

MODULE : Introduction au raffinage et à la pétrochimie

Chapitre 2 : Schémas de raffinage du pétrole

1-Nomenclature et caractéristiques des produits pétroliers

a-Introduction

Le raffinage est une industrie lourde qui transforme le pétrole brut, en produits énergétiques, tels que carburants et combustibles, et en produits non énergétiques, tels que matières premières pétrochimiques, lubrifiants, paraffines et bitumes.

Le processus continu **d'une raffinerie simple** commence par **l'épuration** du pétrole brut, suivie de **la séparation par distillation** en produits "blancs" (distillats légers et moyens) et en produits "noirs" (résidus lourds).

b- Les produits pétroliers

Les produits légers sont **convertis** en essences pour l'automobile.

Une épuration finale est finalement pratiquée sur les produits blancs.

Par ordre de légèreté décroissante, les produits pétroliers sont :

- les gaz légers (méthane et éthane) qui constituent du gaz combustible utilisé par les raffineries elles-mêmes
- du gaz propane,
- du gaz butane,
- du naphta,
- des essences : ordinaire et du super (premium de différents grades)
- le kérosène utilisé essentiellement dans la fabrication du Jet A1 pour les avions
- le gazole léger servant de base pour le gazole moteur et du fioul domestique
- le gazole moyen
- le gazole lourd ou fioul lourd de différentes teneurs en soufre (< 0,5 % de soufre, 0,5 % de soufre, 1 % de soufre et >1 % de soufre) appelé aussi fioul BTS (basse teneur en soufre), fioul MTS (moyenne teneur en soufre) et fioul HTS (haute teneur en soufre).
- le fioul combustible utilisé dans la raffinerie,
- le bitume (un composant de l'asphalte).

Tableau Vue d'ensemble des procédés de raffinage du pétrole

Nom du procédé	Action	Méthode	But	Matières premières	Produits
Procédés de fractionnement					
Distillation atmosphérique	Séparation	Thermique	Séparation des fractions	Pétrole brut dessalé	Gaz, gazole, distillats, résidus
Distillation sous vide	Séparation	Thermique	Séparation sans craquage	Résidus de tour de distillation atmosphérique	Gazole, bases lubrifiants, résidus
Procédés de conversion — décomposition					
Craquage catalytique	Altération	Catalytique	Amélioration de l'essence	Gazole, distillat de coke	Essence, charges pétrochimiques
Cokéfaction	Polymérisation	Thermique	Conversion des résidus sous vide	Résidus, pétrole lourd, goudrons	Naphta, gazole, coke
Hydrocraquage	Hydrogénation	Catalytique	Conversion en hydrocarbures plus légers	Gazole, huile de craquage, résidus	Produits plus légers, de meilleure qualité
Reformage à la vapeur	Décomposition	Thermique/ catalytique	Production d'hydrogène	Gaz désulfuré O ₂ , vapeur	Hydrogène, CO, CO ₂
Craquage à la vapeur	Décomposition	Thermique	Craquage de grosses molécules	Fioul lourd/distillats de tour de distillation atmosphérique	Naphta de craquage, coke, résidus
Viscoréduction	Décomposition	Thermique	Réduction de la viscosité	Résidus de tour de distillation atmosphérique	Distillats, goudrons

Procédés de conversion — unification

Alkylation	Combinaison	Catalytique	Combinaison d'oléfines et d'isoparaffines	Isobutane de tour/oléfines de craquage	Iso-octane (alkylat)
Mélange de graisses	Combinaison	Thermique	Combinaison de savons et d'huiles	Huiles lubrifiantes, acide gras, alkyle-métal	Graisses lubrifiantes
Polymérisation	Polymérisation	Catalytique	Combinaison de deux oléfines ou plus	Oléfines de craquage	Naphta à indice d'octane élevé, charges pétrochimiques

Procédés de conversion — altération/réarrangement

Reformage catalytique	Altération/déshydrogénation	Catalytique	Amélioration du naphta à indice d'octane bas	Naphta de cokéfaction/d'hydrocraquage	Reformat/aromatiques à indice d'octane élevé
Isomérisation	Réarrangement (conversion)	Catalytique	Conversion d'hydrocarbures à chaîne droite en hydrocarbures à chaîne ramifiée	Butane, pentane, hexane	Isobutane/pentane/hexane

Procédés de traitement

Traitement aux amines	Traitement	Absorption	Élimination des contaminants acides	Gaz acide, hydrocarbures avec CO ₂ et H ₂ S	Gaz et liquides d'hydrocarbures exempts d'acide
Dessalage (prétraitement)	Déshydratation	Absorption	Élimination des contaminants	Pétrole brut	Pétrole brut dessalé
Séchage et adoucissement	Traitement	Absorption/thermique	Élimination de l'eau et des composés soufrés	Hydrocarbure liquide, GPL, matières premières alkylées	Hydrocarbures adoucis et secs

Extraction au furfural	Extraction par les solvant	Absorption	Amélioration des distillats moyens et des lubrifiants	Huiles lourdes de recyclage et bases lubrifiants	Carburant diesel et huiles lubrifiantes de haute qualité
Hydrodésulfuration	Traitement	Catalytique	Elimination du soufre et des contaminants	Résidus riches en soufre/gazole	Oléfinés désulfurés
Hydrotraitement	Hydrogénation	Catalytique	Elimination des impuretés/saturation des hydrocarbures	Résidus, hydrocarbures de craquage	Charge de craquage, distillats, lubrifiants
Extraction par les phénols	Extraction par les solvants	Absorption/thermique	Amélioration de l'indice de viscosité et de la couleur des lubrifiants	Bases huiles lubrifiantes	Huiles lubrifiantes de haute qualité
Désasphaltage aux solvants	Traitement	Absorption	Elimination de l'asphalte	Résidus de tour de distillation sous vide, propane	Huile lubrifiante lourde, bitume
Déparaffinage par les solvants	Traitement	Refroidissement/filtration	Elimination de la paraffine des bases lubrifiants	Huiles lubrifiantes de tour de distillation sous vide	Bases lubrifiants déparaffinés
Extraction par les solvants	Extraction par les solvants	Absorption/précipitation	Séparation des composés aromatiques non saturés	Gazole, reformat, distillats	Essence à indice d'octane élevé
Adoucissement	Traitement	Catalytique	Elimination du H ₂ S, conversion des mercaptans	Distillats non traités/essence	Distillats de haute qualité/essence

c- Nomenclature et caractéristiques des produits pétroliers

Les hydrocarbures contenus dans le pétrole sont regroupés en trois familles :

- *Les paraffines (Alcanes)*
- *Les naphthènes (Cyclo-alcanes)*
- *Les aromatiques*

a- **Les paraffines : (Alcanes) C_nH_{2n+2}**

Ce sont des hydrocarbures saturés ayant la formule C_nH_{2n+2} avec n le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne d'hydrocarbures

Nomenclature des alcanes : terminaison enane

C1 : CH₄ Méthane

C2 : C₂H₆ Ethane

C3 : C₃H₈ Propane

C4 : C₄H₁₀ Butane

C5 : C₅H₁₂ Pentane

C6 : C₆H₁₄ Hexane

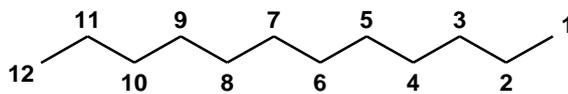
C7 : C₇H₁₆ Heptane

C8 : C₈H₁₈ Octane

C9 : C₉H₂₀ Nonane

C10 : C₁₀H₂₂ Decane

C12 : C₁₂H₂₆ dodécane



C13 : C₁₃H₂₈ Tridécané

C14 : C₁₄H₃₀ Tétradécane

C15 : C₁₅H₃₂ Hexadécane

.....

C20 : C₂₀H₄₂ Cosane

C21 : C₂₁H₄₄ Hénicosane

C22 : C₂₂H₄₆ Docosane

.....

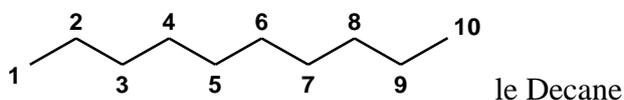
C30 : C₃₀H₆₂ Triacotane

C40 : C₄₀H₈₂ Tétracontane

C50 : C₅₀H₁₀₂ Pentacontane

On distingue deux types de paraffines, les alcanes (normale) et les alcanes (isomère)

- *Les paraffines normales* : la chaîne des carbones est une chaîne droite unique.



- *Les iso-paraffines* :

2-Contraintes environnementales et évolution du raffinage

a-L'arrosage Agricole

De nouvelles techniques pour décontaminer l'eau remontée du sous-sol avec les hydrocarbures améliorent de façon significative sa qualité, ce qui permet de l'utiliser tout en réduisant la pollution par rejets.

b-Alerte Aux Ouragans

En 2005, juste avant que les ouragans Katrina et Rita balaient le golfe du Mexique, toutes les plateformes de production offshore purent être évacuées afin de protéger les ouvriers, et la production fut interrompue.

c-Des empreintes réduites

Les nouvelles technologies sismiques et de détection à distance, incluant la recherche aérienne et par satellite, augmentent aujourd'hui les chances de succès des forages.

d-Des moteurs moins polluants

e-Les Changements climatiques globaux

f-La Séquestration du carbone

g-Le diesel propre

h-Pour La vie marine

e-Des installations éphémères

Chapitre 3 : Schémas de fabrication pétrochimique

I-Diversité des produits de l'industrie pétrochimique

La pétrochimie est la science qui s'intéresse à l'utilisation des composés chimiques de base issus du pétrole pour fabriquer d'autres composés synthétiques qui peuvent exister ou non dans la nature ; dans le dernier cas, ces composés sont dits artificiels.

Une gamme étonnante de matériaux et d'objets sont obtenus à partir des produits pétrochimiques : plastiques, parfums, draps, etc.. Nous utilisons aujourd'hui de nombreux sous-produits du pétrole comme substituts de matériaux naturels, tels le caoutchouc synthétique, et les détergents qui remplacent le savon. Le pétrole a aussi fourni des matériaux entièrement nouveaux comme le Nylon.

1-Propres avec le pétrole

L'eau seule n'enlève pas les taches grasses parce qu'elle est repoussée par les huiles et les graisses. Les détergents y parviennent parce qu'ils contiennent des composés chimiques appelés tensioactifs, ou surfactants, qui attirent à la fois la graisse et l'eau. Ils se fixent à la saleté et l'entraînent avec l'eau de lavage. La plupart des produits détergents utilisés

aujourd'hui ont des bases pétrochimiques, les tensio-actifs employés étant des dérivés du pétrole.

Le rouge à lèvres contient un lubrifiant dérivé du pétrole.

2-Comment vivre sans pétrole ?

Pour montrer à quel point le pétrole est présent dans notre vie d'aujourd'hui, on a demandé à cette famille américaine de poser hors de sa maison avec tous les objets fabriqués à partir de pétrole qu'elle renfermait. En fait, il a fallu pratiquement vider la maison ! Outre les innombrables objets en plastique, on a dû sortir les médicaments, les produits de salle de bains, les produits nettoyants de cuisine, les vêtements en fibres synthétiques, les cosmétiques, les colles, les teintures pour vêtements, les chaussures et beaucoup d'autres objets.

3-Rester belle avec le pétrole

Les rouges à lèvres, eyeliners, mascaras, lotions hydratantes et colorants pour les cheveux ne sont que quelques-uns des nombreux produits de beauté d'origine pétrochimique. La plupart des crèmes pour la peau renferment de la vaseline, aussi appelée... gelée de pétrole.

4-Des bougies colorées

On peut fabriquer des bougies à partir de cire d'abeille ou autres cires naturelles, mais les moins coûteuses sont faites avec de la paraffine.

5-Dans le domaine de la santé aussi

Dès les premiers temps, on a prêté au pétrole des vertus médicinales. Au Moyen Âge, il était employé pour traiter les maladies de peau.

6-Les fibres synthétiques

Les molécules des composés pétrochimiques peuvent être assemblées pour créer toutes sortes de fibres synthétiques, tels le Nylon, le polyester, le Lycra, chacune ayant ses qualités propres. Cette photo au microscope montre des fibres acryliques (en rouge) comparées à des poils de laine de mouton (en blanc).

7-Le pétrole à la une

Les encres d'imprimerie, en effet, sont fabriquées à partir de minuscules particules colorées (les pigments) en suspension dans un solvant.

II-Principales voies de fabrication en pétrochimie

La première étape est la fabrication par vapocraquage des grands intermédiaires de la famille des oléfines (éthylène, propylène) et des aromatiques (benzène, toluène, xylène).

1-Le vapocraquage

Le **vapocraquage** est un procédé pétrochimique par lequel des hydrocarbures saturés sont cassés en molécules plus petites, et **souvent insaturés**. C'est donc la source principale de production d'alcènes (éthylène, propylène, etc.), monomères à l'origine de nombreuses matières plastiques.

Les produits de départ sont généralement du naphta, mais peuvent également être de l'éthane ou du GPL. Mélangés avec de la vapeur d'eau, ils sont amenés à environ 800 °C par passage dans des tuyaux chauffés par des fours, pendant un temps très bref, inférieur à la seconde. Les produits de la réaction sont refroidis brutalement afin d'interrompre celle-ci, et d'obtenir le mélange d'alcènes recherché

Une température de craquage plus élevée ("sévère") favorise la formation d'éthylène et de benzène, alors qu'une température plus basse fournit plus de propylène, d'hydrocarbures en C4, et de produits liquides.

2-Craquage (« Cracking »)

Sous le nom de craquage, on fait subir à ces fractions lourdes (gas-oil) des traitements conduisant à la rupture des chaînes carbonées et à la production d'une quantité supplémentaire de carburant léger ; ce résultat peut être obtenu par l'action de la chaleur ou par l'action conjuguée de la chaleur et d'un catalyseur (« craquage catalytique »).

3-Reformage (« Reforming »)

Le reformage a pour objet d'améliorer leur qualité en provoquant, sous l'action de la chaleur et de catalyseurs, des isomérisations des chaînes linéaires en chaînes ramifiées, ainsi que des cyclisations et des déshydrogénations conduisant à des hydrocarbures benzéniques.

le reformage catalytique procède, sous l'action de catalyseurs, à un réarrangement de la structure des molécules contenues dans l'essence lourde issue de la distillation initiale du pétrole brut.