane n'est pas assez élevé, il y aura à terme des dégâts irréversibles du moteur. Pour éviter cela, on doit hausser l'indice d'octane jusqu'à 95 ou 98.

Le procédé utilisé dans ce but est le reformage catalytique.

Les réactions chimiques qui lui sont liées sont opérées à 500 °C sous une pression de 10 bars, avec du platine comme catalyseur. Elles permettent la transformation d'une partie des hydrocarbures naphténiques (cycliques saturés) en hydrocarbures aromatiques (cycliques insaturés) dont l'indice d'octane est beaucoup plus élevé.

Il existe aussi d'autres réactions chimiques, comme l'alkylation, qui améliorent également l'indice d'octane.

**Chacun des produits raffinés issus du pétrole brut trouve un usage spécifique :**

- Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est un carburant pour les véhicules à gaz ;
- les gaz butane et propane sont utilisés pour les besoins domestiques ;
- l'essence et le gazole alimentent les moteurs des véhicules automobiles ;
- le kéroène est employé comme carburant dans l'aviation ;  
le naphta est la principale matière première employée en pétrochimie
- le fioul domestique est un combustible de chauffage ;
- les huiles servent à fabriquer des lubrifiants ;
- le bitume est utilisé pour recouvrir les routes.

## **ETUDE DE LA PURIFICATION DES CARBURANTS**

### **CARBUREACTEUR ET KEROSENE**

La tâche de purification de ces carburants se pose au stade de sa production, lorsqu'il est nécessaire de se débarrasser de l'eau et des impuretés solides.

Une fois le processus de production terminé, le risque de contamination poursuit le carburant depuis la raffinerie jusqu'aux conteneurs de stockage des équipements dans lesquels il est appliquée.

L'eau a un impact négatif sur les caractéristiques qualitatives du carburant, notamment lorsqu'elle est à l'état émulsionné.

En ce qui concerne les raffineries, il convient de noter que le carburant diesel y est purifié à l'aide de méthodes conventionnelles de déstabilisation des émulsions, qui comprennent des approches centrifuges, gravitationnelles, électriques et chimiques, ainsi que la filtration à travers des membranes spéciales. L'impact des ultrasons et du champ magnétique sur le carburant diesel est également utilisé, mais dans une bien moindre mesure.

La décantation ne peut être utilisée que comme étape de traitement préliminaire, car elle ne permet pas d'éliminer les impuretés mineures et de se débarrasser complètement de l'eau.

À cet égard, les séparateurs centrifuges sont plus prometteurs, mais leur utilisation se caractérise par des coûts énergétiques élevés et l'équipement lui-même est coûteux.

De plus, le réglage et la maintenance des séparateurs sont complexes et demandent beaucoup de main-d'œuvre.

Lors de l'élimination des solides, les filtres fibreux conventionnels montrent une bonne efficacité, mais ils ne sont pas en mesure d'assurer une élimination complète de l'eau.

Ces dernières années, il existe de plus en plus de filtres coalescents, efficaces pour la séparation de l'eau. Cependant, ces dispositifs ne présentent pas une efficacité adéquate en présence d'une grande quantité d'impuretés dans le carburant diesel. De plus, ils sont sujets à un colmatage rapide et sont très difficiles à régénérer.

Si une petite quantité d'eau doit être éliminée, il est possible d'appliquer la méthode de séchage par pulvérisation sous vide.

Tout d'abord, le carburant contaminé est pulvérisé via une buse dans un réservoir où le vide est créé. Cela permet d'éliminer l'humidité libre et dissoute du produit pétrolier, ainsi que l'air dissous. Après déshydratation, le carburant se dépose au fond du réservoir à vide sous forme de gouttelettes. La vitesse et l'efficacité du processus dépendent de la température et augmentent avec son augmentation. En général, les systèmes sous vide sont plus fiables et plus puissants que les séparateurs. Cependant, ils ne sont pas sans inconvénients. Le traitement sous vide ne permet pas d'éliminer les solides et a un faible rendement (généralement pas plus de 0,5 tonne/heure).

La déshydratation des produits pétroliers peut également être réalisée à la chaux vive.

Le carburant diesel humidifié est introduit dans un adsorbeur rempli de chaux vive, à un débit relativement faible, à 18-20°C. Pour la déshydratation, vous aurez besoin d'une quantité de chaux vive qui représente jusqu'à 0,2 % du volume de la matière première. Les flocons, formés comme sous-produit de cette purification de l'huile, sont séparés du carburant par décantation ou filtration de l'huile. L'inconvénient de cette méthode est que la chaux vive ne convient pas à certains types de combustibles et qu'il est nécessaire d'effectuer un contrôle préalable de compatibilité en laboratoire. À ce jour, l'utilisation de la chaux vive pour la purification du carburant diesel n'est pas suffisamment étudiée.

Les zéolites synthétiques peuvent également être utilisées pour la déshydratation des carburants.

On les appelle parfois tamis moléculaires. Ils absorbent l'eau du carburant, qui est ensuite éliminée du sorbant par chauffage. La principale difficulté réside dans le choix de la température optimale, car une surchauffe peut entraîner une rupture de la structure de la zéolite, ce qui entrave son utilisation ultérieure.

La déshydratation avec des zéolites coûtera plusieurs fois moins cher que le fonctionnement d'un séparateur centrifuge.

Il est évident qu'une solution optimale au problème de purification de l'eau et des impuretés mécaniques du carburant diesel n'est possible que par la combinaison de diverses méthodes.

Cela permet d'obtenir les meilleures performances du procédé en termes d'efficacité énergétique, de productivité et de coût.

C'est l'approche utilisée dans les usines de type UVR fabriquées par **GlobeCore**. Ils permettent d'effectuer la purification, la clarification et la restauration d'absolument toutes les fractions légères des produits pétroliers (gasoil, essence, kérone, fioul, ainsi que différents types de fioul).

Pendant le processus de nettoyage des carburants diesel, l'usine de type UVR élimine l'eau, les impuretés mécaniques et les composés de sulfure d'hydrogène, réduit la concentration de soufre, abaisse la teneur en paraffines et élimine les hydrocarbures insaturés.

Après traitement par l'équipement **GlobeCore**, le carburant diesel ne s'oxyde plus et ne noircit plus.

Les installations de type UVR présentent les avantages suivants :

- Capacité à travailler en modes automatiques et semi-automatiques, ce qui réduit le coût du travail manuel ;
- Basse consommation énergétique ;
- Polyvalence. L'équipement peut être utilisé pour la purification et la clarification non seulement des carburants diesel mais également d'autres produits pétroliers sans aucune manipulation complexe.

## **ETUDE DU LAVAGE CAUSTIQUE : LA BASE DU PROCEDE PTC SYSTEM**

### **Résumé :**

Le lavage caustique est l'un des nombreux processus industriels utilisés pour produire du carburant. Dans cette étude, une analyse des paramètres clés du processus de lavage caustique au

kérosène a été réalisée pour améliorer la performance globale du processus de traitement.

Les paramètres étudiés sont la concentration caustique (de 0,03 à 3,0 en poids%), le volume caustique (de 110% de la théorie à 250%), le nombre d'étapes de traitement (une et deux étapes), le type d'eau de lavage (eau déminéralisée et eau douce alcaline), et le volume d'eau de lavage (10 % et 30 % du volume d'alimentation en kérosène).

Les résultats ont révélé que la réaction entre l'hydroxyde de sodium et les acides naphténiques est une réaction chimique contrôlée par diffusion. Les solutions caustiques diluées (0,5 % en poids) sont meilleures que les solutions concentrées (3 % en poids).

Un excès de volume caustique plus élevé a un léger effet sur l'acidité du kérosène. Effectuer le processus de traitement caustique en une seule étape est suffisant et le processus en deux étapes n'a aucun effet sur l'acidité.

Le lavage du kérosène traité avec de l'eau déminéralisée (pH = 7) a un léger effet néfaste sur l'acidité du kérosène. L'augmentation du volume d'eau déminéralisée entraîne une légère augmentation de l'acidité du kérosène traité.

L'eau de lavage doit être légèrement alcaline (pH 7,5 à 8) pour éviter la réaction inverse des naphténates de sodium en acide naphténique. L'augmentation du volume d'eau de lavage (plus de 10 % en volume de la charge de kérosène) n'a aucun effet notable sur la teneur en eau du kérosène traité.

### **Introduction :**

Le secteur de l'aviation est un secteur de transport en croissance rapide. Les opérations aériennes mondiales consomment chaque année entre 1 500 et 1 700 millions de barils de carburant Jet A-1. Les prévisions indiquent que le secteur de l'aviation connaîtra une croissance de 4,8 % par an jusqu'en 2036.

Les compagnies aériennes du monde entier doivent acheter des carburants de qualité et sûrs, et par conséquent, le carburéacteur doit répondre à des spécifications internationales très restrictives. Les normes internationales établissent les spécifications de qualité du carburéacteur : ASTM D-1655 et DEF STAN 91-911.

De nombreux procédés industriels sont utilisés pour produire des carburéacteurs répondant à ces spécifications, en fonction des impuretés contenues dans le kérosène.

Parmi ces procédés figurent le procédé de lavage caustique, le procédé Merox sans caustique UOP, les procédés Merichem Napfining et MERICAT, l'hydrotraitement et les carburéacteurs renouvelables alternatifs.

Le processus de lavage caustique est limité aux raffineries qui produisent des fractions de kérosène qui répondent déjà aux spécifications internationales du carburéacteur, à l'exception de l'acidité totale.

Le processus consiste à retirer un kérosène secondaire de l'unité de distillation atmosphérique du brut, suivi d'un stripping, d'un refroidissement, d'un lavage caustique, d'un lavage à l'eau, d'un séchage du sel, d'une filtration de l'argile et d'une séparation finale de l'eau.

L'acidité totale est la seule spécification extractible par la soude caustique. D'autres spécifications telles que les aromatiques, le point de fumée, la teneur en soufre et le point de congélation ne sont pas extractibles par la soude caustique et ne sont donc pas affectées par le processus de lavage caustique. La teneur en eau est un paramètre important qui reflète la pureté du carburant. La teneur en eau, dans la phase dissoute uniquement, n'affecte pas les performances du carburant. Cependant, dans toute autre phase, l'eau pourrait participer à des incidents et accidents d'avion.

La teneur excessive en eau affecte directement la qualité du carburant et le fonctionnement normal de l'équipement de vol, mettant même gravement en danger la sécurité du vol.

De nombreuses améliorations ont été apportées pour améliorer les performances du lavage caustique. Le contacteur fibre-film utilise un contact non dispersif des phases caustiques et hydrocarbonées. Cela empêche la formation d'émulsion et minimise le transfert de caustique et d'eau. Le contacteur fournit une grande surface interfaciale qui augmente le taux de transfert de masse. La solution d'hydroxyde de sodium et d'éthanol a été utilisée comme réactif d'élimination de l'acide. Ce processus a été introduit pour résoudre le problème de la formation d'émulsion associée à l'hydroxyde de sodium aqueux.

Dans cette étude, une analyse des paramètres clés du processus de lavage caustique au kérosène a été réalisée pour améliorer la performance globale du processus de traitement (minimisation de la consommation de caustique, minimisation de la consommation d'eau de lavage et minimisation de l'eau résiduelle entraînée dans le produit traité). Les paramètres étudiés sont la concentration

caustique, le volume caustique, le nombre d'étapes de traitement, le type d'eau de lavage et le volume d'eau de lavage.

La réduction de l'acidité totale du kérósène répond aux spécifications du Jet A-1.

## **Méthodologie de traitement du kérósène**

Un litre de kérósène est mélangé à un volume calculé de solution caustique et agité pendant 5 min avec un mélangeur de laboratoire à 300 tr/min.

Le mélange est décanté pendant 30 min pour séparer (par gravité) la phase aqueuse de la phase kérósène « traitée ». La figure [1](#) illustre un organigramme des étapes globales de la présente étude.

- **Effet de la concentration caustique sur le processus de traitement**

Différentes concentrations caustiques ont été utilisées : 0,03 % en poids, 0,05 % en poids, 0,125 % en poids, 0,25 % en poids, 0,5 % en poids, 1 % en poids et 3 % en poids.

Le volume de la solution caustique dépend de la concentration caustique. À mesure que la concentration de soude caustique augmente, le volume stoechiométrique de la soude caustique diminue.

Un excès de caustique est ajouté pour assurer une réaction complète. Dans cette étape, un excès de caustique de 10 % (110 % de la théorie) est utilisé. L'effet d'un excès de caustique sera étudié plus loin.

- **Effet du volume caustique sur le processus de traitement**

L'échantillon de kérósène a été traité en utilisant la solution caustique avec une concentration de 0,5 % en poids et différents volumes excédentaires de caustique : 10 %, 100 %, 150 %, 200 % et 250 %. L'acidité totale du kérósène traité a ensuite été mesurée.

- **Effet du nombre d'étapes de traitement sur le processus de traitement.**

Un échantillon de kérósène a été traité avec une solution caustique à 1 % en poids en deux étapes (en utilisant 10 % de caustique en excès) pour étudier l'effet du nombre d'étapes de traitement sur l'efficacité du processus de traitement. L'acidité totale du kérósène traité a été mesurée et comparée aux résultats du procédé en une étape.

- **Effet du lavage à l'eau sur le processus de traitement**

Dans les installations industrielles, le lavage caustique est normalement suivi d'un lavage à l'eau pour éliminer toutes les gouttelettes de solution caustique entraînées qui s'échappent avec le kérósène traité et altèrent les systèmes en aval. Ici, un lavage caustique suivi d'un lavage à l'eau sera étudié.

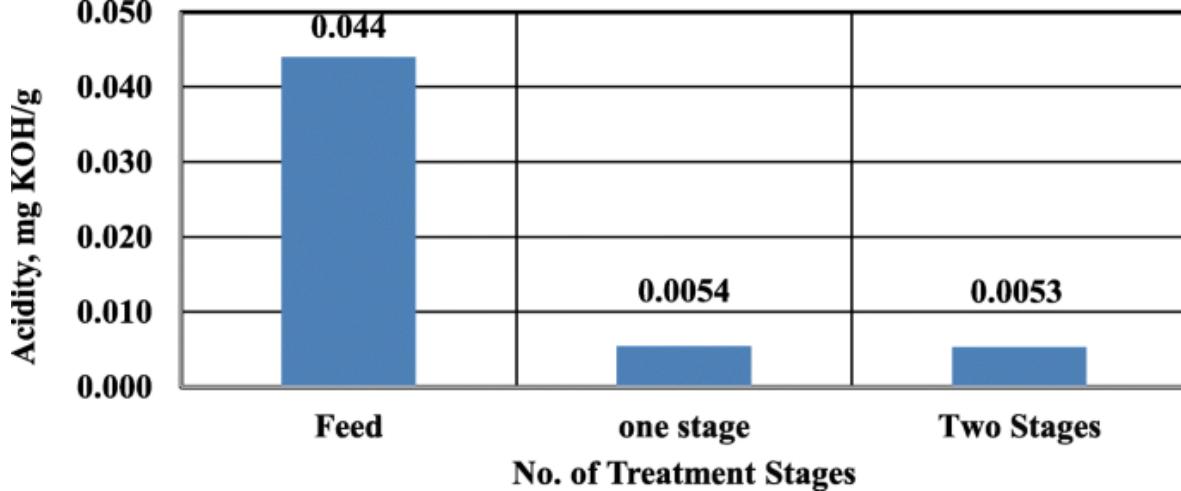
Deux types d'eau de lavage ont été utilisés : l'eau déminéralisée et l'eau douce alcaline.

- L'étape (1) de lavage caustique est réalisée conformément à la section 2.3 en utilisant la solution caustique avec une concentration de 1 % en poids et 10 % de caustique en excès.
- L'étape (2) de lavage à l'eau a été réalisée en utilisant un volume d'eau égal à 10 % de charge de kérósène (100 ml d'eau de lavage pour 1 litre de charge de kérósène).

Le kérósène lavé à la soude caustique (issu de l'étape 1) est lavé avec de l'eau en l'agitant avec un mélangeur de laboratoire à 300 tr/min pendant 5 min. Le mélange est laissé 30 min pour séparation de la phase aqueuse (par gravité) du kérósène « traité ». L'acidité totale et la teneur en eau du kérósène traité ont été mesurées et enregistrées.

- **Effet du nombre d'étapes de traitement sur le processus de traitement**

Comme indiqué, l'augmentation des étapes de traitement n'a aucun effet. Par conséquent, un processus en une seule étape suffit pour éliminer les acides.

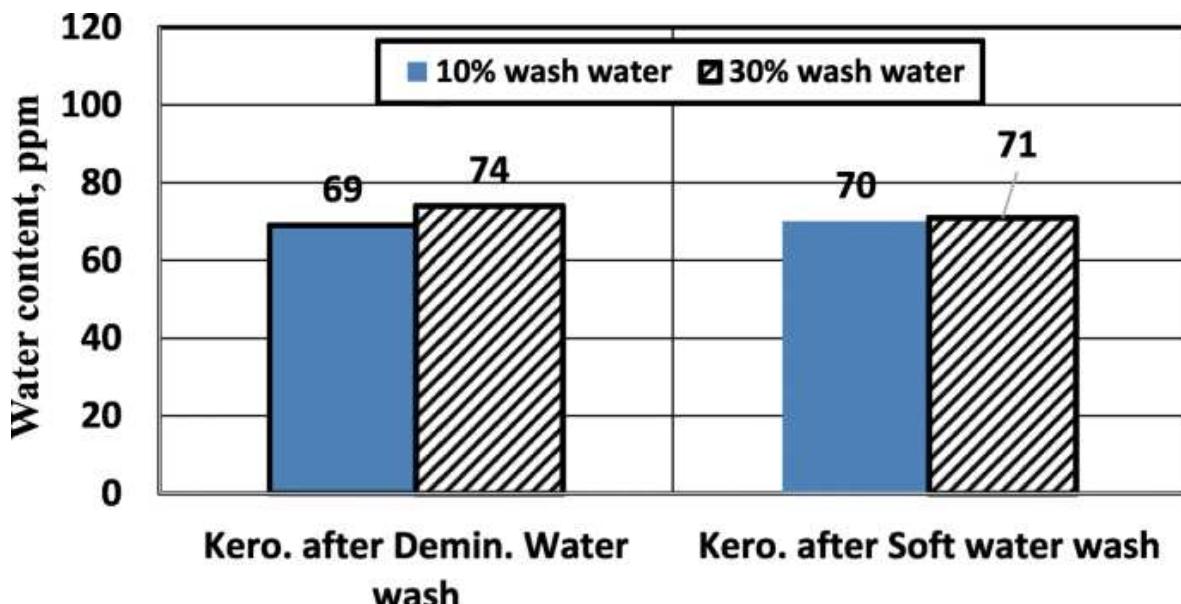


En revanche, l'utilisation d'eau douce alcaline (avec pH = 9,44) a un effet légèrement positif sur l'acidité du kérosène. L'augmentation du volume d'eau douce alcaline entraîne une légère diminution de l'acidité du kérosène traité.

Le comportement mentionné ci-dessus peut être interprété par l'effet du pH de l'eau de lavage. L'eau déminéralisée a un pH = 7 qui est inférieur au pH de l'eau douce (pH de l'eau douce = 9,44). À mesure que de l'eau déminéralisée est ajoutée, certains naphténates de sodium se transforment en acide naphténique par la réaction inverse (équation 1).

En revanche, l'eau douce alcaline contient une certaine alcalinité (alcalinité carbonatée, tableau 3) due à l'ajout d'une solution de chaux dans la station de traitement de l'eau. Les carbonates peuvent réagir avec les acides présents dans le kérosène et réduire l'acidité du kérosène. L'ajout d'un plus grand volume d'eau douce alcaline (avec un pH plus élevé) augmente la réaction directe de l'acide naphténique en naphténate de sodium, ce qui réduit l'acidité.

La figure 6 montre l'effet du lavage à l'eau sur la teneur en eau du kérosène traité. L'augmentation du volume d'eau de lavage n'a aucun effet notable sur la teneur en eau. Les deux types d'eau de lavage ont le même effet sur la teneur en eau. Pour l'échantillon de kérosène donné, le lavage du kérosène traité avec une solution caustique avec de l'eau douce alcaline (10 % de la charge de kérosène) est suffisant pour le traitement.



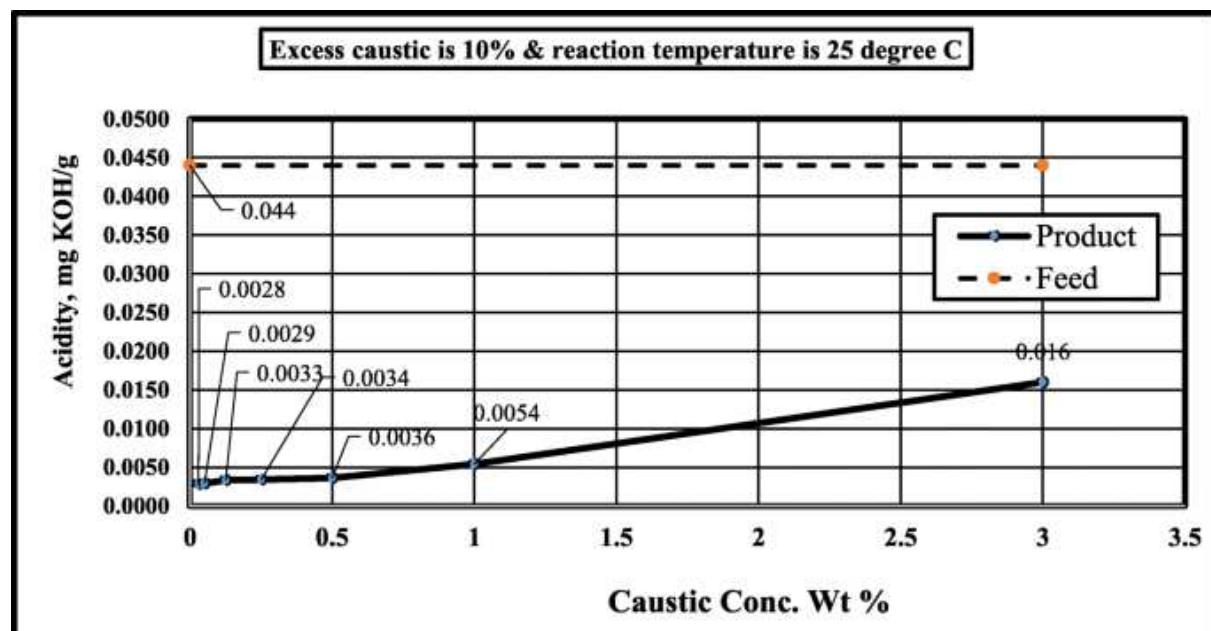
### Résultats et discussion

L'hydroxyde de sodium réagit facilement avec les acides naphténiques pour former du naphténate de sodium et de l'eau.

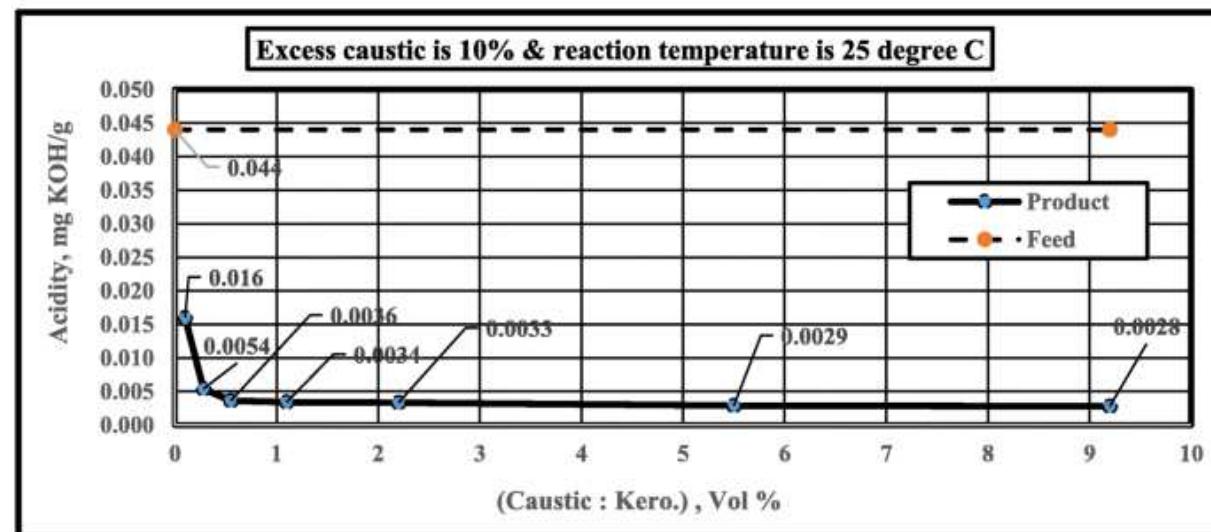
La réaction de l'hydroxyde de sodium avec les acides naphténiques est une réaction réversible. Cela signifie que les paramètres de fonctionnement doivent être ajustés pour maintenir la réaction dans le sens direct.

- **Effet de la concentration d'hydroxyde de sodium (caustique) sur le processus de traitement**

Les solutions caustiques diluées (avec un volume caustique plus élevé) ont plus d'effet que les solutions concentrées (avec un volume caustique moindre). La quantité de molécules NaOH est la même dans toutes les solutions (27,5 mg), mais la concentration et le volume sont différents.



a: Effect of caustic concentration on kerosene acidity



b: Effect of volume of caustic solution on kerosene acidity

À mesure que la concentration de soude caustique augmente, le volume stoechiométrique de

la soude caustique diminue. La réaction est plus favorable avec des solutions diluées qu'avec des solutions concentrées.

Ce comportement reflète le fait que la réaction entre l'hydroxyde de sodium et les acides naphténiques est une réaction chimique contrôlée par diffusion.

Le processus d'élimination des acides du kérósène dans un contacteur de flux ou un mélangeur à cuve agitée peut être divisé en deux étapes :

1. Diffusion des acides du kérósène (phase continue) à la surface des gouttelettes de la phase aqueuse de soude (phase dispersée).
2. Réaction des acides avec les alcalis dans les gouttelettes de la phase aqueuse et élimination des produits de réaction avec la phase aqueuse.

L'étape de diffusion est principalement contrôlée par la surface des gouttelettes. L'étape de réaction chimique dans les gouttelettes est principalement affectée par la concentration d'hydroxyde de sodium dans la phase aqueuse.

Dans la pratique industrielle, un petit volume de solution aqueuse de NaOH à haute concentration est utilisé (1 à 2 volumes de solution aqueuse pour 100 volumes de kérósène). Dans ce cas, la surface des gouttelettes est très petite, la vitesse de diffusion est faible (la résistance est élevée) et la vitesse de réaction chimique est élevée (la résistance est faible). Ainsi, le processus global est contrôlé par la diffusion.

Si le volume de la phase aqueuse est augmenté en ajoutant uniquement de l'eau, la surface spécifique de la phase dispersée augmente, tandis que la concentration d'hydroxyde de sodium diminue. Cela signifie que la résistance de l'étape de diffusion diminue, tandis que la résistance de la réaction augmente mais que l'étape de diffusion reste contrôlée. Ce comportement se poursuit avec la dilution de la solution de NaOH et le processus global d'élimination de l'acide du kérósène est amélioré. À un moment donné (point de fonctionnement optimal), l'effet de l'étape de réaction chimique devient appréciable.

Dans notre étude, le point d'efficacité maximale se situe à 5,5 volumes de solution aqueuse pour 100 volumes de kérósène (en utilisant 110 % de la quantité théorique de NaOH) et l'efficacité est de 91,8 %.

Dans les opérations de raffinage réelles, en utilisant moins de volume de solution aqueuse avec une concentration élevée de NaOH (3 % en poids), l'efficacité est de 63,6 %.

Pour l'échantillon de kérósène donné, la concentration caustique optimale est de 0,5 % en poids et l'utilisation de solutions caustiques inférieures à 0,5 % en poids a un effet négligeable sur l'acidité du produit.

Dans les applications techniques, les solutions caustiques contenant 1 à 3 % en poids sont courantes en fonction de l'acidité de l'alimentation en kérósène.

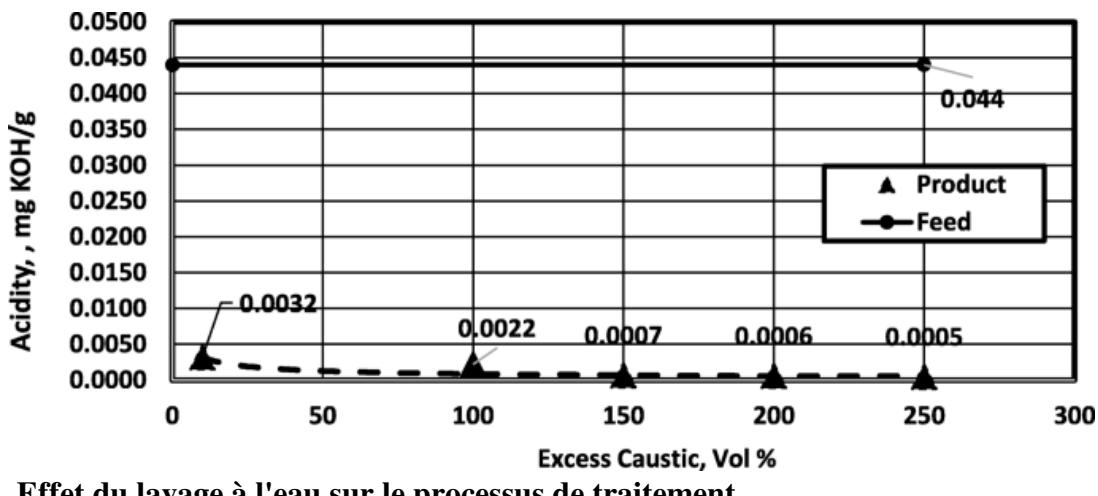
- **Calcul de la quantité de NaOH et impact financier des solutions diluées**

Le procédé de lavage caustique conventionnel est un procédé économiquement intéressant, car il ne nécessite aucun catalyseur.

- **Effet d'un volume caustique excessif sur le processus de traitement**

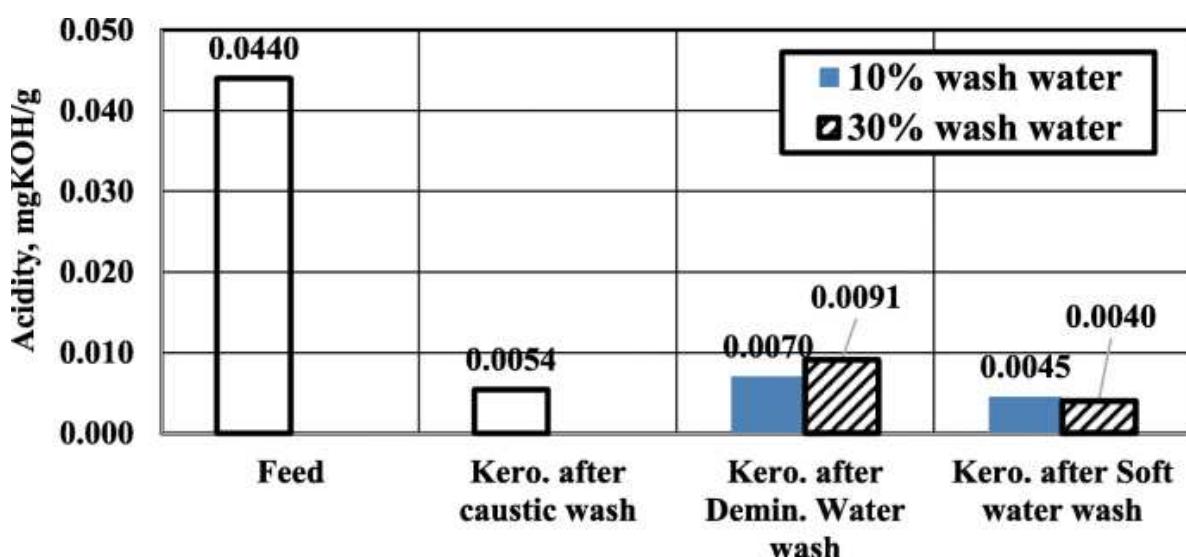
Comme indiqué, l'utilisation d'un excès de solution caustique a un léger effet sur l'acidité. Pour l'échantillon de kérósène donné, un excès de caustique de 10 % est suffisant pour le traitement.

Il n'est pas économique d'utiliser un excès très important de solution caustique avec un effet mineur sur l'acidité. Si nous essayions d'utiliser moins de 10 % de solution caustique en excès, une acidité du produit plus élevée apparaîtrait (efficacité du processus inférieure).



Le lavage du kérósène traité avec de l'eau a un léger effet sur l'acidité. L'utilisation d'eau déminéralisée (avec pH = 7) a un effet légèrement néfaste sur l'acidité du kérósène.

L'augmentation du volume d'eau déminéralisée (par rapport au volume d'alimentation en kérósène) entraîne une légère augmentation de l'acidité du kérósène traité.



## Conclusions

- 1. Deux étapes principales interviennent dans la réaction entre la soude et les acides naphténiques : Étape de diffusion des acides à la surface de gouttelettes de soude ; et étape de réaction des acides avec des alcalis à l'intérieur des gouttelettes et élimination des produits de réaction avec la phase aqueuse.
- 2. Les résultats ont révélé que les solutions caustiques diluées sont meilleures que les solutions concentrées. Ainsi, la réaction entre l'hydroxyde de sodium et les acides naphténiques est une réaction chimique contrôlée par diffusion ; à mesure que le volume de la phase aqueuse augmente par dilution, la surface spécifique de la phase dispersée augmente et la résistance à l'étape de diffusion diminue, la vitesse globale de la réaction chimique augmente.
- 3. Pour l'échantillon de kérósène donné, la concentration caustique optimale est de 0,5 % en poids. Le volume de solution caustique est de 0,55 % (en volume) de la charge de kérósène.

- 4. Pour l'échantillon de kérosène donné, l'économie de consommation de soude caustique avec des solutions caustiques diluées d'une concentration de 0,5 % en poids est de 30,7 % par rapport à des solutions caustiques de 3 % en poids.
- 5. L'utilisation d'un excès de solution caustique a un léger effet sur l'acidité du kérosène. Pour l'échantillon de kérosène donné, un excès de caustique de 10 % (110 % de la valeur théorique) est suffisant.
- 6. Effectuer le processus de traitement caustique en une seule étape est suffisant et le processus en deux étapes n'a aucun effet sur l'acidité.
- 7. Le lavage du kérosène traité avec de l'eau déminéralisée (pH = 7) a un léger effet néfaste sur l'acidité du kérosène. L'augmentation du volume d'eau déminéralisée entraîne une légère augmentation de l'acidité du kérosène traité. L'eau de lavage doit être légèrement alcaline (pH 7,5 à 8) pour éviter la réaction inverse des naphténates de sodium en acide naphténique.
- 8. L'augmentation du volume d'eau de lavage n'a aucun effet notable sur la teneur en eau du kérosène traité. Pour l'échantillon de kérosène donné, le lavage du kérosène traité avec une solution caustique avec de l'eau douce alcaline (10 % de la charge de kérosène) est suffisant pour le traitement. Les deux types d'eau de lavage ont le même effet sur la teneur en eau.

**La phase alcaline du procédé PTC System respecte toutes ces conditions**

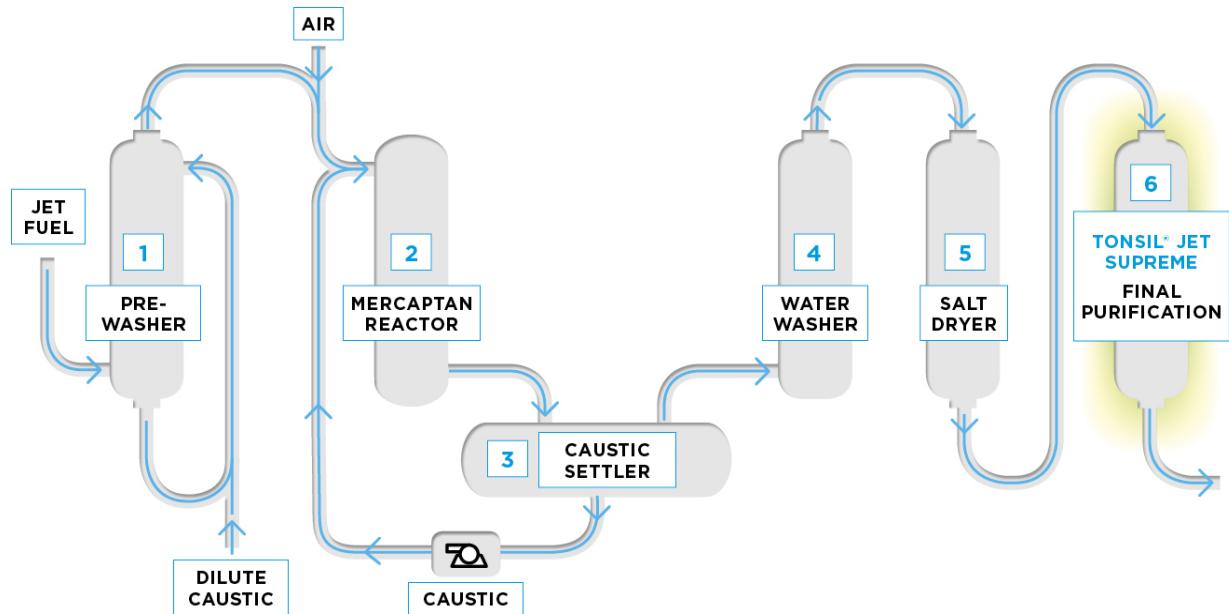
## ETUDE DU TRAITEMENT A L'ARGILE

### Pour éliminer les impuretés indésirables du kérosène

Le transport aérien devrait continuer à gagner en popularité aujourd'hui et dans les années à venir. Les raffineries qui produisent du carburateur et du kérosène aux coûts les plus avantageux et avec la meilleure qualité seront en pole position pour approvisionner ce marché mondial attractif. Mais les carburateurs doivent répondre à des spécifications internationales très strictes car ils sont utilisés par des compagnies aériennes du monde entier. Le carburateur de qualité commerciale est une qualité de kérosène spécialement traitée, qui peut être un produit direct ou un produit craqué provenant du craqueur catalytique fluide (FCC) et est introduit dans un processus de traitement humide selon le procédé Merox ou Merichem.

Les produits de traitement à l'argile de Clariant Tonsil® Jet Supreme P, Tonsil® Jet Supreme 30/60 et Tonsil® Jet Supreme 16/30 jouent un rôle central dans la dernière étape du processus : la purification fine. Ici nos produits éliminent les traces d'eau, les tensioactifs, les particules solides et stabilisent la couleur. Les produits traditionnels sont utilisés pour des services standards, mais souffrent d'une capacité d'adsorption relativement faible et d'une durée de vie courte. La série Tonsil® Jet Supreme est basée sur une surface et un volume de pores élevés et offre non seulement des capacités d'adsorption hautes performances, des opérations très stables et des cycles nettement plus longs, mais garantit également des capacités de décoloration exceptionnelles.

### SCHÉMA DE PROCÉDÉ DE L'UNITÉ DE TRAITEMENT DE CARBURÉACTEUR DANS LE PROCÉDÉ MEROX/MERICHEM



**1 PRE-WASHER**  
removes naphthenic acid with diluted caustic soda

**2 MERCAPTAN REACTOR**  
R-SH (mercaptan) is removed by means of caustic soda (R = carbon residue)

**3 CAUSTIC SETTLER**  
Separates caustic soda from jet fuel

**4 WATER WASHER**  
Further purification of jet fuel from caustic soda with water

**5 SALT DRYER**  
Removal of residual water from jet fuel

**6 CLARIANT FINAL CLAY PURIFICATION**  
Details see below

### Le procédé PTC System entre parfaitement sans modification dans cette configuration

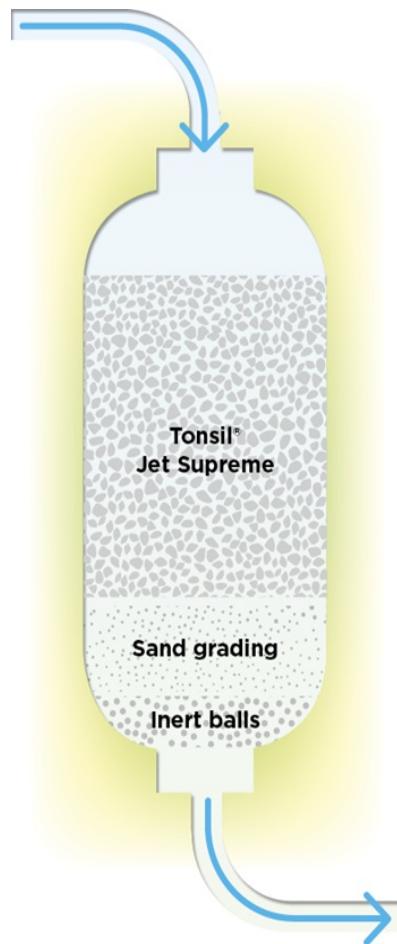
LA FILTRATION A L'ARGILE DANS LES PROCÉDÉS MEROX/MERICHEM DOIT REMPLIR DE MULTIPLES OBLIGATIONS

L'eau et les impuretés présentes dans le système de carburant d'un avion présentent des dangers bien connus. En tant que dernière étape essentielle du processus de traitement du carburéacteur, la filtration de l'argile sert de nettoyage final pour garantir un carburant propre et sec.

- Séparation des eaux résiduelles
- Adsorption des sels
- Élimination des particules solides
- Adsorption des tensioactifs
- Stabilisation de la couleur

Les **adsorbants neutres Tonsil® Jet Supreme 30/60 et 16/30** sont des minéraux d'attapulgite granulés à faible humidité avec une durée de vie considérablement plus longue et conçus pour éliminer les tensioactifs, les métaux, les traces d'eau ainsi que les impuretés insolubles.

**Tonsil® Jet Supreme P** est conçu pour éliminer les mêmes composés, mais de manière encore plus efficace, avec une durée de vie nettement plus longue et la capacité supplémentaire d'éliminer la couleur.



Tous les produits TONSIL® JET SUPREME répondent aux spécifications essentielles du carburateur :

- **JFTOT** (Jet Fuel Thermal Oxydation Tester) : A été désigné comme méthode de test de spécification pour mesurer la stabilité thermique des turbines d'aviation des carburants commerciaux.
- **WSIM/MSEP** (indice de séparation de l'eau modifié) : le test de réaction avec l'eau est le plus souvent spécifié pour le Jet A commercial comme moyen de contrôler les matériaux facilement extractibles par l'eau ou ayant tendance à absorber de l'eau tels que les tensioactifs. Le test comprend deux parties : une évaluation de séparation et une évaluation d'interface.

## **PTC SYSTEM ET LA DESULFURATION**

### **1.- Introduction à la désulfuration**

La désulfuration est un processus crucial dans le raffinage du pétrole brut, et il est essentiel d'éliminer les impuretés telles que le soufre de l'huile pour produire des carburants de haute qualité qui répondent aux normes réglementaires. Le processus de désulfuration a été développé au fil des ans en raison de l'augmentation des préoccupations environnementales et de la nécessité de produire des carburants plus propres et plus efficaces. Le soufre est un polluant important qui contribue aux pluies acides, et son retrait de l'huile brute est nécessaire pour réduire la pollution de l'environnement.

La désulfuration est également importante pour le fonctionnement fluide du processus de raffinage et la production de produits à combustible de haute qualité.

Voici quelques informations approfondies sur la désulfuration:

La désulfuration est le processus d'élimination du soufre de divers carburants, y compris du pétrole brut, du gaz naturel et du charbon. Les composés de soufre dans le pétrole brut peuvent endommager l'équipement de raffinage, et s'ils sont libérés dans l'atmosphère, ils peuvent contribuer à la pollution de l'environnement.

1. La méthode la plus courante de désulfuration utilisée dans l'industrie du raffinage est l'hydrodésulfuration (HDS). Le HDS est un processus dans lequel le pétrole brut est mélangé avec de l'hydrogène gazeux et passé sur un catalyseur pour éliminer les impuretés de soufre. Le catalyseur utilisé dans le HDS est généralement fait de cobalt ou de molybdène, et il est utilisé pour briser les composés de soufre dans l'huile brute en gaz de sulfure d'hydrogène, qui peut être facilement éliminé.
2. Une autre méthode de désulfuration utilisée dans l'industrie du raffinage est la désulfuration oxydative (OD). L'ODS est une méthode dans laquelle les composés de soufre sont oxydés à l'aide d'un agent oxydant, comme le peroxyde d'hydrogène ou l'ozone. Les composés de soufre oxydés sont ensuite retirés de l'huile brute par extraction de solvant ou distillation.
3. L'efficacité de la désulfuration dépend du type et de la concentration des composés soufrés présents dans le pétrole brut. Par exemple, les thiols et les mercaptans sont plus faciles à éliminer que les sulfures et les thiophènes, qui sont plus difficiles à éliminer.
4. La désulfuration est cruciale pour respecter les normes réglementaires pour la teneur en soufre dans les carburants. L'Union européenne, par exemple, a établi une teneur en soufre maximale de 10 ppm (parties par million) pour les carburants à l'essence et au diesel.
5. La désulfuration est également essentielle pour la production de carburants de haute qualité. Les composés de soufre peuvent réduire l'efficacité de la combustion du carburant, entraînant une augmentation des émissions et une réduction de l'économie de carburant. L'élimination du soufre des carburants peut améliorer les performances du moteur et réduire les émissions.

La désulfuration est un processus critique dans le raffinage du pétrole brut qui est nécessaire pour produire des carburants de haute qualité qui répondent aux normes réglementaires et réduisent la pollution de l'environnement. Le processus de désulfuration a évolué au fil des ans, et différentes méthodes ont été développées pour éliminer les impuretés de soufre du pétrole brut. Le choix de la méthode de désulfuration dépend du type et de la concentration des composés de soufre présents dans l'huile brute et de la teneur en soufre souhaitée dans le produit final.

## 2. L'importance de l'élimination du soufre du pétrole

Le soufre est un élément naturel trouvé dans le pétrole brut. Cependant, lorsqu'il est brûlé, il produit des émissions de dioxyde de soufre nocives qui peuvent provoquer de graves problèmes de santé et environnementaux. C'est pourquoi il est important de retirer le soufre du pétrole avant d'être utilisé comme carburant. La désulfuration est le processus d'élimination du soufre du pétrole brut, et il joue un rôle crucial dans l'industrie du raffinage du pétrole.

Enfin, le retrait du soufre du pétrole est important pour la conformité réglementaire. De nombreux pays ont des réglementations en place qui limitent la quantité de soufre qui peut être présente dans les carburants. En éliminant le soufre du pétrole, les raffineries de pétrole peuvent s'assurer que leurs produits respectent ces réglementations et évitent les amendes et les pénalités.

Voici quelques façons dont le soufre peut être retiré du pétrole:

1. Hydrodésulfuration: Il s'agit de la méthode de désulfuration la plus courante utilisée dans l'industrie du raffinage d'huile. Il s'agit de l'utilisation d'hydrogène gazeux et d'un catalyseur pour éliminer le soufre du pétrole brut. Le processus est très efficace et peut éliminer jusqu'à 99% du soufre du pétrole.
2. Adsorption: Cette méthode implique l'utilisation de matériaux tels que le carbone activé ou les zéolites pour adsorber les composés de soufre de l'huile brute. Le matériau adsorbant est ensuite régénéré pour éliminer le soufre, et le processus est répété.
3. Désulfuration biologique: Il s'agit d'une méthode de désulfuration plus récente qui utilise des micro-organismes pour éliminer le soufre du pétrole brut. Le processus est toujours au

stade expérimental, mais il a le potentiel d'être une méthode de désulfuration plus respectueuse de l'environnement et rentable.

L'élimination du soufre du pétrole est un processus important qui aide à réduire la pollution de l'air, à améliorer la qualité du carburant et à assurer la conformité réglementaire. Il existe plusieurs méthodes de désulfuration disponibles, chacune avec ses propres avantages et inconvénients. En continuant à rechercher et à développer de nouvelles méthodes de désulfuration, nous pouvons nous assurer que nous sommes en mesure de répondre à nos besoins énergétiques tout en minimisant l'impact sur l'environnement.

### **3. Techniques de désulfuration dans les raffineries de pétrole**

Les impuretés de soufre dans le pétrole brut sont une préoccupation majeure pour les raffineries de pétrole. Ces impuretés ne sont pas souhaitables pour plusieurs raisons, notamment des préoccupations environnementales et des effets négatifs sur l'équipement de la raffinerie. Par conséquent, les techniques de désulfuration jouent un rôle vital dans l'élimination du soufre du pétrole brut. Il existe plusieurs techniques utilisées dans les raffineries d'huile pour éliminer le soufre, chacune avec ses propres avantages et inconvénients. Certaines de ces techniques incluent l'hydrosulfuration, la désulfuration oxydative et la biodesulfuration.

1. L'hydrosulfuration (HDS) est la technique la plus courante utilisée dans les raffineries d'huile pour éliminer le soufre. Le processus consiste à passer le pétrole brut à travers un réacteur où il est mélangé avec de l'hydrogène et un catalyseur. Le catalyseur réagit avec les composés de soufre, les convertissant en sulfure d'hydrogène, qui est ensuite séparé de l'huile. L'avantage du HDS est qu'il peut éliminer jusqu'à 99% du soufre du pétrole brut. Cependant, le processus nécessite des températures et des pressions élevées, ce qui le rend à forte intensité d'énergie.
2. La désulfuration oxydative (OD) est une technique plus récente qui a gagné en popularité ces dernières années. Le processus consiste à ajouter un agent oxydant à l'huile brute, qui réagit avec les composés de soufre, les convertissant en sulfones. Les sulfones sont ensuite retirés de l'huile à l'aide d'un processus d'extraction de solvant. L'avantage des OD est qu'il peut éliminer le soufre du pétrole brut à des températures et des pressions plus basses que le HDS. Cependant, le processus nécessite l'utilisation de produits chimiques dangereux, ce qui le rend moins respectueux de l'environnement.
3. La biodesulfuration (BDS) est une technique qui utilise des micro-organismes pour éliminer le soufre du pétrole brut. Les micro-organismes décomposent les composés de soufre, les convertissant en substances non toxiques. L'avantage du BDS est qu'il s'agit d'un processus naturel et respectueux de l'environnement. Cependant, le processus est lent et pas aussi efficace que le HDS ou les OD.

Les techniques de désulfuration sont essentielles pour éliminer les impuretés de soufre du pétrole brut. Chaque technique a ses propres avantages et inconvénients, et les raffineries de pétrole doivent choisir la technique qui répond le mieux à ses besoins.

Avec la demande croissante d'énergie plus propre et plus respectueuse de l'environnement, le développement de techniques de désulfuration nouvelles et améliorées continuera d'être un domaine de recherche important.

### **4. Processus d'hydrosulfuration (HDS)**

L'hydrosulfuration (HDS) est un processus catalytique qui est couramment utilisé pour éliminer les composés de soufre de l'huile brute et d'autres produits pétroliers. Le soufre est un élément naturel trouvé dans les combustibles fossiles, et lorsqu'il est brûlé, il peut libérer des polluants nocifs dans l'air, comme le dioxyde de soufre. Cela fait du processus HDS une étape essentielle du processus de raffinage, car il contribute à réduire l'impact environnemental des produits pétroliers. Le processus HDS implique l'utilisation d'hydrogène gazeux et un catalyseur pour briser les liaisons chimiques dans

les composés de soufre, les convertissant en sulfure d'hydrogène, un composé qui peut être facilement éliminé.

Voici quelques aspects clés du processus HDS:

1. **Catalyseurs:** Le processus HDS nécessite l'utilisation d'un catalyseur, généralement fabriqué à partir de métaux tels que le molybdène ou le cobalt. Le catalyseur est utilisé pour accélérer les réactions chimiques impliquées dans la rupture des composés de soufre. Le choix du catalyseur peut avoir un impact significatif sur l'efficacité du processus, ainsi que sur le coût.
2. **Température et pression:** le processus HDS est généralement effectué à des températures et des pressions élevées, ce qui peut varier en fonction des matières premières spécifiques traitées. La température élevée et la pression aident à garantir que les composés de soufre sont complètement décomposés, maximisant l'efficacité du processus.
3. Le processus HDS est utilisé pour traiter une large gamme de matières premières, y compris le pétrole brut, le carburant diesel et l'essence. Différentes matières premières peuvent avoir différents niveaux et types de composés de soufre, ce qui peut affecter l'efficacité du processus HDS. Par exemple, le pétrole brut de différentes régions peut avoir différents niveaux de soufre, ce qui peut avoir un impact sur le choix des conditions de catalyseur et de processus.
4. **Impact environnemental:** Le processus HDS est une étape importante pour réduire l'impact environnemental des produits pétroliers. En éliminant les composés de soufre, la quantité de polluants nocifs libérés dans l'air pendant la combustion est réduite. Cela peut aider à améliorer la qualité de l'air et à réduire le risque de problèmes respiratoires chez l'homme et les animaux.

En résumé, le processus HDS est une étape essentielle du processus de raffinage, aidant à éliminer les composés de soufre du pétrole brut et d'autres produits pétroliers. En utilisant un catalyseur et une température et une pression élevées, le processus HDS peut décomposer les composés de soufre, réduisant l'impact environnemental de ces produits.

## 5. Processus de désulfuration catalytique (CDS)

Le processus de désulfuration catalytique (CDS) est une technologie clé de l'industrie du raffinage d'huile, qui aide à éliminer les impuretés contenant du soufre de l'huile brute, des matières premières et d'autres produits de pétrole. Le soufre est un élément naturel du pétrole brut et de ses dérivés, ce qui peut provoquer la pollution de l'environnement, la corrosion de l'équipement et les risques pour la santé lorsqu'ils sont libérés dans l'atmosphère. En tant que tel, le processus CDS est devenu une étape critique dans le processus de raffinage, pour répondre aux exigences réglementaires de plus en plus strictes et pour produire des carburants plus propres qui respectent les normes mondiales d'émission. Le processus CDS implique l'utilisation de catalyseurs, qui sont des substances qui favorisent les réactions chimiques sans être elles-mêmes consommées. Les catalyseurs utilisés dans le processus CDS sont généralement des métaux de transition tels que le cobalt, le nickel, le molybdène ou le tungstène, qui sont pris en charge sur un matériau à haute surface tel que l'alumine, la silice ou la zéolite. Les catalyseurs fonctionnent en favorisant la réaction entre les composés contenant du soufre et l'hydrogène gazeux, dans un environnement à haute température, à haute pression et à haut hydrogène. La réaction convertit les composés de soufre en sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), qui peuvent être facilement éliminés en frottant avec une solution alcaline.

Voici quelques caractéristiques clés du processus CDS:

- Le processus CDS peut éliminer jusqu'à 99,9% de la teneur en soufre dans le pétrole brut et d'autres produits de pétrole, selon le type de catalyseur utilisé, les conditions de fonctionnement et la qualité des matières premières.
- Le processus CDS peut être appliqué à différents types de composés contenant du soufre, tels que les thiols, les sulfures, les disulfures et les thiophènes, qui ont une réactivité et une sélectivité différentes envers les catalyseurs.
- Le processus CDS peut être intégré à d'autres processus de raffinage, tels que l'hydrocraquage et l'isomérisation, pour produire une large gamme de carburants propres et de pétrochimiques.

- Le processus CDS peut aider à réduire l'émission d'oxydes de soufre ( $\text{SO}_x$ ) et d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) à partir de la combustion de carburants, qui contribuent principaux aux maladies acides, au smog et aux maladies respiratoires.
- Le processus CDS peut être optimisé pour minimiser la consommation d'énergie, de catalyseurs et d'hydrogène, et pour maximiser le rendement de produits précieux, tels que l'essence, le diesel, le carburant à jet et les lubrifiants.

Par exemple, une étude récente a montré que l'utilisation d'un catalyseur de nickel-molybdène soutenu sur un matériau de silice mésoporeux peut obtenir une efficacité de désulfuration élevée, une faible consommation d'hydrogène et un rendement élevé en essence, dans un procédé CDS à étape. Cela indique le potentiel du processus CDS pour améliorer la durabilité et la compétitivité de l'industrie du raffinage d'huile, en réduisant l'impact environnemental et en améliorant la qualité du produit.

## 6. Processus de désulfuration adsorptif (ADS)

En ce qui concerne le raffinage du pétrole, l'un des principaux défis est d'éliminer les impuretés, y compris le soufre. Le soufre est une impureté courante trouvée dans le pétrole brut, et elle doit être enlevée avant que l'huile puisse être utilisée pour diverses applications. La désulfuration adsorptive (ADS) est un processus qui est devenu de plus en plus populaire ces dernières années en raison de son efficacité dans l'élimination du soufre du pétrole brut.

Le processus ADS est un processus qui implique l'utilisation d'adsorbants solides pour éliminer le soufre du pétrole brut. Le processus fonctionne en adsorbant sélectivement les composés de soufre de l'huile sur la surface de l'adsorbant. L'adsorbant est ensuite régénéré pour éliminer les composés de soufre, et le processus est répété.

Voici quelques points clés sur le processus ADS :

- Il est très sélectif: le processus ADS est très sélectif, ce qui signifie qu'il peut cibler des composés de soufre spécifiques dans l'huile brute. Ceci est important car différents composés de soufre ont des propriétés différentes, et ils peuvent avoir des impacts différents sur l'environnement.
- Il est rentable: le processus ADS est rentable par rapport à d'autres processus de désulfuration. En effet, les adsorbants solides utilisés dans le processus sont réutilisables, ce qui signifie qu'ils peuvent être régénérés et utilisés à nouveau.
- Il est respectueux de l'environnement: le processus ADS est respectueux de l'environnement car il ne produit pas de sous-produits dangereux. En effet, les composés de soufre adsorbés sur l'adsorbant sont supprimés pendant le processus de régénération.
- Il peut être utilisé en combinaison avec d'autres processus: le processus ADS peut être utilisé en combinaison avec d'autres processus de désulfuration pour atteindre des niveaux encore plus élevés d'élimination du soufre. Par exemple, il peut être utilisé en combinaison avec une hydrodésulfuration (HDS) pour éliminer les composés de soufre qui sont difficiles à éliminer en utilisant le HDS seul.

Dans l'ensemble, le processus ADS est un moyen très efficace et rentable d'éliminer le soufre du pétrole brut. Il est également respectueux de l'environnement et peut être utilisé en combinaison avec d'autres processus de désulfuration pour atteindre des niveaux encore plus élevés d'élimination du soufre.

## 7. Comparaison des techniques de désulfuration

La désulfuration est un processus crucial dans le raffinage du pétrole brut qui aide à éliminer les impuretés de soufre, ce qui peut être nocif pour l'environnement et la santé humaine. Il existe plusieurs techniques disponibles pour la désulfuration, chacune avec ses propres avantages et inconvénients. Le choix de la méthode dépend de divers facteurs tels que la teneur en soufre du pétrole brut, le niveau de désulfuration souhaité et le coût du processus. Dans cette section, nous comparerons certaines des

techniques de désulfuration les plus couramment utilisées :

1. **Hydrodésulfuration (HDS):** Il s'agit de la technique la plus utilisée pour la désulfuration dans l'industrie du pétrole. Il s'agit de réagir le pétrole brut avec de l'hydrogène gazeux à haute température et une pression en présence d'un catalyseur, qui convertit les composés de soufre en sulfure d'hydrogène. Le sulfure d'hydrogène est ensuite séparé de l'huile et l'huile subit un traitement ultérieur. Le HDS est très efficace pour éliminer le soufre du pétrole brut, et il peut atteindre des niveaux de désulfuration aussi bas que 10 ppm. Cependant, il s'agit également d'un processus coûteux et nécessite de grandes quantités d'hydrogène gazeux.
2. **Désulfuration oxydative (OD):** Cette technique utilise un agent oxydant tel que le peroxyde d'hydrogène ou l'ozone pour convertir les composés de soufre dans l'huile brute en sulfones ou sulfoxydes, qui sont ensuite facilement éliminés de l'huile. L'ODS est un processus plus rentable que le HDS, et il peut atteindre des niveaux de désulfuration aussi bas que 50 ppm. Cependant, il nécessite des temps de réaction plus longs et des températures plus élevées que le HDS, et il peut également produire plus de déchets.
3. **Adsorption:** Cette technique consiste à utiliser un matériau solide tel que le carbone activé ou la zéolite pour adsorber les composés de soufre de l'huile brute. Le matériau adsorbant est ensuite régénéré en le chauffant ou en le lavant avec un solvant, et les composés de soufre sont récupérés. L'adsorption est un processus relativement simple et peu coûteux, et il peut être utilisé pour atteindre des niveaux de désulfuration aussi bas que 100 ppm. Cependant, il n'est pas aussi efficace que le HDS ou les OD, et il nécessite un remplacement ou une régénération fréquente du matériau adsorbant.

Le choix de la technique de la désulfuration dépend de divers facteurs tels que le niveau de désulfuration souhaité, la teneur en soufre du pétrole brut et le coût du processus. Chaque technique présente ses propres avantages et inconvénients, et l'industrie du pétrole utilise souvent une combinaison de techniques pour atteindre le niveau de désulfuration souhaité.

## 8. Les défis rencontrés dans la désulfuration

La désulfuration est un processus crucial dans le raffinage du pétrole brut. Le processus de désulfuration vise à éliminer les composés de soufre du pétrole brut, ce qui réduit à son tour l'émission de gaz nocifs dans l'atmosphère. Cependant, la désulfuration n'est pas un processus facile, et il est livré avec plusieurs défis. Ces défis peuvent aller des difficultés techniques aux préoccupations environnementales.

1. **Coûts élevés:** L'un des principaux défis rencontrés dans la désulfuration est le coût élevé du processus. Le processus nécessite l'utilisation d'équipements et de matériaux coûteux, ce qui peut le rendre coûteux à mettre en œuvre. Par exemple, l'utilisation de catalyseurs tels que le cobalt-molybdène peut augmenter considérablement le coût de la désulfuration.
2. **Corrosion:** Un autre défi associé à la désulfuration est le potentiel de corrosion. Le processus implique l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être corrosifs pour l'équipement utilisé dans le processus. La corrosion peut entraîner une défaillance de l'équipement, ce qui peut être dangereux et coûteux à réparer.
3. **Efficacité énergétique plus faible:** la désulfuration peut également entraîner une baisse de l'efficacité énergétique dans le processus de raffinage. Le processus nécessite une quantité importante d'énergie, ce qui peut augmenter la consommation d'énergie globale dans la raffinerie. Cette consommation d'énergie accrue peut entraîner des coûts plus élevés et des préoccupations environnementales.
4. **Impact environnemental:** la désulfuration peut également avoir un impact négatif sur l'environnement. Le processus peut produire des déchets nocifs pour l'environnement s'ils ne sont pas éliminés correctement. Par exemple, les catalyseurs usés utilisés dans le processus peuvent contenir des métaux lourds qui peuvent être nocifs pour l'environnement s'ils ne sont pas éliminés correctement.
5. **Difficultés techniques:** Enfin, la désulfuration peut être un processus techniquement difficile. Le processus nécessite un contrôle précis de la température, de la pression et d'autres variables

pour assurer le résultat souhaité. Les difficultés techniques peuvent entraîner des inefficacités et une augmentation des coûts.

La désulfuration est un processus vital dans le raffinage du pétrole brut. Cependant, il est livré avec plusieurs défis qui doivent être relevés. Ces défis vont des difficultés techniques aux préoccupations environnementales. Il est important de trouver des moyens de surmonter ces défis pour s'assurer que le processus de désulfuration est efficace, rentable et respectueux de l'environnement.

## 9. La technique innovante avec PTC System

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles le retrait du soufre du pétrole est important.

D'abord et avant tout, il aide à réduire la pollution de l'air par l'H<sub>2</sub>S, les mercaptans et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) par destruction de ces derniers.

Les émissions de dioxyde de soufre peuvent provoquer des pluies acides, ce qui peut nuire aux plantes et aux animaux, endommager les bâtiments et les infrastructures et avoir un impact sur la santé humaine.

En éliminant le soufre du pétrole et des produits pétroliers en général nous pouvons réduire la quantité d'émissions de dioxyde de soufre qui sont libérées dans l'atmosphère.

Deuxièmement, l'élimination du soufre du pétrole peut aider à améliorer la qualité du carburant.

Le soufre peut corroder les moteurs et réduire l'efficacité de la combustion du carburant, ce qui peut entraîner une augmentation de la consommation de carburant et des émissions plus élevées.

En éliminant le soufre du pétrole, nous pouvons améliorer les performances des moteurs et réduire l'impact environnemental de la combustion de combustibles fossiles.

**Le procédé PTC System peut s'intégrer parfaitement avant ou après, voire remplacer, n'importe quel stade du raffinage de pétrole en remplacement des techniques usuelles ci-dessus décrites.**

## 10. Conclusion et portée future de la recherche de désulfuration

La recherche sur la désulfuration a parcouru un long chemin au fil des ans et nous avons fait des progrès significatifs dans l'élimination des impuretés des raffineries de pétrole. Avec la demande toujours croissante de carburants plus propres, il est essentiel de poursuivre cette recherche pour trouver de nouvelles façons innovantes de dé sulfuriser le pétrole brut.

PTC System est de fait une solution innovante, simple et financièrement compétitive.

L'avenir de la recherche sur la désulfuration est prometteur, et il y a beaucoup d'intérêt et d'investissement dans ce domaine. Dans cette section, nous discuterons de la portée future de la recherche sur la désulfuration, y compris les défis et les opportunités qui nous attendent :

1. Développements de la technologie des catalyseurs: la technologie des catalyseurs a été un domaine crucial de recherche en désulfuration. Les progrès dans ce domaine ont conduit au développement de nouveaux catalyseurs qui sont plus efficaces pour éliminer le soufre du pétrole brut. La recherche est en cours pour développer des catalyseurs plus sélectifs et peut être utilisée dans des conditions plus sévères.
2. Utilisation de méthodes biologiques: les méthodes biologiques sont un autre domaine de recherche qui attire l'attention dans le domaine de la désulfuration. Les chercheurs explorent l'utilisation de micro-organismes pour éliminer le soufre du pétrole brut. Ces micro-organismes peuvent décomposer les composés de soufre en pétrole brut en sous-produits inoffensifs.
3. L'intégration de différentes technologies: l'intégration de différentes technologies est également un domaine de recherche prometteur. Les chercheurs explorent l'utilisation de plusieurs techniques telles que l'adsorption, l'oxydation et l'extraction pour éliminer le soufre du pétrole brut. L'intégration de différentes technologies peut conduire à une désulfuration plus efficace.
4. Défis: L'un des principaux défis de la recherche sur la désulfuration est le coût. Le développement de nouvelles technologies et les étendre peut être coûteux. Un autre défi est

la sélectivité du processus de désulfuration. L'élimination du soufre du pétrole brut sans affecter les autres propriétés du pétrole brut est une tâche difficile.

5. Opportunités: La demande de carburants plus propres est une opportunité importante pour l'industrie de la désulfuration. Avec des réglementations plus strictes sur la teneur en soufre dans les carburants, il existe un besoin croissant de méthodes de désulfuration efficaces. Cette demande devrait stimuler la croissance du marché de la désulfuration à l'avenir.
6. La recherche sur la désulfuration est un domaine essentiel de la recherche, et il a parcouru un long chemin au fil des ans. Avec la demande toujours croissante de carburants plus propres, l'avenir de la recherche de désulfuration est prometteur. Le développement de nouveaux catalyseurs, l'exploration de l'utilisation de méthodes biologiques et l'intégration de différentes technologies sont quelques-uns des domaines qui détiennent la clé d'une désulfuration plus efficace. Bien qu'il y ait des défis, les opportunités sur le marché de la désulfuration sont importantes et l'industrie est prête à la croissance à l'avenir.
7. **Les opportunités avec PTC System**  
La demande de carburants plus propres est une opportunité importante pour l'industrie.  
La purification que PTC System propose est un process inédit dans sa conception de traitement simple et financièrement compétitif pour l'élimination des soufrés qui seront dirigés vers une épuration biologique naturelle.  
PTC System est couplé à une désulfuration oxydative (OD) comme revendiqué dans notre brevet