



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique



**Université Echahid Hamma Lakhdar. EL Oued**

**Faculté de Technologie**

Mémoire de Fin d'Etude  
En vue l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADIMIQUE**

Domaine : Science et Technologies

Filière : Industries pétrochimique

Spécialité : Génie des pétrochimique

Présenté Par :

Gsassi Oussama

Zouad Hadjer

Mehria Chaima

**Thème**

Amélioration du qualité de l'essence (nombre d'octane)

A la Raffinerie d'adRAR ADRAR RA1D

**Soutenu le 17/06 /2021**

**Devant le jury :**

Mr : Khaled Bilal

Université d'El-Oued

Président

Mr : Ferhat Mohammed Fouad

Université d'El-Oued

Examineur

Mr : Guerram Abdelmadjid

Université d'El-Oued

Rapporteur

- Année universitaire 2020 / 2021 -





# Dédicaces

---

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail*

*À :*

*Ceux qui m'ont encouragé dans ma vie et poussé à donner le meilleur de moi-même.*

*La lumière de mes yeux, mes très chers parents :*

*Ma mère, et mon père*

*Que DIEU me les garde et les protège.*

*A tous mes ami(e)s.*

*A toute la famille.*

*A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation durant mes études.*

**OUSSAMA**

**HADJER**

**CHAIMA**



---



---

## Sommaire :

Introduction générale .....	1
Résumé .....	3
Abstract .....	3
ملخص.....	3

### Chapitre 1 : Les essences, spécification et caractérisation

I Introduction .....	4
I.2 Les procédés qui donnent l'essence a partire des pétroles bruts.....	4
I.2.1 La distillation .....	4
I.2.1.1. La distillation atmosphérique .....	5
I.2.1.2 méthode de distillation .....	6
a - distillation sur une seule colonne.....	6
b - distillation avec un colonne pré-distillation.....	6
c - distillation avec un ballon de flash .....	7
I.2.1.3. Distillation sous vide.....	7
I.2.2 Procédés de conversion par altération .....	8
I.2.2.1 Reformage catalytique .....	8
I.2.2.2 Isomérisation .....	9
I.2.3 Procédés de conversion par décomposition .....	10
I.2.3.1 Craquage thermique.....	10
I.2.3.2 Viscoréduction.....	10
I.2.3.3 vapocraquage .....	10
I.2.3.4 Cokéfaction.....	11
I.2.3.5 Craquage catalytique.....	11
I.2.3.6 Hydrocraquage 'Hydrocracking'.....	11
I.2.4 Procédés de conversion par combinaison .....	12
I.2.4.1 Polymérisation.....	12
I.2.4.2 Alkylation.....	13
I.3 Caractéristiques des essences .....	13
I.3.1 La masse volumique .....	13
I.3.2 Volatilité .....	15
I.3.3 Courbe de distillation .....	15
I.3.4 Tension de vapeur REID .....	15
I.3.5 Le rapport V/L .....	15



I.3.6	Indice d'octane .....	16
I.4	Spécifications des essences .....	19

## Reference

## Chapitre 2 : Amélioration de la qualité des essences

II.1	Introduction .....	21
II.2	Les procédé d'amélioration l'indice d'octane .....	22
II.2.1	Isomérisation .....	22
II.2.1.1	But .....	22
II.2.1.2	Thermodynamique .....	23
II.2.1.3	Le catalyseur .....	24
II.2.1.4	Mécanisme de la réaction .....	25
II.2.1.5	Schémas simplifiés de procédés .....	27
II.2.2	Alkylation .....	29
II.2.2.1	Rôle du procédé dans la production d'essence.....	29
II.2.2.2	Thermodynamique des réactions .....	30
II.2.2.3-	Catalyseurs .....	31
II.2.2.4-	Mécanismes de réaction .....	32
II.2.3	Additifs améliorant l'indice d'octane .....	32
II.2.3.1	Rôle des additifs améliorant l'indice d'octane .....	32
II.2.3.2.	Structures chimiques efficaces pour améliorer l'indice d'octane essences .....	33
II-3-3-	Perspectives d'avenir en ce qui concerne les additifs susceptibles d'améliorer l'indice d'octane .....	33
II.2.4	Le reformage catalytique .....	33
II.2.4.1	Le procédé de reformage catalytique .....	34
II.2.4.2	Les transformations à réaliser .....	37
II.2.5	Polymérisation .....	39

## Reference

## Chapitre 3 : Unité de Reformage Catalytic

III.1	Introduction :.....	41
III.2	Les propriétés physiques de la charge de prétraitement .....	41
III.3	Description de Section Prétraitement.....	42
III.3.1	Circuit de la section Préfractionnement : .....	42
III.3.2	Circuit de Section prétraitement :.....	43
III.3.2.1	Description du circuit prétraitement :.....	44



III.3.2.2 Refroidissement de la charge purifiée :.....	45
III.3.2.3 Hydrogène de section prétraitement :.....	46
III.4 Description de Section Reforming.....	48
III.5 Paramètre opératoire des équipements Section Prétraitement.....	49
III.5.1 Les colonnes :.....	49
III.5.2 Réacteur R-202 101 :.....	49
III.5.3 Compresseur :.....	49
III.5.4 Four : .....	50
III.5.5 Ballons :.....	50
III.5.6 Equipement des échanges de chaleur .....	50

## Reference

### Chapitre 4 : Calcul l'Indice d'octane

IV.1 Introduction .....	52
IV.2 Moteur monocylindrique CFR.....	53
IV.3 Principe de la mesure.....	54
IV.3.1 Méthodes normalisées (NF M 07-026) .....	54
IV.3.1.1 Méthode recherche ou F1 .....	54
IV.3.1.2 Méthode moteur ou F2.....	54
IV.3.2 Sensibilité du carburant.....	54
IV.4 Les valeurs relatives des Indice d'octane des hydrocarbures.....	54
IV.5 Réglage du moteur et mesure.....	55
IV.6 Calcule et contrôle du résultat.....	57
IV.7 Conditions opératoires du moteur CFR.....	58

## Reference

Conclusion générale .....	60
---------------------------	----



## Liste des figures

Figure	Titre	Page
<b>Chapitre I : Les essences, spécification et caractérisation</b>		
I.1	<i>Schéma de distillation atmosphérique dans une seule colonne</i>	05
I.2	<i>Schéma de distillation atmosphérique avec une colonne de pré-distillation</i>	06
I.3	<i>Schéma de distillation atmosphérique avec évaporation préalable</i>	07
I.4	<i>Schéma du procédé de reformage catalytique</i>	08
I.5	<i>Schéma du procédé d'isomérisation du butane</i>	09
I.6	<i>Schéma du procédé de craquage catalytique</i>	11
I.7	<i>Schéma du procédé hydrocraquage</i>	12
I.8	<i>Schéma de principe de fonctionnement d'un moteur</i>	18
<b>Chapitre II : Amélioration de la qualité des essences</b>		
II.1	<i>Répartition thermodynamique en phase vapeur des isomères en fonction de la température</i>	23-24
II.2	<i>Schéma réactionnel de l'isomérisation</i>	27
II.3	<i>Schéma de procédé pour l'isomérisation simplifié sur catalyseur zéolithiques</i>	28
II.4	<i>Schéma de procédé l'isomérisation sur catalyseur Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.</i>	28
II.5	<i>Équilibre thermodynamique avec et sans recyclage des paraffines normales</i>	29
II.6	<i>Intégration du reformage catalytique dans un raffinerie</i>	37
II.7	<i>Nombre d'octane recherche (NOR) en fonction de nombre d'atomes de carbone des paraffines linéaires et de leur mélange à l'équilibre à 480°C ainsi que de Celui des aromatiques</i>	38
<b>Chapitre III : Unité de Reformage Catalytic</b>		
III.1	<i>Schéma du circuit de charge dans la section préfractionnement</i>	43
III.2	<i>Schéma du circuit de charge dans la section prétraitement</i>	44
III.3	<i>Schéma du circuit de charge dans la colonne vaporisation</i>	45

<b>III.4</b>	<i>Schéma de principe du système de prétraitement et circulation d'hydrogène.</i>	46
<b>III.5</b>	<i>Schéma de circuit de charge du système de prétraitement</i>	47
<b>III.6</b>	<i>Schéma de principe du processus de section reforming.</i>	48
<b>Chapitre IV : Calcul l'Indice d'octane</b>		
<b>IV.7</b>	<i>Schéma de principe d'un moteur monocylindrique (CFR)</i>	53
<b>IV.8</b>	<i>Moteur monocylindrique (CFR).</i>	56
<b>IV.9</b>	<i>Résultat de l'échantillon après utilisé moteur CFR</i>	58

## Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
<b>Chapitre II : Amélioration de la qualité des essences</b>		
<b>II.1</b>	<i>Indices d'octane des hydrocarbures purs</i>	22
<b>II.2</b>	<i>Propriétés des principaux constituants des carburants</i>	30
<b>II.3</b>	<i>Influence de la nature de l'oléfine sur la chaleur de la réaction de l'isobutane</i>	31
<b>II.4</b>	<i>Principales caractéristiques physico-chimiques des catalyseur HF et H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>	31
<b>II.5</b>	<i>Caractéristiques de deux charges bypigues Analyse par famille et par nombre d'atomes de carbone, exprimée en masse</i>	35
<b>II.6</b>	<i>Caractéristiques de deux charges typiques. Caractéristiques globales</i>	36
<b>II.7</b>	<i>Indices d'octane recherche et moteur de quelques composés à sept atomes de carbone.</i>	38
<b>Chapitre III : Unité de Reformage Catalytic</b>		
<b>III.1</b>	<i>Les propriétés physiques de la charge de prétraitement</i>	41
<b>III.2</b>	<i>Bilan de Préfractionnement</i>	42
<b>III.3</b>	<i>Caractéristique du catalyseur de la section Prétraitement.</i>	44

<b>III.4</b>	<i>Composition de l'hydrogène à la section prétraitement.</i>	46
<b>III.5</b>	<i>Bilan des sections prétraitement et Reforming</i>	47
<b>III.6</b>	<i>Les Paramètres opératoire des colonnes</i>	49
<b>III.7</b>	<i>Les Paramètres opératoire des Réacteurs</i>	49
<b>III.8</b>	<i>Les Paramètres opératoire des Compresseurs</i>	49
<b>III.9</b>	<i>Les Paramètres opératoire des Fours</i>	50
<b>III.10</b>	<i>les Paramètres opératoire des Ballons</i>	50
<b>III.11</b>	<i>Les Paramètres opératoire des échanges de chaleur</i>	50
<b>Chapitre IV : Calcul l'Indice d'octane</b>		
<b>IV.1</b>	<i>Caractéristiques des bases essences</i>	52
<b>IV.2</b>	<i>Les valeurs relatives des indices d'octane des différentes familles d'hydrocarbures</i>	55
<b>IV.3</b>	<i>Comparaison résultat entre échantillon après contrôle</i>	57

## **Abréviations :**

**NOM** : nombre d'octane moteur

**NOR** : nombre d'octane recherché

**FCC** : fluide catalytic cracking.

**TVR** : tension vapeur reide

**PI** : point initial

**PF** : point final

$\Delta H$  : enthalpie molaire

**IO Réf** : Indice d'octane du carburant de référence le plus faible

**Moy. E** : Moyenne des lectures du knockmeter pour l'échantillon

**Moy. Ref1** : Moyenne des lectures du knockmeter pour le carburant de référence le plus faible.

**Moy. Ref2** : Moyenne des lectures du knockmeter pour le carburant de référence le plus fort (96).

**CFR** : Moteur d'essai monocylindrique

**GPL** : Gaz de pétrole liquéfié

**RFCC** : Craquage catalytique de résidu atmosphérique

$\pi$  : tension vapeur

**SR**: straight Run

$T_{(V/L)x}$  : la température (°C) pour laquelle  $V/L = x$ .

**E70** : pourcentage Evaporé à 70°C.

**PVR** : pression de vapeur Reid [bar].



# Introduction Générale

L'énergie occupe une place importante dans la vie humaine. Le développement technologique a aidé à l'homme de découvrir de nouvelles sources d'énergie, c'est-à-dire tous les produits à vocation énergétique que nous avons cités :

Le pétrole et le gaz naturel sont les seuls à pouvoir répondre à la demande énergétique toujours croissante.

L'huile, un mélange de différents hydrocarbures, est utilisée dans différentes branches de l'industrie, sous réserve d'une série de traitements différents.

Le pétrole brut du puits ne peut pas être utilisé tel quel car il s'agit d'un mélange assez complexe de divers composants hydrocarbonés. Différents processus de transformation et de conversion doivent être utilisés pour tirer pleinement parti des produits à haute valeur commerciale. Toutes ces transformations constituent le raffinage du pétrole.

À la fin des années 60, le raffinage du pétrole a subi des changements importants et s'est développé rapidement, ce qui était lié à la demande croissante de produits légers, en particulier de produits lourds.

La raffinerie doit répondre aux objectifs suivants :

- Améliorer la qualité de certaines pièces pétrolières, comme l'augmentation du nombre d'octane d'essence.
- Ajuster le rendement de divers produits pétroliers obtenus à partir de minerais transformés pour qu'il corresponde aux exigences du marché.

Le reformage catalytique est la caractéristique principale de ce développement et est l'un des premiers procédés à grande échelle de l'industrie car il s'agit d'un procédé indispensable pour produire une essence lourde à IO élevé grâce à un catalyseur multifonctionnel.

De plus, le reformage catalytique peut également être une source d'aromatiques dans l'industrie pétrochimique. Enfin, l'hydrogène produit au même moment est utilisé dans les raffineries pour répondre à la demande croissante d'unités d'hydrotraitement, qui est liée aux efforts d'augmentation des fractions lourdes.

L'indice d'octane est un facteur clé de la qualité des carburants autos. Il distingue la capacité du carburant à brûler sans problèmes de moteur à étincelles. Définit les qualités de combustion du combustible et est étroitement lié au concept d'efficacité. L'efficacité thermodynamique du cycle du moteur augmente lorsque le taux de compression augmente, c.-à-d. le rapport de la taille du cylindre lorsque le piston est dans le centre mort inférieur à celui correspondant au centre mort supérieur. Mais il y a une limite plus élevée à cette augmentation

de pression, et puis l'efficacité diminue avec le bruit d'une route métallique appelée cliquetis (Knock).

La fibrillation des mélanges d'air et d'essence à partir de l'étincelle se propage sous forme de vagues, et la vitesse avant du front de combustion est d'environ plusieurs mètres par seconde. L'avant de la flamme sophistiquée est pressé sur la partie non brûlée du mélange en augmentant sa température. Des conditions de température et de pression élevées entraînent la formation de composés appelés peroxydes.

Lorsque le mélange résiduel non brûlé atteint une certaine valeur, ils se décomposent soudainement, provoquant une explosion (explosion), Il a une propagation de longueur d'onde très rapide, où ce dernier frappe la tête du cylindre et le couvercle du piston avec la puissance et le bruit du piston. Martelage (cliques).

Cette thèse est organisée en quatre (4) chapitres :

Dans le 1er chapitre, nous avons traité de la méthode d'obtention de l'essence, puis des caractéristiques les plus importantes de l'essence.

Concernant le deuxième chapitre, nous avons discuté de la façon de... augmenter l'indice d'octane. Dans le chapitre 3, nous avons discuté du dispositif catalytique de reformage, de ses composants et de son principe de fonctionnement, et enfin nous avons discuté de la méthode de calcul de l'indice d'octane.

**Résume :**

La raffinerie Adrar RA1D joue un rôle important dans la production de gaz naturel, d'essence et de diesel pour répondre aux besoins de la région. Une forte demande nécessite une augmentation de sa production.

Le reformeur catalytique est le fondement de la raffinerie d'Adrar, se concentrant sur l'amélioration et augmentation de la qualité de l'essence, avec un indice d'octane élevé. Il provient du dispositif d'étêtage dans le naphta traité et élimine les toxines du catalyseur (sa faible teneur en NO). Ce mélange de naphta est injecté dans le réacteur, à partir duquel une équation chimique est générée pour récupérer une essence de haute qualité.

**Mots-clés :**

Raffinage, indice d'octane, essence, reformage catalytique, pétrole.

**Abstract:**

Adrar RA1D refinery have a strong role in exporting natural gas, gasoline and diesel to meet the needs of the region. Strong demand requires a raise in production.

Catalytic reformer is the foundation of Adrar refinery, focusing on improving and improving the quality of gasoline, with a high-octane number. It comes from the topping device in the treated naphtha and removes toxins from the catalyst (its low NO content). This mixture of naphtha is injected into the reactor, from which a chemical equation is generated to recover high quality gasoline.

**Keywords:**

Refining, octane number, gasoline, catalytic reforming, petroleum

**ملخص :**

مصفاة أدرار RA1D لها دور قوي في تصدير الغاز الطبيعي والبنزين والديزل لتلبية احتياجات المنطقة. يتطلب الطلب القوي زيادة في الإنتاج.

المصلح التحفيزي هو أساس مصفاة أدرار، مع التركيز على تحسين ورفع جودة البنزين، مع رقم عالي الأوكتان. يأتي من جهاز التكرير في النفط المعالج ويزيل السموم من المحفز (محتواه المنخفض من NO). يتم حقن هذا المزيج من النفط في المفاعل، ومنه يتم إنشاء معادلة كيميائية لاستعادة البنزين عالي الجودة

**الكلمات المفتاحية:**

التكرير، الأوكتان، البنزين، الإصلاح الحافز، النفط.

# CHAPITRE I :

L'ESSENCE, SPÉCIFICATION ET

CARACTÉRISATION

## Introduction :

L'essence est une fraction légère d'hydrocarbure utilisée dans le moteur à étincelles. elle est traitée de manière à atteindre un haut indice d'octane , généralement entre 80 et 100 indices d'octane recherché. Ce traitement peut s'effectuer par reformage, craquage catalytique...et plusieurs procédés, et mélange avec une fraction aromatique. Il existe donc trois types d'essences sont :

**Essence** ordinaire est contenue d'un mélange de HC de structures variées (paraffiniques, oléfiniques, naphthéniques, aromatiques), un antidétonant à base de plomb est ajouté. Le rendement de combustion est caractérisé par un indice d'octane compris entre 89 et 92.

**Le super** Ressemble l'essence ordinaire. Sa composition diffère de l'essence par : haut teneur en benzène entre 4 et 6 % En raison du faible taux de plomb; la teneur en soufre plus élevée (0,5 %).

**Le super sans** plomb est remplacé le super avec plomb. Les additifs utilisés sont le MTBE (méthyl tertio butyléther), additif le plus employé, et le benzène, ajouté en vue d'améliorer l'indice d'octane [1].

## I.2 Les procédés qui donnent l'essence à partir des pétroles bruts :

1<sup>er</sup>étape du raffinage est séparé le pétrole dans des colonnes de distillation atmosphérique et sous vide. Ce fractionnement permet d'obtenir les différentes coupes pétrolières à savoir le gaz, les essences, le gasoil, les huiles...etc.

### I.2.1 Distillation :

S'appuyant sur la volatilisation des composants du mélange, la distillation sépare ces composants en fonction de la différence de température d'ébullition.

Le procédé est simple et économique, ce qui le rend indispensable dans le développement de produits chimiques et pétroliers. C'est ainsi que les colonnes de correction sont représentées dans les filtres.

La distillation combine une source chaude et une source froide (condenseur de tête), dans lesquelles le flux est opposé au liquide et à la vapeur, le contact entre elles conduit à l'échange de composants ; Les matières les plus volatiles montent en vapeur et sont stockées dans la partie supérieure de la colonne tandis que les composants les plus lourds entrent dans la phase liquide et se déplacent vers la partie inférieure. Cette répartition des composants entre les deux phases, entre la tête et le bas de la tour, se reflète dans le gradient de température.

### I.2.1.1 Distillation atmosphérique :

Le pétrole est chauffé à 350°C, puis distillé dans une colonne de 40-60m de hauteur. Les produits sont séparés selon la température d'ébullition la pression est d'environ 1 à 3 atm. Les produits légers sont collectés en haut du puits tandis que les produits les plus lourds sont concentrés en bas du puits.

Les HC lourds restent sous forme liquide au même temps les molécules petites ou moyenne passent à la tête de la colonne. Au fur et à mesure qu'il monte, il se refroidit à l'état liquide et est collecté en différentes phases sur des plateaux.

A chaque étage il y a une température entre la condensation et l'évaporation des produits que vous souhaitez récupérer. (Fig. I.1) Un diagramme schématique simple d'une colonne de distillation atmosphérique. Dans laquelle P diminue de bas en haut.

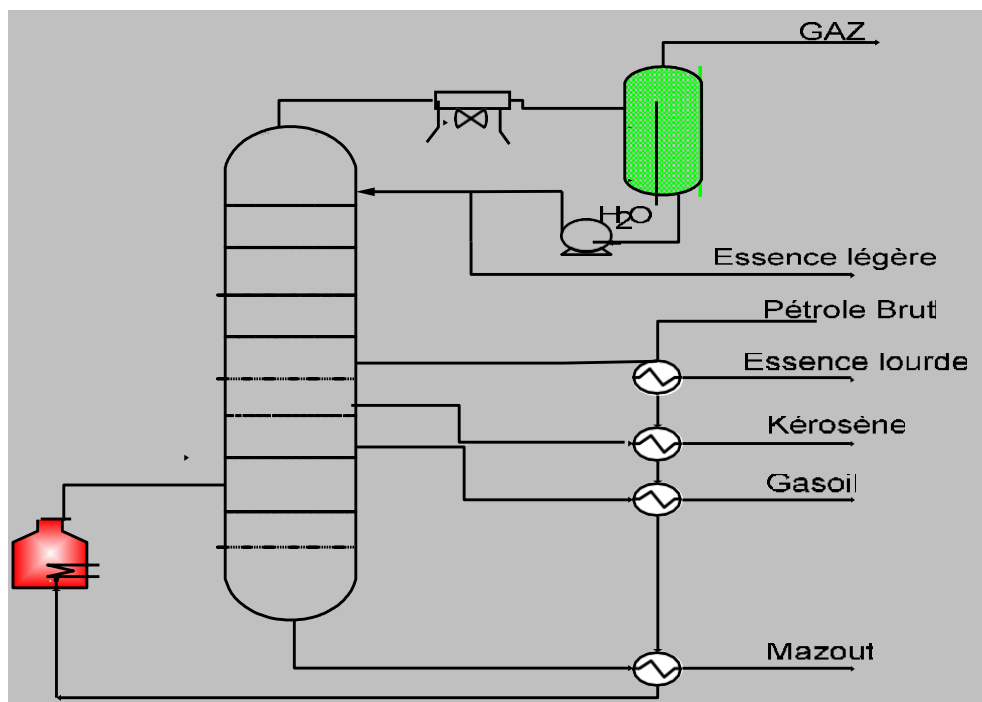


Figure I.1: Schéma de distillation ATM avec une seule colonne [2] :

A fin de la distillation produire :

- Gaz, GPL et essence .
- Kérosène, gasoil léger et lourd
- Résidu Atom.

Tous ces produits ont leur propre colonne de stripping où les produits légers sont démarrés en utilisant de la vapeur basse pression, du gasoil surchauffé des deux types et en chauffant le kérosène jusqu'à son point d'ébullition..

### I.2.1.2 Méthodes de distillation :

Nous pouvons diviser les méthodes de distillation en méthodes selon ::

- La nature du pétrole brut à traiter.
- Les produits à obtenir.

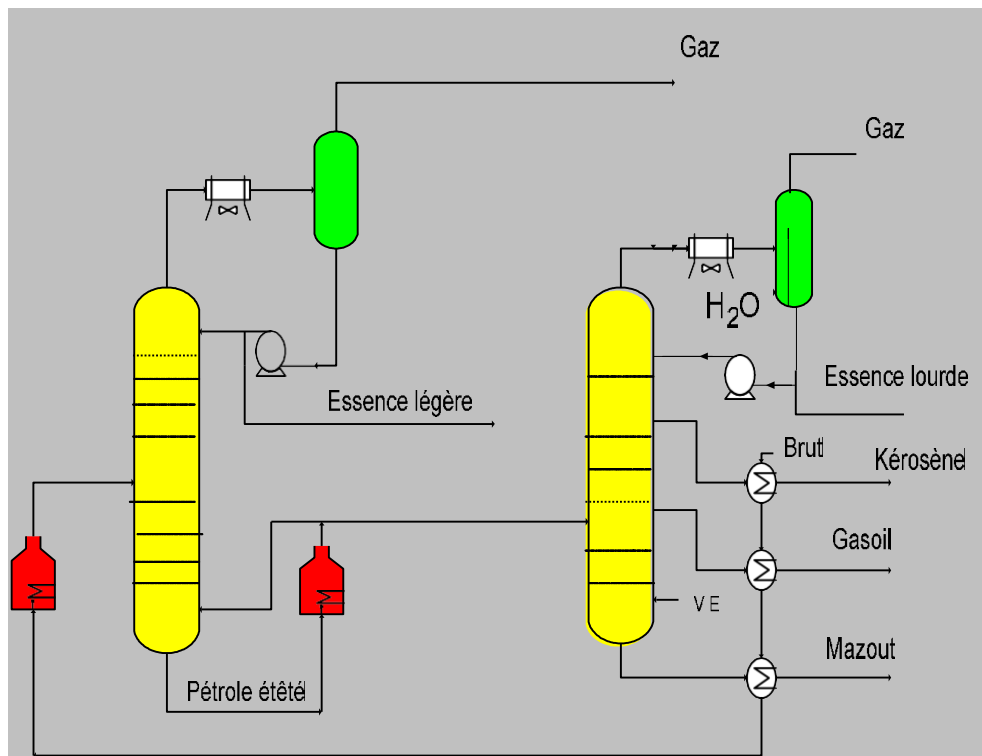
#### a- Distillation sur une seule colonne :

Ce type est utilisé généralement pour les pétroles lourds peu sulfureux.

Ce type il contient un schéma simple et On peut utiliser petite température, pour la séparation du pétrole. Mais ça capacité est faible. Et ne traite pas les pétroles légers.

#### b- Distillation avec un colonne de pré distillation :

La charge entrée est pétrole brut riche en fractions légères sulfureux.



**Figure I.2:** Schéma de distillation ATM avec une colonne de pré distillation [2].

Ce procédé est simple et leur capacité est grand aussi il peut traiter le pétrole instable très sulfureux. Mais la température à la sortie du four est grande aussi une consommation élevée d'énergie.

### c- distillation avec un ballon de flash :

La charge entrée dans ce procédé est le pétrole léger qui contient moins que 1.5 pour cent des gaz dissous. Mais ne traité pas les pétroles que contenue une grande quantité du soufre.

Ce type de distillation Caractéristiques de Grande capacité mais L'évaporation préalable de faction léger du pétrole brut fait le contraire.

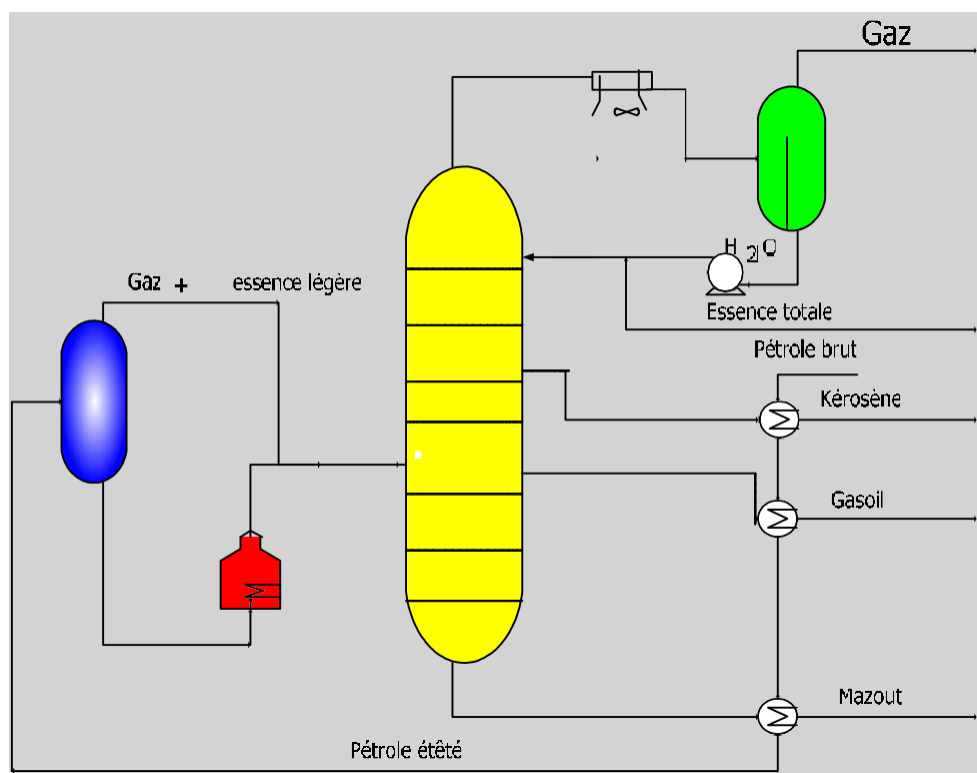


Figure I.3: Schéma de distillation ATM avec évaporation préalable [2].

#### I.2.1.3 Distillation sous vide :

Comme son nom l'indique, la distillation sous vide ( distillation à basse température) implique de mettre la colonne de distillation sous vide ou à une pression atmosphérique nettement inférieure à 760 millimètres de mercure (mm Hg). À basse pression, le point d'ébullition des résidus de l'unité de distillation atmosphérique est suffisamment bas pour permettre aux produits plus légers d'être vaporisés, sans craquage ou dégradation du pétrole. La distillation sous vide produit plusieurs types de gazoles. Au cours de l'étape de raffinage suivante, ces gazoles sont plus amplement raffinés pour obtenir des produits tels que de l'huile légère de recyclage , de l'essence et du naphta

La colonne sous vide utilise un ensemble de pompes, montées autour de l'arbre, pour maintenir la température au niveau approprié à des points spécifiques le long de la tour, pour

une efficacité optimale. Les pompes sont commandées par des électrovannes pour éviter de gaspiller de l'eau lorsque leur moteur ne tourne pas..

## I.2.2 Procédés de conversion par altération :

Le reformage catalytique et l'isomérisation sont des méthodes qui permettent de changer les structures d'hydrocarbures et d'obtenir des produits à différentes caractéristiques. Les essences qui sont produites par la distillation atmosphérique ou bien par le craquage doivent être soumises à un autre traitement, pour améliorer leurs performances, à savoir l'indice d'octane.

### I.2.2.1 Reformage catalytique

Ce procédé sert à transformer les normales paraffines et les naphthènes d'essence lourde (naphta) en aromatiques (Figure. I.4).

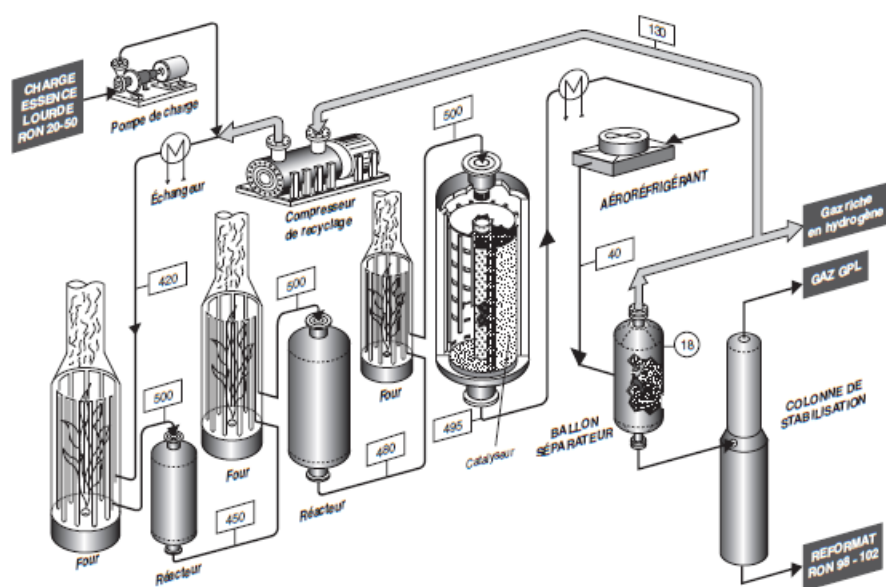
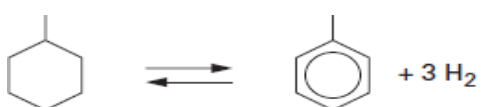


Figure. I.4 : Schéma du procédé de reformage catalytique [3].

Les principales réactions mises en œuvre ce procédé sont :

- La réaction de déshydrogénation des naphthènes en aromatiques ;



Procédé à lit fixe : T= 470 à 530°C, P= 10 à 25 bars, Catalyseur : Pt/Re sur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\_Cl, RON : 98-100, Durée du cycle : 6 à 15 mois

- La réaction de déshydrocyclisation des paraffines en aromatiques ;



Procédé à lit fixe : T= 470 à 530°C, P= 10 à 25bars, Catalyseur : Pt/Re sur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\_Cl, RON : 98-100, Durée du cycle : 6 à 15 mois

### I.2.2.2 Isomérisation

Le procédé d'isomérisation sert à transformer les n-paraffines d'essence légère (gazoline) de faible IO et en produire des isoparaffines Marqué par des indices d'octane élevés, assez proches pour IO des composés aromatiques.

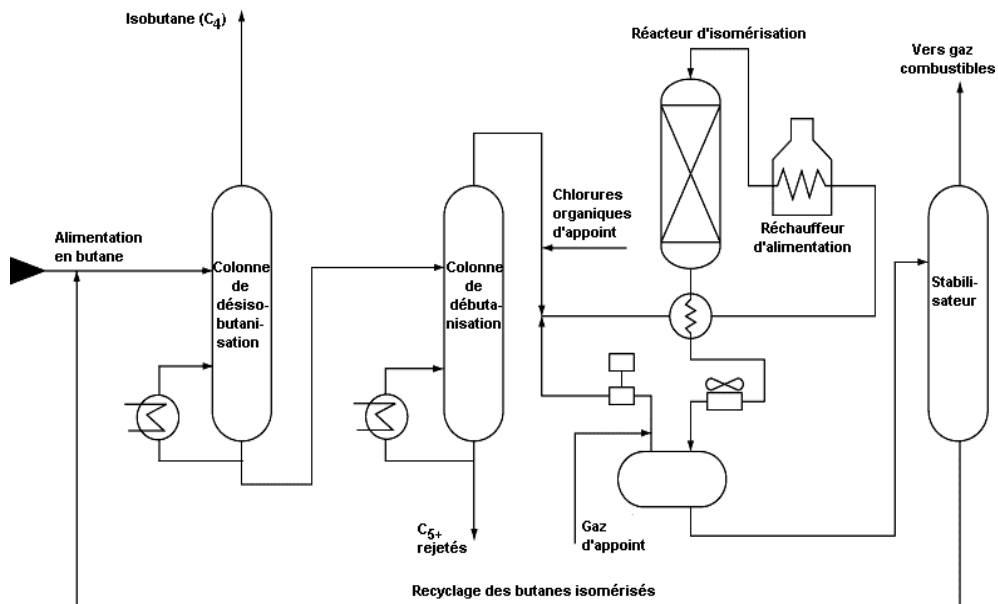
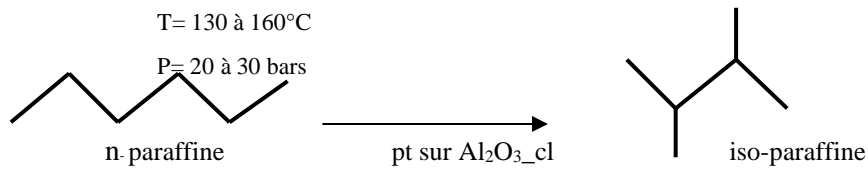


Figure. I. 5 : Schéma du procédé d'isomérisation du butane [4].

### I.2.3 Procédés de conversion par décomposition :

A fin de la distillation, il existe autres procédés pour modifier la structure des fractions en vue produire des produits plus recherchés, comme le craquage (thermique, catalytique), hydrocraquage et viscoréduction

#### I.2.3.1 Craquage thermique

Dans ce procédé, les Résides fragmentent en molécules plus petites utilisé haute température. Cette procédé obtient de coke solide indésirable

#### Exemples :

- Paraffine (craquage) → paraffine + oléfine

Comme :  $C_8H_{18} \rightarrow C_4H_{10} + C_4H_8$

- Oléfine (craquage) → oléfine + oléfine

Comme :  $C_8H_{16} \rightarrow C_5H_{10} + C_3H_6$

- Naphtène (craquage) → oléfine + aromate
- Aromatique (craquage) → aromatique + oléfine

#### I.2.3.2 Viscoréduction

Ce procédé craqué les molécules lourdes en obtient des molécules plus légères. La charge de ce procédé est le résidu de distillation sous vide. C'est un procédé thermique qui fonctionne sans catalyseur, ça goal est de réduire la viscosité des résidus lourds.

Les principaux produits obtenus sont le gaz, les essences, gazole et un résidu. Ces produits sont de faible qualité. Ils sont très sulfureux. Ce pour sa nécessitent des traitements d'hydrodésulfuration sévères pour pouvoir être mélangés au pool des produits. L'essence est envoyée à l'unité de reformage catalytique pour augmenter son indice d'octane.

#### I.2.3.3 Vapocraquage

Le vapocraquage par craquage thermique de gronde molécules d'hydrocarbures à des pressions légèrement supérieures à la pression atmosphérique et à des températures très haute. Le résidu du craquage à la vapeur est mélangé à des combustibles lourds. Le naphta produit par craquage à la vapeur contient normalement du benzène qui est extrait avant l'hydrotraitement.

### I.2.3.4 Cokéfaction

La cokéfaction est un craquage thermique à grande échelle pour obtenir de l'essence et de nombreux autres distillats moyens. Qui sont récupérés et envoyés vers des craqueurs catalytiques. Ce processus réduit ou élimine complètement l'hydrogène dans les molécules d'hydrocarbures, de sorte que les produits sont du carbone presque pur appelé coke. Il existe deux procédés de cokéfaction bien connus, la cokéfaction retardée et la cokéfaction continue.

### I.2.3.5 Craquage catalytique

La charge utilisée dans cette méthode est le distillat sous vide (C20-C50) qui le transforme en fractions plus légères différenciées. D'après le point de vue thermodynamique, la réaction de craquage doit être de préférence à haute température et à basse pression. Elle a besoin d'un mécanisme acide pour la poursuivre. Le catalyseur utilisé est donc un catalyseur acide.

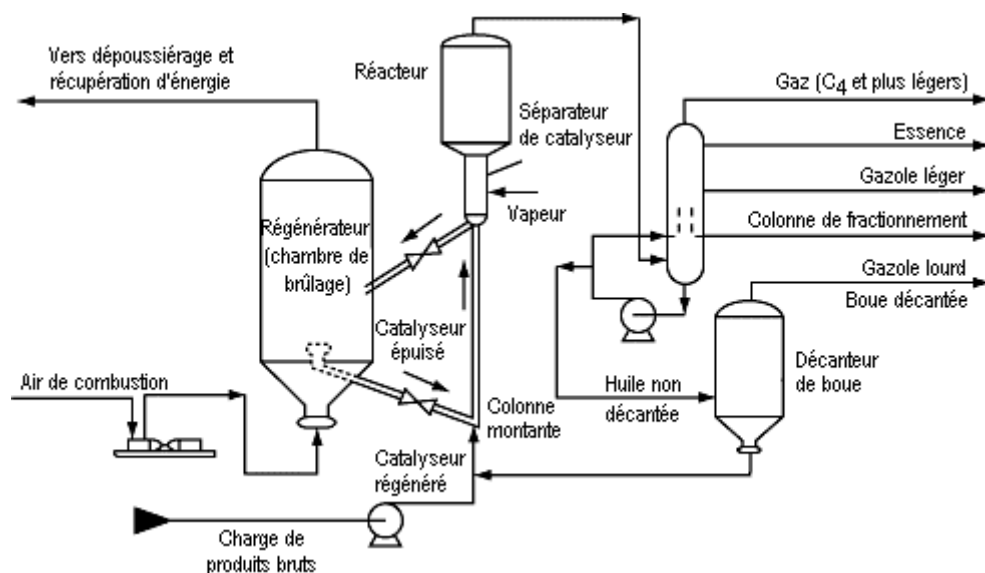


Figure I. 6 : Schéma du procédé de craquage catalytique [4].

### I.2.3.6 Hydrocraquage :

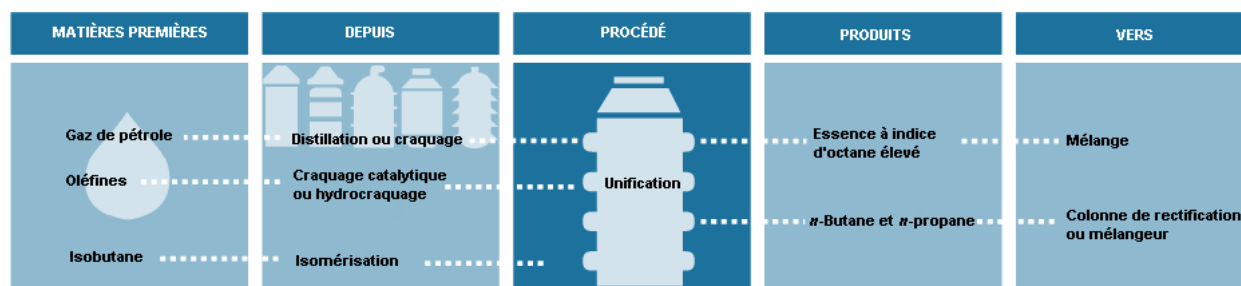
Le procédé d'hydrocraquage utilise produit de distillation sous vide comme un charge. Ça procédé permet de transformer les coupes pétrolières lourdes en coupes pétrolières plus légères.

L'hydrocraquage est une méthode d'hydro-conversion, qui besoin présence d' $H_2$  et dont l'objectif de modifier le squelette hydrocarboné des molécules de départ. Cette modification peut être :

- Soit une isomérisation sans modification du nombre d'atomes de carbone, on obtient alors des huiles ;

- Soit un craquage avec modification notable du nombre d'atomes de carbone, on obtient alors des produits plus légers tels que l'essence, le kérosène et le gazole.

Figure I. 7 : Schéma du procédé hydrocraquage [4].



Source: d'après Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1996.

## I.2.4 Procédés de conversion par combinaison :

Les deux procédés combinent deux composés, à savoir la polymérisation et l'alkylation.

### I.2.4.1 Polymérisation

La polymérisation est le processus consistant à combiner deux ou plusieurs molécules organiques insaturées (oléfines) en une seule molécule plus lourde dans laquelle les éléments de la molécule mère sont présents dans les mêmes proportions. Il transforme les oléfines gazeuses, telles que l'éthylène ( $C_2H_4$ ), le propylène ( $C_3H_6$ ) et le butène ( $C_4H_8$ ) obtenus dans les unités de craquage thermique et de craquage catalytique fluide, en molécules plus complexes, plus lourdes et à indice d'octane plus élevé, telles que le naphta et les charges pétrochimiques. La charge d'alimentation oléfinique est prétraitée pour éliminer les composés soufrés et autres composés indésirables, puis passée à travers un catalyseur au phosphore, généralement un catalyseur solide ou de l'acide phosphorique liquide ; puis une réaction de polymérisation exothermique se produit. Il est nécessaire d'utiliser de l'eau de refroidissement et d'injecter une alimentation froide dans le réacteur pour contrôler la température sous différentes pressions. Il est ensuite lavé à la soude caustique pour éliminer l'acide dans le liquide ; ces liquides sont finalement séparés et le catalyseur acide est recyclé. La vapeur est fractionnée pour éliminer le butane puis neutralisée pour éliminer les traces d'acides.

Le processus de polymérisation combine au moins deux molécules organiques insaturées (oléfines) en une seule molécule plus lourde. On peut distinguer trois types d'agrégation:

- La polymérisation par étape : un grand nombre de molécules, possèdent au moins deux groupes fonctionnels, se soudent les unes aux autres par des réactions chimiques. Ces

réactions se font avec l'élimination des petites molécules ( $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $NH_3...$ ) et sont appelées polycondensations ou polyadditions.

- La polymérisation en chaîne : polymérisation dans laquelle la croissance d'une chaîne polymère résulte exclusivement de réaction entre monomère et site réactif de la chaîne polymère, avec régénération du site réactif à la fin de chaque étape de croissance.
- La polymérisation par des complexes de métaux de transition, de type Ziegler-Natta, ou mettant en jeux des métallo cènes.

Il existe des polymères synthétiques, comme le polyéthylène, par opposition à des polymères d'origine naturelle, par exemple la cellulose.

En industrie de textile, la polymérisation est le processus chimique par lequel des résines ou des plastiques sont fixés à des matières textiles au moyen de la chaleur.

#### **I.2.4.1 Alkylation**

L'alkylation associe des molécules d'oléfines obtenues par craquage catalytique à des molécules d'isoparaffines, augmentant ainsi le volume et l'indice d'octane de l'essence de base. En présence d'un catalyseur très actif (généralement l'acide sulfurique ou l'acide fluorhydrique (ou chlorure d'aluminium)), les oléfines réagissent avec les isoparaffines pour former des molécules d'alcanes ramifiés à longue chaîne, appelés alkylats (isooctane), avec une excellente résistance au souffle. L'alkylat est ensuite séparé et fractionné. Température de réaction relativement basse, acide sulfurique  $10\sim 16^\circ C$ , acide fluorhydrique  $27\sim 0^\circ C$ , chlorure d'aluminium  $0^\circ C$ , contrôlé par réfrigération.

### **I.3 Caractéristiques des essences :**

De toute évidence, l'obtention de performances satisfaisantes du véhicule dépend de facteurs techniques et des normes de qualité du carburant : d'une part, elle distingue les caractéristiques physiques qui déterminent le bon ravitaillement du véhicule et, d'autre part, elle distingue les caractéristiques qui peuvent obtenir la meilleure performance du moteur. Obtenu sans risque de combustion anormale [6].

#### **I.3.1 La masse volumique (densité) :**

La masse volumique d'un corps, à une température donnée est le rapport de sa masse à son volume, exprimée en ( $kg / l$  ou  $g / cm^3$ ) mesurée à l'aide d'un aréomètre.

Elle varie avec la température suivant la relation :

Avec :  $t$  : température en °C

$$\rho_t = \rho_{15} - k(t - 15) \quad (\text{I.1})$$

$\rho_t$  et  $\rho_{15}$  : masse volumique respectivement à  $t$ °C et 15°C.

$k$  : Coefficient qui dépend de la température.

La masse volumique des essences est comprise entre 0.735 et 0.765 kg /l.

Elle est inversement proportionnelle à la température et elle augmente avec la teneur en aromatiques.

La densité d'un produit est le rapport de la masse d'un certain volume d'échantillon à la masse du même volume d'échantillon à une température standard (4 °C) et une température de référence donnée (généralement de l'eau). Par conséquent, la densité est une dimension égale à la densité à 15 °C .

La spécifique Gravity (Sp. Gr60/60 °F) est une densité avec la même température pour le produit et le corps de référence (eau). Cette température est de 60°F soit 15°C.

Un autre concept est utilisé pour mesurer la densité des fractions pétrolières : la qualité API (définie par l'American Petroleum Institute comme une fonction hyperbolique de la gravité spécifique) :

$$\text{I.2.3.7 } \text{ } ^\circ\text{API} = [141.5 / \text{Sp. Gr } 60 / 60] - 131.5 \quad (\text{I.2})$$

### **I.3.2 Volatilité :**

La volatilité de l'essence doit être soigneusement contrôlée pour obtenir un fonctionnement satisfaisant du moteur et réduire les émissions d'hydrocarbures par évaporation. Elle est définie par la pression de vapeur, la courbe de distillation et le rapport V/L [5].

### **I.3.3 Courbe de distillation :**

La courbe de distillation représente l'évolution volumique de la fraction de distillation en fonction de la température dans un équipement approprié (norme ASTM D86 et ISO 3405) à pression atmosphérique.

Cette technique est communément appelée distillation ASTM. Le changement de température est tracé en fonction de la quantité distillée, faites plus attention à :

- Point initiale (PI) : température repérée au moment où apparaît la première goutte de distillat.
- Fractions évaporées en pourcentage (volume) à 70°C, 100°C, 180°C, de signées respectivement par E70, E100, E180.
- Point final (PF) : température pour laquelle on recueille la dernière goutte de distillat [6].

### **I.3.4 La Tension de vapeur REID :**

La pression de vapeur Reed (TVR) de l'essence est une caractéristique de qualité décisive. Elle correspond à la pression relative générée par la vapeur d'un échantillon de carburant placé dans une enceinte fermée à une température de 37,8°C. Elle est généralement comprise entre 0,35 et 1 bar.

En effet, la volatilité du carburant doit être suffisante pour assurer un démarrage rapide et satisfaisant du véhicule par temps froid. Au contraire, quand

Lors d'un fonctionnement à des températures élevées, la volatilité doit être limitée pour éviter une évaporation violente et minimiser la libération d'hydrocarbures légers dans l'atmosphère [6].

### **I.3.5 Le rapport V/L :**

Le rapport V/L est la norme de volatilité. A température et pression fixes, le rapport V/L représente le volume de vapeur formé par unité de volume de liquide initialement à 0°C.

La volatilité du carburant est alors exprimée par le niveau de température où le rapport V/L est égal à une valeur spécifique, par exemple:

$$V/L = 12, V/L = 20, V/L = 36.$$

Il existe une corrélation entre la température correspondant à ces vitesses d'évaporation et les paramètres classiques de volatilisation (TVR, courbe de distillation).

$$1) T_{(V/L)12} = 88.5 - 0.19 E70 - 42.5 PVR. \quad (I.3)$$

$$2) T_{(V/L)20} = 90.6 - 0.25 E70 - 39.2 PVR. \quad (I.4)$$

$$3) T_{(V/L)36} = 94.7 - 0.36 E70 - 32.3 PVR. \quad (I.5)$$

Avec :

1-  $T_{(V/L)x}$  : la température (°C) pour laquelle  $V/L = x$ .

2- E70 : pourcentage Evaporé à 70°C.

3- PVR : pression de vapeur Reid [bar].

### I.3.6 L'indice d'octane :

L'indice d'octane est une mesure de la capacité à résister aux chocs lorsque l'essence est brûlée.

Le processus normal de combustion d'un moteur à allumage commandé comprend la combustion rapide mais progressive du mélange air-carburant, grâce à la propagation du front de flamme de l'étincelle entre les électrodes de la bougie [5].

Le phénomène parasite est le cliquetis, qui est une sorte de combustion spontanée instantanée, une grande quantité d'imbrûlés et se déplaçant à travers le piston et libérant de l'énergie du front de flamme. Cela conduit à une augmentation locale de la pression, puis la vibration de la masse de gaz est progressivement affaiblie jusqu'à ce que la pression en tout point de la chambre de combustion soit équilibrée, et le bruit caractéristique qui provoque la cloche métallique est généré, d'où l'origine de la terme « clic ».

Afin de caractériser le comportement du carburant ou de ses composants en termes de résistance au cliquetis, les méthodes traditionnelles et courantes utilisées depuis les années 1920 incluent l'introduction de la notion classique d'indice d'octane.

Comparer le comportement de l'essence avec le comportement de deux hydrocarbures purs choisis comme référence. Il s'agit du 2,2,4-triméthylpentane ou isooctane, très résistant à la combustion spontanée, auquel on attribue arbitrairement un indice de 100, et du n-heptane faible, qui a un indice de 0.

Si le carburant dans des conditions expérimentales bien définies se comporte comme un mélange de x% en volume d'isooctane et (100-x)% de n-heptane, alors le carburant a un indice d'octane x.

L'indice d'octane est mesuré à l'aide d'un moteur de référence appelé CFR (Cooperative Fuel Research). Il a une structure très robuste et peut résister aux chocs à long terme sans accident. Le principe de cette méthode est d'augmenter progressivement le taux de compression du moteur CFR jusqu'à l'obtention d'une intensité de clic « standard », qui est détectée par un capteur de pression installé dans la chambre de combustion. Comparer le taux de compression critique ainsi enregistré avec les deux valeurs enregistrées avec deux mélanges binaires heptane-iso-octane de composition similaire.

Il existe deux procédures standard pour déterminer l'indice d'octane : la méthode "recherche" et la méthode "moteur". L'indice correspondant spécifié par les symboles RON (Etude de l'indice d'octane) et MON (indice d'octane du moteur).

La différence entre ces deux programmes est principalement liée au régime de fonctionnement du moteur CFR. Par conséquent, lorsque le RON est déterminé, le moteur tourne à 600 tr/min sans chauffer le mélange carburé, tandis que MON tourne à 900 tr/min et à une température du mélange carburé de 149 °VS.

Le MON de l'essence est toujours inférieur au RON, la différence est appelée sensibilité, elle constitue en fait une indication de la "sensibilité" du carburant à la modification des conditions expérimentales, et plus précisément de la "sensibilité" à l'échauffement. Exécuter dans le programme MON.

Le RON de la plupart des essences et supercarburants conventionnels se situe entre 90 et 100, tandis que le MON se situe entre 80 et 90 [6].

Dans la plupart des cas, une attention particulière sera portée aux chocs à grande vitesse (plus de 400 tr/min), et les conséquences mécaniques sont terribles, à savoir

Le MON peut mieux refléter la tendance au cliquetis à haute vitesse, au contraire, le RON est un meilleur indicateur du risque de cliquetis à basse vitesse (1500 à 2500 tr/min).

Ces deux indices ont leurs propres usages, ce qui explique pourquoi l'un d'eux est pris en compte lors de la formulation des spécifications des espèces [5].

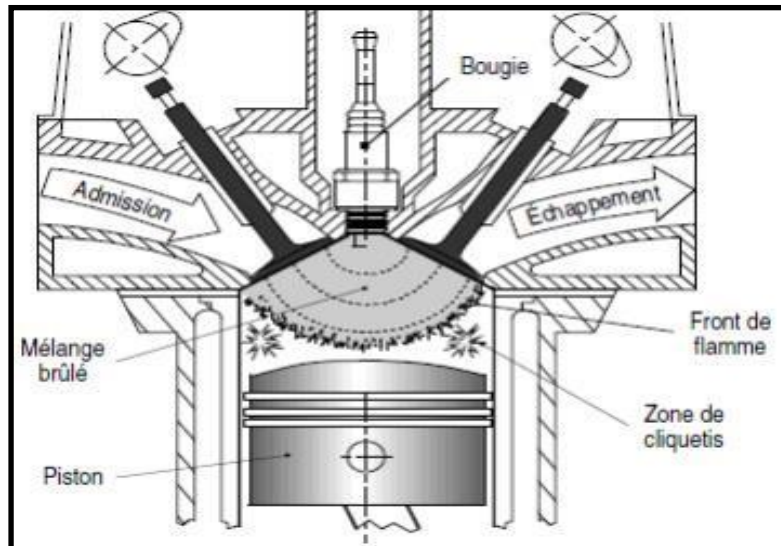
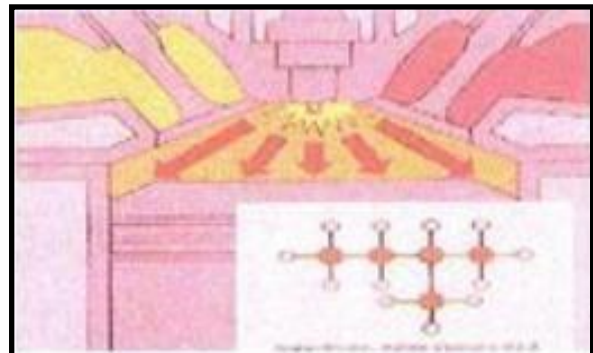
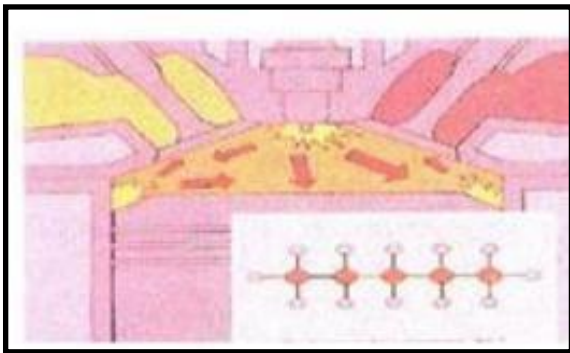


Figure I.8. Schéma de principe de fonctionnement d'un moteur [4].



Essence à faible indice d'octane ;  
 Processus de combustion incontrôlé ;  
 (Détonation) surchauffe et détérioration ;  
 Des pièces métalliques ;

Essence à élevé indice d'octane ;  
 processus régulier de combustion ;  
 front régulier des flammes ;  
 utilisation optimale de la

Réduction de la force motrice ;

force motrice ;

#### I.4 Spécifications des essences :

Le carburant automobile varie d'une région à l'autre. Ces spécifications varient d'un pays à l'autre dans tous les aspects : indice d'octane, point de distillation, TVR et même composition..

Les modifications les plus importantes introduites pour l'essence sont :

- Elimination du plomb.
- Réduction de la teneur en benzène.
- Réduction de la teneur en aromatiques.
- Réduction de la teneur en oléfines.
- Réduction de la TVR.

## Reference :

- 1- LALAOUI Sonia, Caractérisation physico-chimiques des carburants des véhicules cas : essence super et gazole, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Master en Analyse Chimique université de Bejaïa, 2014/2015.
- 2- FEIA Islam OKBA Mohammed Nadjib, *Amélioration de la teneur en précurseurs D'aromatiques de la NAPHTA B au niveau du splitter de l'unité Topping de la raffinerie de SKIKDA RAI/K*, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Raffinage et pétrochimie Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued, chapitre 3 ,01/06/2015.
- 3- BOUCHA Khaled, OUSFIA Abderrezak, (Amélioration de l'indice d'octane par reformage catalytique au niveau de la raffinerie d'adrar RA1D ), Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Chimique UNIVERSITE d'ADRAR, chapitre 2, 26 Juin 2019.
- 4- Richard S. Kraus, LE RAFFINAGE DU PÉTROLE, Chapitre 78, <http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo078.htm>, 13 :45.
- 5- F. AKBOUDJ, N. BOUMEKIR, N. CHIROUF, Etude du pétrole brut dessalage et distillation atmosphérique, Mémoire de fin d'étude, Université M'entourai Constantine, Génie chimique, 2008.
- 6- BAHADJI Brahim, SENNAOUI Billel, Amélioration De L'indice D'octane par Reformage Catalytique U202 De La Raffinerie D'ADRER (RA1D), Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Industrie pétrochimique Université du 20 Août 1955-Skikda, 2016/2017.

CHAPITRE II :  
AUGMENTATION DE LA  
QUALITÉ DES ESSENCES

## II.1 Introduction

Presque 10 % du produit de la distillation de pétrole brut sont une fraction appelée **l'essence de distillation directe**, qui a servi de carburant satisfaisant pendant les premiers jours du moteur à combustion interne. Comme le moteur automobile s'est développé, il a été rendu plus puissant en augmentant le taux de compression. Les voitures modernes roulent au taux de compression de 9:1, ce qui signifie que le mélange d'essence-air dans le cylindre est comprimé par un facteur de neuf avant l'allumage. L'essence de distillation directe brûle inégalement dans les moteurs surcomprimés, produisant une onde de choc qui cause la détonation du moteur. Le défi pour l'industrie du pétrole était d'augmenter le rendement d'essence de chaque baril de brut et de diminuer la tendance de l'essence à détonner quand il brûle. Il a été découvert que :

- Les alcanes et cycloalcanes ramifiés brûlent plus uniformément que les paraffines linéaires.
- Les alcanes ( $C_4H_{10}$ ) brûlent plus uniformément que les alcanes très longs ( $C_7H_{16}$ ).
- Les alcènes brûlent plus uniformément que les alcanes.
- Les hydrocarbures aromatiques brûlent plus uniformément que les cycloalcanes.

La mesure, utilisée de la capacité d'une essence à brûler sans détonation est son **indice d'octane**. Le nombre d'octane compare la tendance d'une essence à détonner avec la tendance à la détonation d'un mélange de deux hydrocarbures, l'heptane et le triméthylpentane 2,2,4, (isooctane). L'heptane détonne beaucoup tandis que l'isooctane est plus résistant à la détonation. On donne un nombre d'octane de 87 aux essences qui correspondent à un mélange de 87 % d'isooctane et de 13 % d'heptane

Avant 1922, on avait découvert un certain nombre de composés qui pouvaient augmenter l'indice d'octane de l'essence. Ajouter aussi peu que 6 ml de plomb tétraéthyle à un gallon d'essence, par exemple, peut augmenter l'indice d'octane de 15 à 20 unités. Cette découverte a amené la première essence « d'éthyle » et a permis à l'industrie du pétrole de produire des essences pour avions légers avec des indices d'octane plus grand que 100

Et ainsi pour augmenter l'indice d'octane est **reformage catalytique**, qui peut produire une essence avec des indices d'octane encore plus élevés. et en plus il y a d'autres procédures pour l'augmentation comme polymérisation et alkylation, isomérisation.

## II.2 Les procédés d'amélioration l'indice d'octane

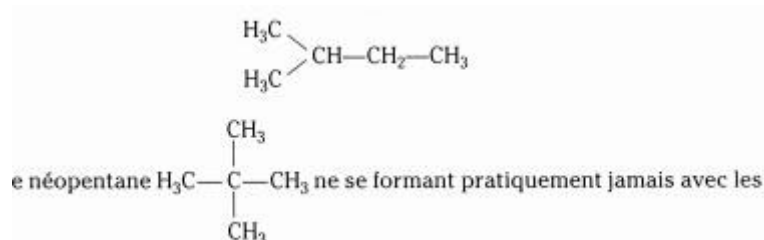
### II.2.1 Isomérisation

#### II.2.1.1 But

La réaction d'isomérisation permet de transformer les paraffines normales ( chaîne linière) à 5 et 6 atomes de carbone, de faibles indices d'octane, en iso-paraffines pour augmenter l' indices d'octane (tableau1).

Les différents isomères obtenus sont les suivants

- Pour le n-pentane, l'isopentane



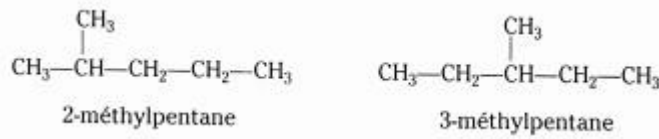
Catalyseurs couramment utilisés :

**Tableau II.1** : indices d'octane des hydrocarbures purs [2].

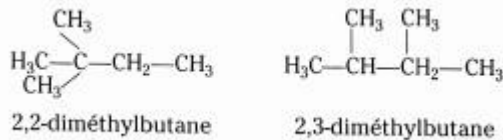
Hydrocarbures	NOR	NOM
Isobutane	100	99
N-butane	94	89,1
Isopentane	92,3	90,3
N-pentane	61,7	61,9
Diméthyl-2,2butane	91,8	93,4
Diméthyl-2,3 butane	100,5	94,3
Méthyl-2pentane	73,4	73,5
Méthyl-3 pentane	74,5	74,3
N-hexane	24,8	26
Diméthyl-2,2 pentane	92,8	93
Diméthyl-2,3 pentane	91,1	89
Diméthyl-2,4 pentane	83,1	82
Diméthyl-3,3 pentane	80,8	84
Méthyl-2 hexane	42,4	45
Méthyl-3 hexane	52	55,8
Éthyl-3 pentane	65	69,3
Triméthyle-2,2,3 butanes	112,1	101
N-heptane	0	0

Pour le n-hexane  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$  on obtient

Les isomères monobranches d'indice d'octane modeste de l'ordre de 75

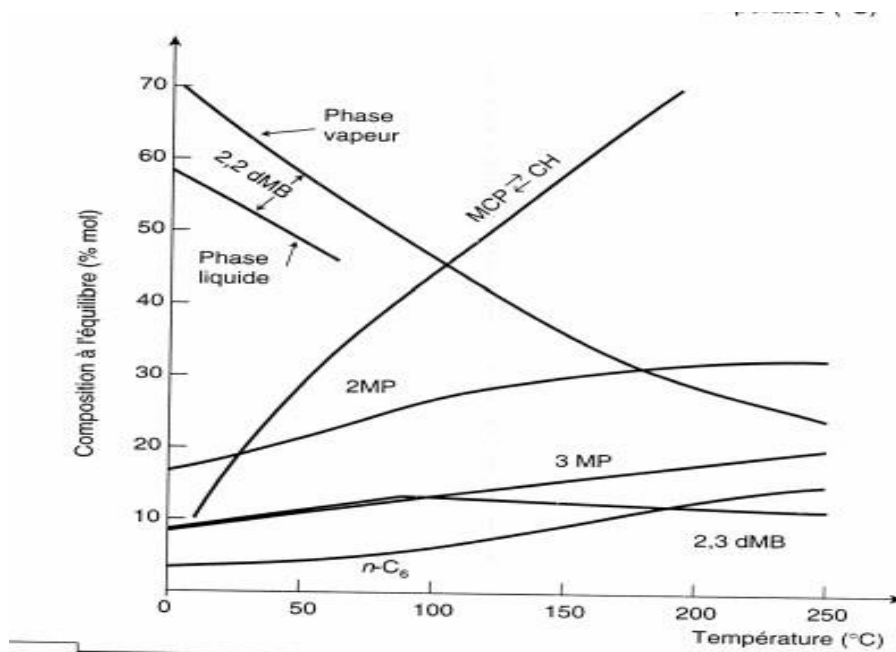


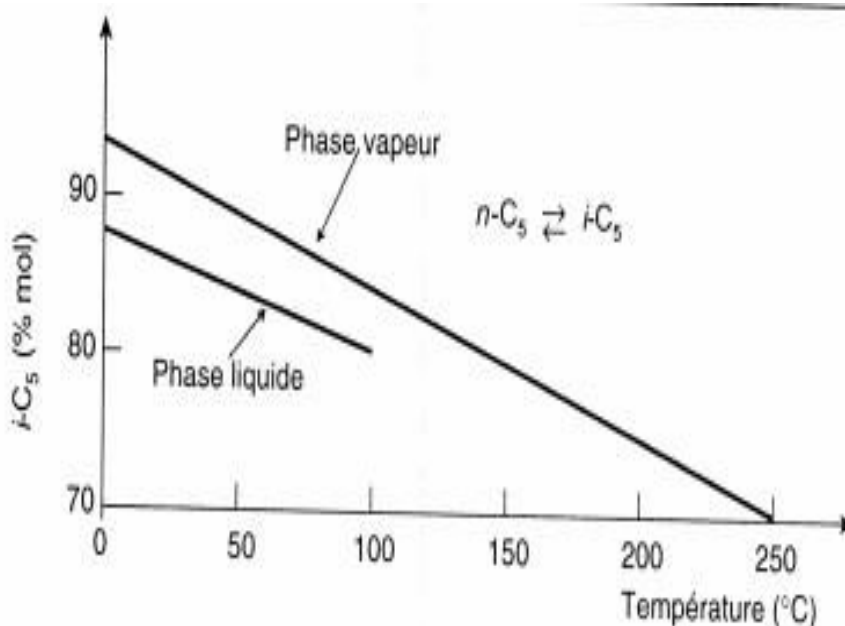
Les isomères dibranches d'indice d'octane élevé supérieur à 90



### II.2.1.2 Thermodynamique

La réaction d'isomérisation est une réaction exothermique ( $\Delta H \approx -20$  KJ/mol). C'est une réaction équilibrée, qui n'est pas affectée par une variation de pression car elle se produit sans variation du nombre de moles. Les courbes d'équilibres thermodynamiques montrent que les isomères les plus intéressants d'un point de vue de l'indice d'octane sont favorisés à basse température (fig.1). Industriellement, il faudra donc travailler à la plus basse température possible afin d'obtenir le maximum d'isomères d'indice d'octane élevé





**Figure II.1 :** Répartition thermodynamique en phase vapeur des isomères en fonction de la température [2]

2,2 dMB : 2,2diméthylbutane, 2 MP : 2méthylpentane, 3MP : 3méthylpentane.

2,3 dMB : 2,3-diméthylbutane, MCP : méthyl cyclopentane, CH : cyclohexane.

Ces considérations thermodynamiques impliquent que les catalyseurs les plus adaptés pour cette réaction doivent être suffisamment actifs pour pouvoir travailler à la plus basse température possible.

### II.2.1.3 Le catalyseur

Les catalyseurs d'isomérisation doivent être intrinsèquement très acides thermodynamiques pour améliorer la formation et l'isomérisation d'un carbocation, dont l'existence en tant qu'intermédiaire réactionnel est maintenant bien reconnue (II-I-4).

Depuis 1933 il y a quatre générations de catalyseurs se sont réalisées où des chercheurs ont montré que l'hexane ( $C_6H_{14}$ ) et l'heptane ( $C_7H_{16}$ ) pouvaient être isomérisés par le chlorure d'aluminium, premier des catalyseurs d'isomérisation.

1<sup>ère</sup> génération : catalyseurs Friedel et Craft  $AlCl_3$ . Qui présentent une activité élevée à faible température (60-100°C). Ces catalyseurs sont difficiles à mettre en œuvre, car ils sont générateurs de corrosion.

2<sup>ème</sup> génération : (années 1950), catalyseurs bifonctionnels métal/support et essentiellement Pt/alumine, voisins des catalyseurs de reformage catalytique. Leur mise en œuvre est simple, les problèmes de corrosion sont éliminés et les problèmes de sensibilité aux poisons sont moins aigus, ce qui augmente leur durée de vie. Cependant, ils travaillent à température élevée (350 à 550°C), et ainsi c'est fait une limitation thermodynamique de la conversion par passe.

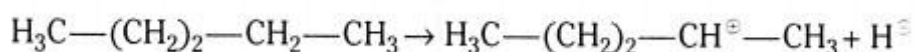
3eme génération : catalyseurs métal/support voisins des précédents mais développant une acidité accrue par halogénéation (Cl, F) du support constitué généralement d'alumine, ce qui leur permet de développer une activité élevée à des températures plus proches de celles utilisées pour les catalyseurs Friedel et Crafts (120 à 160 °C) Ces catalyseurs nécessitent le prétraitement de la charge car ils sont sensibles aux poisons et en l'eau. Ils sont, difficiles à mettre en œuvre et générateurs de corrosion. Cette corrosion est essentiellement due à l'injection de chlore en continu dans la charge lors de la réaction, afin de sauvegarder leur activité.

4eme génération : catalyseurs zéolitiques permettant de travailler à des températures moyennes (250 à 270 C), mais qui présentent l'avantage d'être très faciles à mettre en œuvre et d'être résistants aux poisons tels que le soufre et l'eau, ce qui évite le prétraitement de la charge Chacune de ces générations de catalyseurs a fait au cours du temps l'objet de procédés industriels. Seuls actuellement sont utilisés industriellement les catalyseurs de 3 et 4 générations, ce sont eux que nous développerons plus loin.

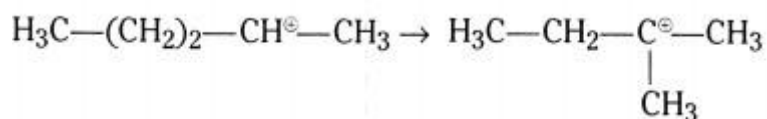
### II.2.1.4 Mécanisme de la réaction

l'intermédiaire réactionnel est un carbocation Cependant, le mécanisme de la réaction est différent selon que Ton travaille avec des catalyseurs très acides, tels que le catalyseur Pt sur alumine chlorée ou avec des catalyseurs zéolitiques.

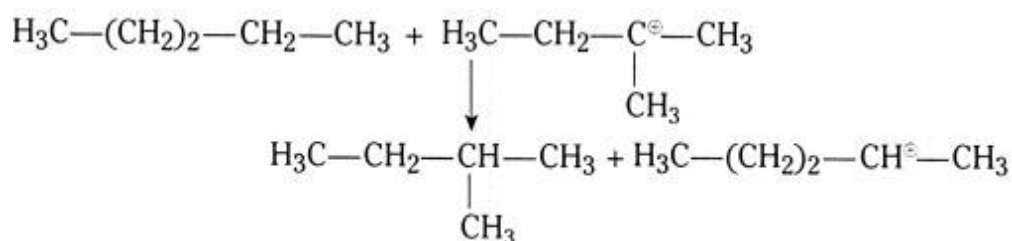
- **Pour les catalyseurs très acides**, le mécanisme est monofonctionnel acide et que dans ce cas la formation du carbocation se fa par arrachement d'hydrure à la paraffine, suivant le schéma ci-dessous



- Réarrangement du carbocation secondaire en un carbocation tertiaire plus stable

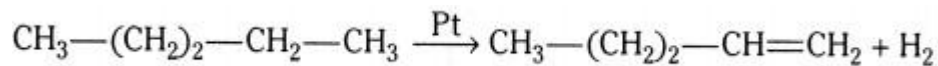


- Formation de l'iso paraffine par transfert d'hydrure H

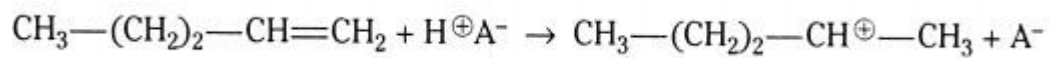


- **Pour les catalyseurs zéolithiques faible acides**, on d'mécanisme bifonctionnel métal/acide. Dans un premier temps, l'oléfine provient de la déshydrogénation de les alcènes sur le platine. Le carbocation ensuite formé par protonation de l'oléfine sur les sites acides suivant schéma ci-dessous

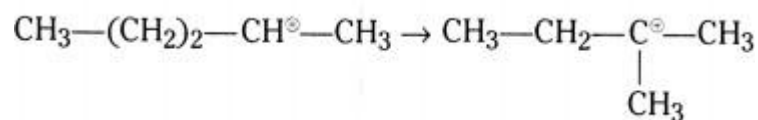
- Formation de la n-oléfine



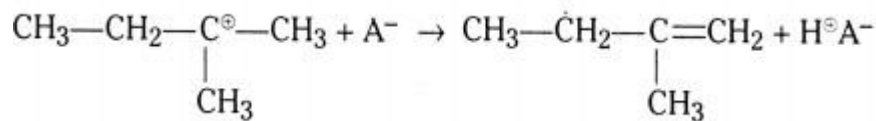
- Formation du carbocation



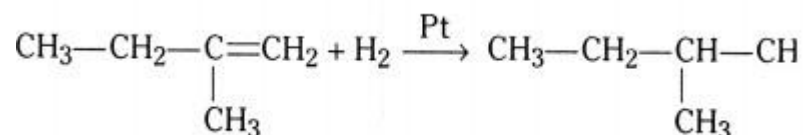
- Réarrangement du carbocation secondaire en un carbocation tertiaire



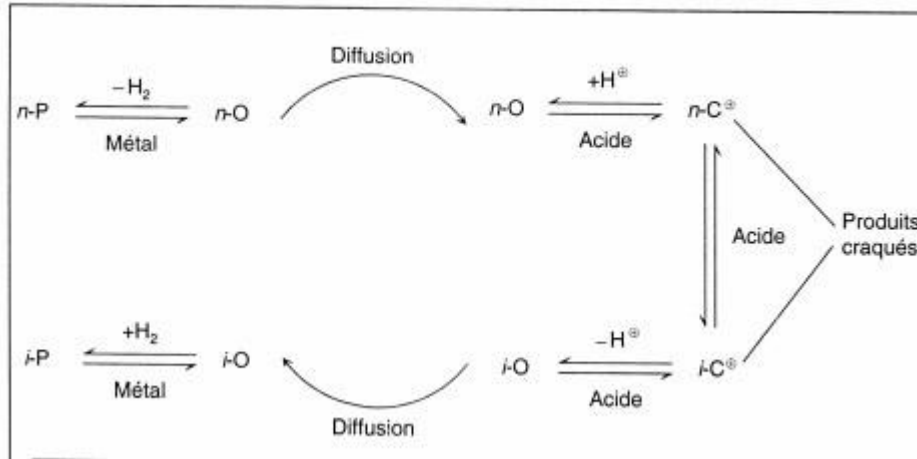
- Formation de l'iso-oléfine



- Formation de l'isoparaffine



Sur ce dernier type de catalyseurs, le schéma réactionnel met en jeu également des étapes de diffusion entre sites métalliques et sites acides (fig..2), ce qui nécessite que ces sites proches les uns des autres. Ceci a des conséquences importantes au niveau de la préparation du catalyseur



*Figure II.2 : Schéma réactionnel de l'isomérisation [2].*

n-P; n-paraffine n-O n-oléfine, -O iso-oléfine

i-o; paraffine, n-C et i-C; ion carbonique

Dans le cas des catalyseurs Pt sur alumine chlorée, on ne peut cependant pas exclure qu'il y ait superposition des deux mécanismes monofonctionnel acide et bifonctionnel [3].

### II.2.1.5 Schémas simplifiés de procédés

Pour chaque type de catalyseurs il existe un schéma de procédé (fig. 3et4). Avec les catalyseurs Pt sur alumine chlorée, le procédé doit notamment comporter des sécheurs sur la charge et sur l'hydrogène et une injection de chlore en continu pour maintenir la teneur en chlore du catalyseur. Les composés chlorés les plus couramment utilisés sont le tétrachlorure de carbone (CCl<sub>4</sub>) ou le perchloréthylène (C<sub>2</sub>, Cl<sub>4</sub>), moins toxique. Un ballon laveur est également nécessaire pour éliminer l'acide chlorhydrique présent dans les gaz

Dans le cas des catalyseurs zéolithiques, le procédé doit comporter un compresseur permettant de recycler l'hydrogène.

Si ce procédé donne en une seule passe des performances faibles que le procédé dépend en œuvre les catalyseurs Pt sur alumine chlorée, il est possible pour obtenir le maximum d'octane de recycler les n-paraffines non converties, voire même les isomères monobranches faible nombre d'octane. Dans ce cas, la différence de performances entre les deux types de catalyseurs s'amenuise, la réaction devenant moins sensible à la température, comme le montre la figure 5.

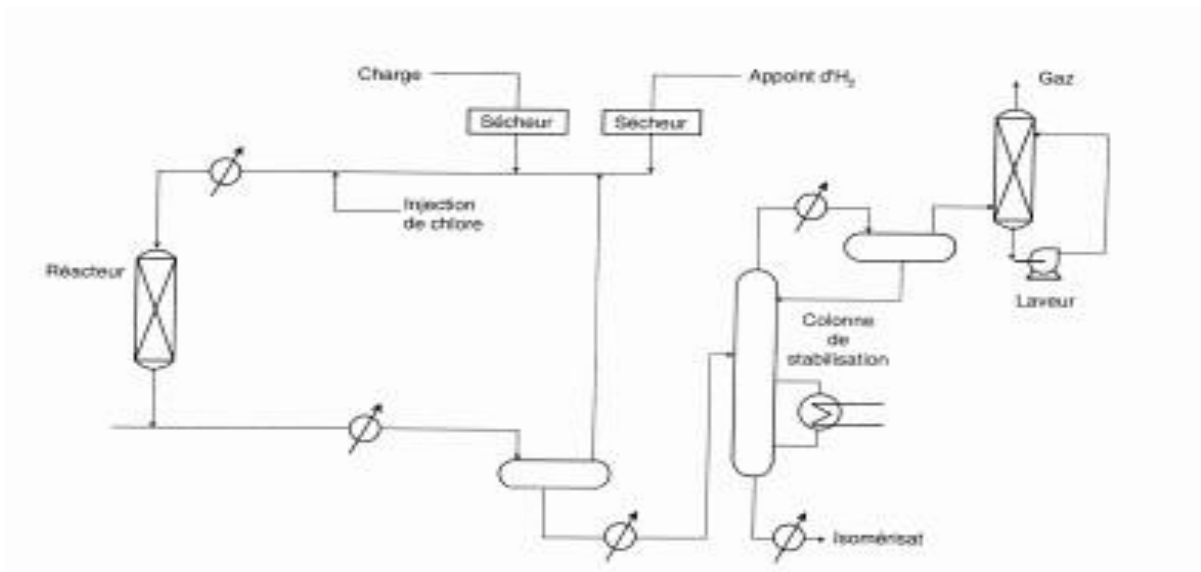


Figure II.4 : Schéma de procédé l'isomérisation sur catalyseur Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [2].

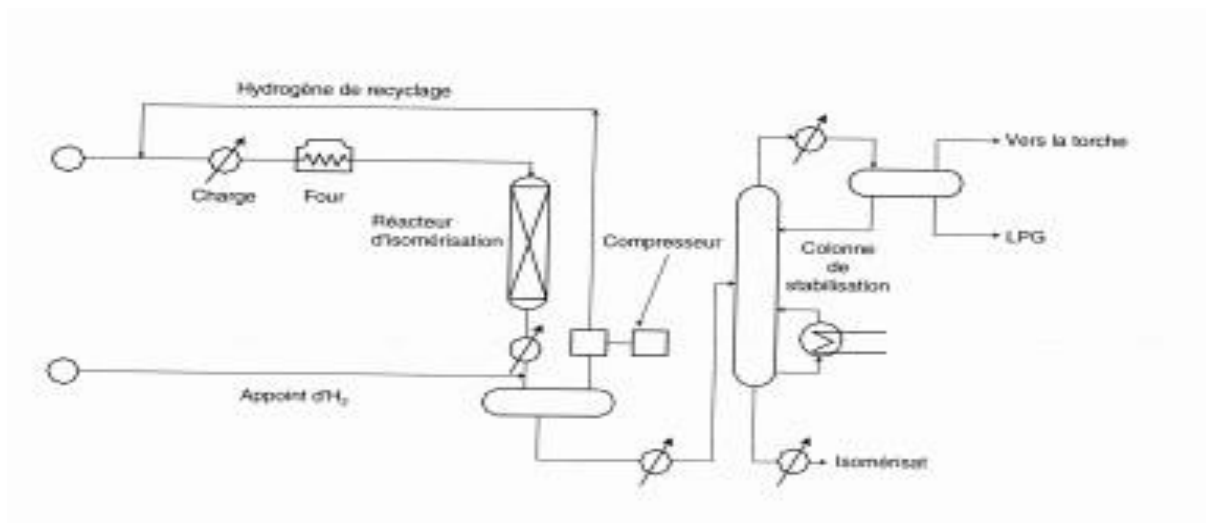


Figure II.3 : Schéma de procédé pour l'isomérisation simplifié sur catalyseur zéolithiques [2].

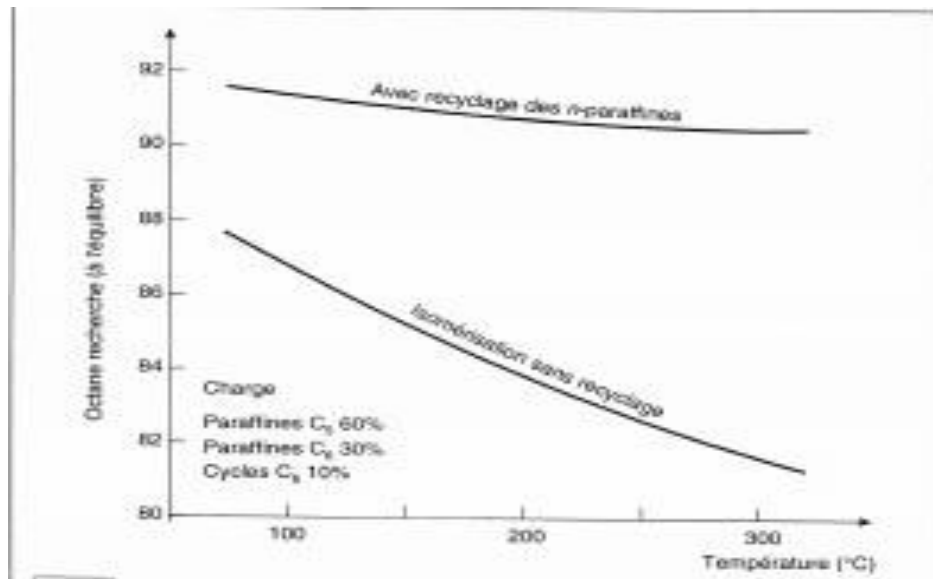


Figure II.5 : équilibre thermodynamique avec et sans recyclage des paraffines normales [2].

## II.2.2 Alkylation :

L'alkylation a été discutée dans l'unité 2 sous les procédés unitaires. Dans le contexte du traitement du brut, c'est l'union d'une alcène avec un hydrocarbure aromatique. Ce procédé très important relativement mineure comparée au craquage catalytique et aux procédés de reformage catalytique. Il est utilisé pour convertir des hydrocarbures gazeux en essence en présence d'un catalyseur acide comme le fluorure d'hydrogène ou l'acide sulfurique. Les processus sont exothermiques et semblables à la polymérisation. Un exemple est la formation de 2,2-Diméthylbutane de l'éthylène et de l'isobutane

### II.2.2.1 Rôle du procédé dans la production d'essence

La demande croissante en essence de qualité supérieure s'accompagne de nouvelles contraintes portant sur la teneur en plomb des carburants.

Commencée aux Etats-Unis et au Japon, le processus de réduction des additifs plomb promoteurs d'octane) dans les essences est maintenant bien engagé en Europe. Il devrait aboutir à la suppression totale de cet additif vers l'an 2000. Récemment, les Etats-Unis ont décidé la suppression totale du plomb et, avec le Clean Air Acte. de limiter les teneurs de certains constituants,

Considéré comme dangereux, dans l'essence. Une reformulation des essences est donc nécessaire, les contraintes à respecter étant, pour l'essentiel, les suivantes :

- Élimination le plomb
- Réduire de la teneur en benzène moins de 1% en volume

- Réduire de la teneur en aromatiques 25% maximum en volume
- Teneur maximum en oléfines : voisine de 10 en volume
- Teneur en oxygène : supérieure à 20 en masse
- Tension de vapeur : comprise entre 0,46 et 0,56 bar

En Europe, des mesures analogues sont à l'étude, sans réduire les indices d'octane recherche (NOR) et moteur NOM des essences qui doivent être maintenus à des niveaux élevés NOR NOM = 95/85 pour Eurosuper et 98/88 pour le Superplus. Ceci implique d'avoir recours de façon toujours croissante à d'autres composés que les aromatiques : alcanes fortement ramifiés et composés Oxygènes (éthers surtout, dans certains cas alcool)

Les alkylats constituent une base pour carburant qui répond à l'ensemble des critères des essences reformulées car ils ne sont constitués que d'iso paraffines très ramifiées, le teneurs en aromatiques et oléfines sont très basses (tableau 2)

**Tableau II.2 : Propriétés des principaux constituants des carburantes [2].**

	NOM	NOR	TVR (bar)	Aromatiques (% vol)	Oléfines (% vol)
Essence FCC	78-81	89-93	0,5	30	20
Reforma	87-92	96-105	0,37	70	0,7
Alkylat	90-94	92-97	0,55	0,5	0,5

Aux Etats-Unis, 11% en volume du pool essence sont constitués d'alkylat. La teneur en alkylat dans les carburants européens est passée de 4% en masse en 1988 à 6% aujourd'hui

### II.2.2.2 Thermodynamique des réactions

Alkylation aliphatique consiste en la réaction d'une mole d'isobutane et d'une mole d'oléfine pour former une mole d'iso paraffine Dans le cas où l'oléfine est un butène elle s'écrit :



L'exothermicité de la réaction est fonction de la nature de l'oléfine (tableau 3) La réaction d'alkylation exothermique et accompagnée d'une diminution du nombre total de molécules, est de ce fait favorisée à basse température et haute pression.

**Tableau II.3** : Influence de la nature de l'oléfine sur la chaleur de la réaction de l'isobutane [2].

Oléfine	$\Delta H(Kj/mol)$
Propylène	-81,5
Butène -1	-89,4
Butène -2cis	-82,5
Butène -2 trans	-78,4
Pantènes	-74,9

### II.2.2.3 Catalyseurs

La réaction d'alkylation de l'isobutane par les oléfines peut être réalisée en absence de catalyseur, dans des conditions sévères température voisine de 500 C° et pressions comprises entre 200 et 400 bars. En présence de catalyseur acides, la réaction se déroule à basse température (inférieure à 50 C°) et basse pression (intérieure a 30 bar).

Seuls deux catalyseurs sont utilisés industriellement dans les unités de production d'alkylats les acides HF et H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a l'état liquide.

Les principales caractéristiques physico-chimiques de ces deux acides Sont résumées dans le tableau 4

**Tableau II.4** : Principales caractéristiques physico-chimiques des catalyseur HF et H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [2].

	HF	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Masse moléculaire	20,01	98,08
Point d'ébullition(°C)	19,4	290
Point de fusion (°C)	-82,8	10
Densité ( $d_4^{15}$ )	0,99	1,84
Viscosité(cP)	0,256(0°C)	33(15°)
Acidité Hammett (-H <sub>0</sub> )	10,0	11,1
<b>Solubilité</b> (%masse)		
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> dans acide 100%	2,7	-
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> dans acide 99,5%		0,1
HF dans i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (27°C)	0,44	-
HF dans C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (27°C)	0,90	-

Les caractéristiques présentées dans le tableau 4 sont relatives à des acides irais C'est-à-dire ne contenant pas de matières organiques dissoutes (polymères). Les acides en opération dans les unités d'alkylation sont des acides "équilibrés", Les caractéristiques de ces acides "équilibrés " sont mal Connues et peuvent dépendre du type d'unité. Par exemple, un acide sulfurique "équilibrer" contient, en masse, environ 1,5 à 3% d'eau et 7 à 8,5% de matières organiques (huiles solubles). La solubilité de l'isobutane dans les acides équilibrés est nettement supérieure a celle mesurée dans les acides frais 0,4% masse pour H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et est supérieure à 3,6% masse pour HF.

#### **II.2.2.4 Mécanismes de réaction**

Le processus complet par lequel l'isobutane réagit avec une oléfine est complexe eu égard au grand nombre de réactions secondaires possibles. Le mécanisme d'alkylation de l'isobutane par une oléine en présence des catalyseurs HF et H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, est un mécanisme de type cationique (catalyse acide) dans lequel les intermédiaires réactionnels Sont des carbocations.

Cet ensemble de réactions donne naissance à deux familles de composés, d'une part un mélange complexe d'isoparaffines appelé « alkylat »

#### **II.2.3 Additifs améliorant l'indice d'octane**

Une deuxième série d'additifs est constituée par les additifs destinés à améliorer l'indice d'octane Nous examinerons successivement le rôle joué par ces additifs, les substances utilisées à ce jour et les perspectives futures en matière d'additifs dans ce domaine.

##### **II.2.3.1 Rôle des additifs améliorant nombre d'octane**

l'indice d'octane est une mesure qui indique la capacité du carburant à résister à l'auto-inflammation pendant la période de compression, avant l'allumage commandé

Les additifs fonctionnent par réaction avec les produits d'oxydation partielle des hydrocarbures en stoppant la chaine d'oxydation qui conduirait à la combustion

A des doses relativement faibles, il était possible au raffineur de gagner plusieurs points d'indice d'octane et d'ajuster ainsi le supercarburant aux spécifications en vigueur.

### II.2.3.2 Structures chimiques efficaces pour améliorer l'indice D'octane essences

Les produits qui ont été le plus largement utilisés sont des composés Organométalliques et en particulier les dérivés du plomb qui ont été commercialisés depuis 1920

Afin de fournir une teneur en plomb constante dans toute la gamme de température d'ébullition de l'essence. On a utilisé deux dérivés, le plomb tétraéthyle et le plomb tétraméthyle et leurs mélanges en proportions variable

Ces composés sont obtenus par action de dérivés halogénés organiques sur des alliages de plomb (alliage de magnésium ou de métaux alcalins).

D'autres structures organométalliques (à base de manganèse en particulier), issues de la chimie des complexes  $\pi$  avec les structures aromatiques, peuvent également servir à améliorer l'indice d'octane (Guibet, 1987, P. 276).

En ce qui concerne les composés non métalliques il a été mentionné des propriétés antidétonantes pour les composés azotés tels que les dérivés de L'aniline, de l'indole et de la quinoléine, et pour certains dérivés du phénol

### II.2.3.3 Perspectives d'avenir en ce qui concerne les additifs susceptibles d'améliorer nombre d'octane

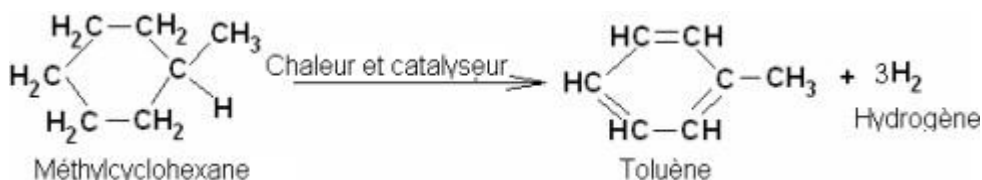
La protection de l'environnement implique l'élimination des dérivés du plomb, tout d'abord en raison de leur toxicité propre et ensuite parce que ces dérivés ou leurs produits de décomposition empoisonnent les catalyseurs des pots catalytiques. Les raffineurs vont se tourner vers des carburants reformulés ou l'indice d'octane sera apporté par des alkylats ou des composés oxygénés. Il a en effet été montré depuis longtemps que les composés oxygénés, alcools, éthers et cétones amélioreraient l'indice d'octane des mélanges à base d'hydrocarbures (Whitcomb, 1975)

### II.2.4 Le reformage catalytique

Le reformage catalytique est un processus très important utilisé pour transformer la fraction légère faible en octane en essence de nombre octane élevé par le mélange de composants appelés reformats. Selon les propriétés du feedstock du naphta (mesurées par le contenu en paraffine, en oléfine, en naphthalène et en aromatique) et des catalyseurs utilisés, les reformats peuvent être produits avec grandes concentrations en toluène, en benzène, en xylène et d'autres aromatiques utiles dans le mélange d'essence et le traitement pétrochimique. Le dihydrogène, un sous-produit significatif, est séparé du reformat pour recyclage et utilisation dans d'autres procédés. La plupart des procédés utilisent le platine comme catalyseur actif. Parfois, le platine est combiné avec un

Deuxième catalyseur (catalyseur bimétallique) comme le rhénium ou un autre métal noble.

La conversion est illustrée par la réaction suivante dans laquelle un cycloalcène est converti en composé aromatique, pour élever l'indice d'octane.



Université Virtuelle Africaine L'alimentation en fraction léger est mélangée avec l'hydrogène réutilisé et injectée dans le réchauffeur pour augmenté la température. On passe le mélange chaude de dihydrogène et de vapeurs de naphta par une série de réacteurs contenant le catalyseur .Les températures et les pressions(150°Cà 510°C et1,500kPaà7,000kPa) respectivement. Les produits sont refroidis et 90 % de du dihydrogène est comprimé et réutilisé. Le produit principal est fractionné. Le distillat de tête peut être utilisé comme carburant. Quelques systèmes de reformage catalytique régénèrent continuellement le catalyseur tandis que dans d'autres systèmes, un réacteur à la fois est retiré du flot pour la régénération du catalyseur. Quelques installations régénèrent les catalyseurs de tous les réacteurs pendant l'arrêt.

#### II.2.4.1 Le procédé de reformage catalytique

Le procédé consiste donc en première approximation, à produire des aromatiques de 6 à 10 atomes de carbone, avec un maximum n'en ayant que 7,8 ou 9. Pour cela, on part de charges contenant des alcanes ou des alcènes ayant un nombre équivalent d'atomes de carbone. Le tableau 5 donne la composition de deux charges typiques extrêmes l'une, 63% masse de paraffines, et d'autre, 63% masse de naphènes. A noter que les quantités d'aromatiques, dans ces deux charges de première distillation, sont inférieures à 15% masse

Les propriétés globales de ces deux charges sont données dans la partie(b) du tableau 6. Le NOR est faible : 50 pour la charge paraffinique, 66 pour, la charge naphénique. Le poids moléculaire est de l'ordre de 115 donc centré sur les C8 les points d'ébullition, PI 90 °C et PE = 160 °C limitent les concentrations en C6 et C10 Le soufre est présent dans ces charges à une teneur de 500 et 350 ppm, ces valeurs sont représentatives de charges dites Straight Run (SR) résultant de la distillation directe du brut. Des valeurs inferieures à 100 ppm sont rencontrées pour quelques bruts particuliers (Hassi Messaoud par exemple) Ces charges SR contiennent des quantités limitées quelques ppm de composés azotés (amines) ou oxygènes (phénol ou acide carboxylique). Dans certains cas. On peut trouver des traces (< 1ppm) de métaux ou

Métalloïdes suivant les origines des bruts On trouve ainsi souvent du mercure. Ou plus rarement de l'arsenic. Comme dans certains bruts chinois.

**Tableau II.5** : Caractéristiques de deux charges bypigues Analyse par famille et par nombre d'atomes de carbone, exprimée en masse [2].

	P Paraffines	N Naphènes	A Aromatiques
Charge(a)			
C <sub>5</sub>	-	-	-
C <sub>6</sub>	5,49	2,30	0,41
C <sub>7</sub>	16,83	5,80	3,18
C <sub>8</sub>	21,38	8,27	6,80
C <sub>9</sub>	17,26	5,95	3,08
C <sub>10</sub>	2,59	0,63	-
Totale	63,55	22,95	13,47
Charge(b)			
C <sub>5</sub>	0,16	0,27	-
C <sub>6</sub>	3,31	5,78	0,20
C <sub>7</sub>	6,13	14,24	1,20
C <sub>8</sub>	9,79	14,47	3,54
C <sub>9</sub>	3,89	17,14	4,29
C <sub>10</sub>	3,59	11,17	0,88
total	26,81	63,07	10,10

Si les besoins en octane barrel ne peuvent être satisfaits par le reformage de l'essence lourde (90-160 °C, on peut utiliser, pour augmenter la quantité de charge traitée au reformage, des coupes distillant dans le même intervalle provenant d'unités de conversion et ayant un indice d'octane trop faible. Ainsi, es essences de viscoréduction ou de cokéfaction peuvent être envoyées au reformage, elles se caractérisent, par rapport aux charges SR, par la présence

**Tableau II.6** ; Caractéristiques de deux charges typiques. Caractéristiques globales [2].

	Paraffinique(a) (Arabe léger)	Naphténique(b) (Nigeria)
NOR clair	50	66
P / N / A (% volume)	66,8 21,8 11,4	29,3 61,85 8,85
N+2A**	44,6	79,55
Distillation ASTM (%)		
PI	92	88
5	103	102
10	106	107
30	115	115
50	123	123
70	133	132
90	147	145
95	152	150
PF	155	161
Poide moléculaire moyen	114	119
$d_4^{15}$	0,733	0,763
S (PPm masse)	500	350
*P / N / A% paraffines / naphtènes / aromatiques		
**N+2A % naphtènes +2(% aromatiques)		

Importante d'oléfines, de soufre acide et de quantités plus élevées de composés azotés. L'essence d'hydrocraquage est une excellente charge : elle est propre, exempte de composés soufrés ou azotés, mal elle est constituée en majorité de naphtènes de structure cyclopentanique et d'isoparaffines. L'essence de cœur du FCC est une autre charge possible ; elle se caractérise par des concentrations non négligeables en oléfines et en aromatiques ainsi que par la présence de molécules comprenant des hétéroatomes tels que S ou N.

En l'absence d'une isomérisation de paraffines légères dans la raffinerie, il est tentant d'envoyer une partie de l'essence légère au reformage. Dans d'autres cas, on peut augmenter le point final de la charge, si les spécifications (du pool essence) le permettent et si la durée de cycle de reformage qui sera de ce fait réduite, reste dans des limites tolérables.

La figure 6 présente l'intégration d'un reformage catalytique dans une raffinerie qui dispose d'une isomérisation de l'essence légère (C5 -C 6) et d'un craquage catalytique avec

pour option la production d'un maximum d'essence, Sans néanmoins reformer l'essence de FCC: le reformage catalytique contribue, dans ce cas, a plus du tiers du pool essence

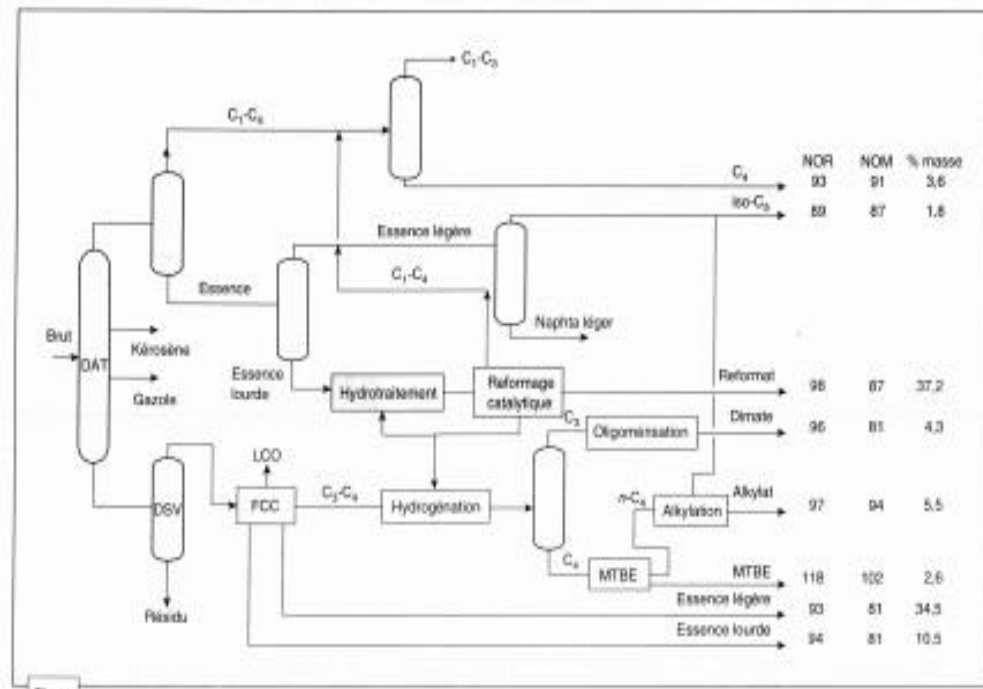


Figure II.6 : Intégration du reformage catalytique dans un raffinerie [2].

### II.2.4.2 Les transformations à réaliser

Une analyse plus approfondie peut être faite en considérant les nombres d'octane recherche et moteur des hydrocarbures a atomes de carbones (tableau 7). Seules les paraffines et les oléfines très branchées ainsi que les aromatiques ont des valeurs de NOR et NOM satisfaisantes pour le pool essence actuel : (NOR 95-NOM 85). Les paraffines faiblement branchées et naphènes ont des indices trop faibles.

Le NOR des paraffines, en général, et des mélanges al à l'équilibre thermodynamique a50 présenté dans la figure 7 décroît comme le nombre d'atomes de carbone augmente seuls les mélanges de 4 ou 5 atomes de carbone donnent des valeurs satisfaisantes. Les valeurs pour les aromatiques restent élevées quel que soit le nombre d'atomes de

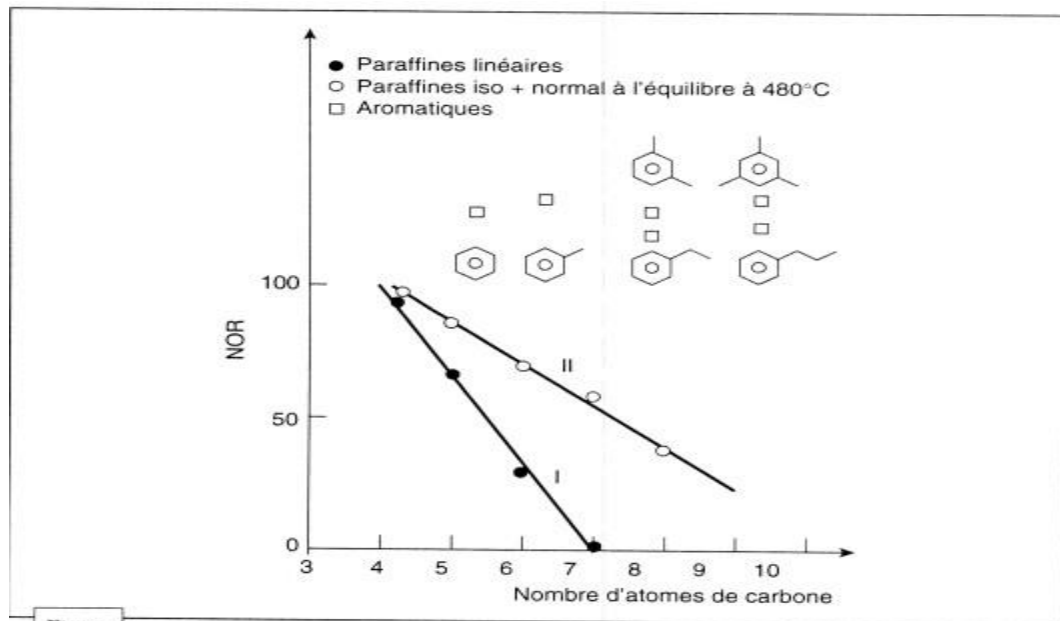


Figure II.7 : nombre d'octane recherche (NOR) en fonction de nombre d'atomes de carbone des paraffines linéaires et de leur mélange à l'équilibre à 480°C ainsi que de celui des aromatiques. [2].

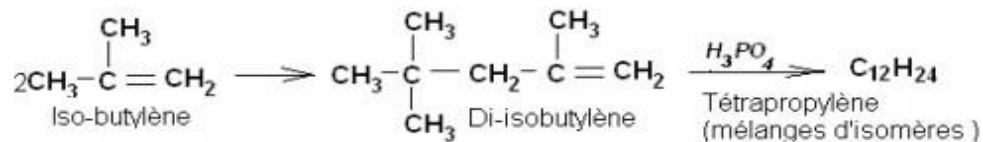
Tableau II.7 : Indices d'octane recherche et moteur de quelques composés à sept atomes de carbone [2].

	Composés	NOR	NOM
Paraffines C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	<chem>CCCCCCC</chem>	0	0
	<chem>CC(C)CCCC</chem>	42	-
	<chem>CCC(C)CC</chem>	56	46
	<chem>CC(C)C(C)C</chem>	89	-
	<chem>CC(C)CC(C)C</chem>	91	88
	<chem>CC(C)C(C)C</chem>	83	-
	<chem>CC(C)CC</chem>	83	-
	<chem>CC(C)CC(C)C</chem>	65	69
	<chem>CC(C)(C)C</chem>	112	101
Oléfines C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	<chem>CCCCCC=C</chem>	54	-
	<chem>CCCCC=C</chem>	94	-
	<chem>CCC=C</chem>	105	-
Naphténes C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	<chem>C1CCC(CC1)C</chem>	-	41
	<chem>C1CCCCC1</chem>	75	71
Aromatique C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	<chem>Cc1ccccc1</chem>	120	104

Pour obtenir un niveau d'octane satisfaisant, la transformation à réaliser dans le reforming consiste donc à convertir les hydrocarbures de la charge en un mélange d'aromatiques (C<sub>6</sub>- C<sub>9</sub> et d'isoparaffines en C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> La présence de paraffines à nombre de carbone supérieur à 5 est un handicap.

### II.2.5 Polymérisation

C'est la jonction de fractions à faible poids moléculaire pour obtenir des composants à poids moléculaire important. Ce processus transformé des gaz d'hydrocarbure pour produire un hydrocarbures liquides qui sont appropriés pour être utilisés comme carburants à nombre d'octane élevé Les molécules qui se combinent sont d'habitude non saturées. Le propylène et l'isobutylène (isobutène ou 2-méthylpropène) sont des oléfines conventionnelles polymérisées dans la phase de vapeur dans des réactions telles que montrées ici :



**Reference :**

1. Jean –pierre WAUQUIER (le raffinage du pétrole (pétrole brut –produits pétroliers – schéma de fabrication) tome -1<sup>er</sup> édition 1994 édition Technip.
2. Pierre LEPRICE (le raffinage du pétrole (procédé de transformation)) tome 3<sup>eme</sup> Édition 1998 édition Technip.
3. Montranal R, Duhaut P (1972) reformage catalytique in ; raffinage et génie chimique, P, Wuithier, édition Technip, Paris ,775-815.
4. Helen Njeri Njenga (chimie industrielle) université virtuelle Africaine.

**CHAPITRE III :**  
**UNITÉ DE REFORMAGE**  
**CATALYTIQUE CRU**

### III.1 Introduction :

Les essences qui proviennent de la distillation primaire contiennent des éléments nocifs ou indésirables (soufre, azote, oxygène, etc...). De plus à cause de faible indice d'octane, elles ne peuvent pas servir pour les moteurs à combustion interne et surtout pas pour ceux qui travaillent dans des conditions encore plus sévères.

Le reforming est employé surtout pour obtenir du reformant à haut indice d'octane, mais étant donné que la raffinerie d'Adrar est prévue pour la production des carburants, les conditions fonctionnelles du reforming catalytique sont telles pour améliorer au maximum la production de reformant à plus teneur en aromatiques.

L'unité Reforming de RA1D se compose de deux sections à savoir :

- Section prétraitement.
- Section Reforming.

### III.2 Les propriétés physiques de la charge de prétraitement :

*Tableau III-1 : Les propriétés physiques de la charge de prétraitement.*

Propriétés	Naphta
Densité a 20 C°	0.7154
T.V.R. à 37.8 C°/Kg cm <sup>2</sup>	
<b>Distillation ASTM</b>	
Point initial C°	45
Point final C°	161
<b>Les compose en % massique</b>	
Paraffines	65.4
Naphtènes	30.53
Aromatiques	3.68
Oléfines	0.09
Soufre % poids	0.01
Azote ppm poids	2.5

### III.3 Description de Section Prétraitement :

Cette section contient deux circuits :

- De section préfractionnement.
- De section prétraitement.

#### III.3.1 Circuit de la section Préfractionnement :

La charge est aspirée à partir du bac de stockage T-30202/3/4 par la P-30205 /1.2 puis refoulée à travers les échangeurs : (E-202101 / 1-3) de la colonne de préfractionnement pour l'échange de chaleur, puis entre dans la colonne de préfractionnement (C-202101). Les légers de C-202101 sont refroidis et condensés au aéroréfrigérant (A-202101) et au condenseur d'eau (E-202107) de la colonne de préfractionnement avant d'entrer dans le ballon de reflux (D-202102) de la colonne de préfractionnement. Le gaz non condensé du (D-202102) est évacué vers fuel gaz, tandis que les composants en phase liquide (naphta léger) sont refoulés par des pompes à reflux (P-202102/1. 2) et puis sont divisé en deux parties ; partie vers stockage et l'autre partie renvoyé au C-202101 sous forme de reflux. Il y a une autre pompe (P-202103/1.2) qui aspire au D-202102 est refoulée vers les échangeurs de chaleur (E-202203 / 1-3) de la colonne de stabilisation le but pour augmente la TVR de charge qui entre de cette colonne.

#### ➤ Bilan de Préfractionnement :

Tableau III.2 : Bilan de Préfractionnement

		Poids (%)			
			kg/h	t/j	10 <sup>4</sup> t/a
<b>Alimentation</b>	<b>Naphta</b>	100	14500	348	11.6
	<b>Total</b>	100	14500	348	11.6
<b>Produits</b>	<b>Light naphta</b>	16.69	2420	1.94	1.94
	<b>Charge de Prétraitement</b>	83.38	12080	289.92	9.66
	<b>Total</b>	100	14500	348	11.6

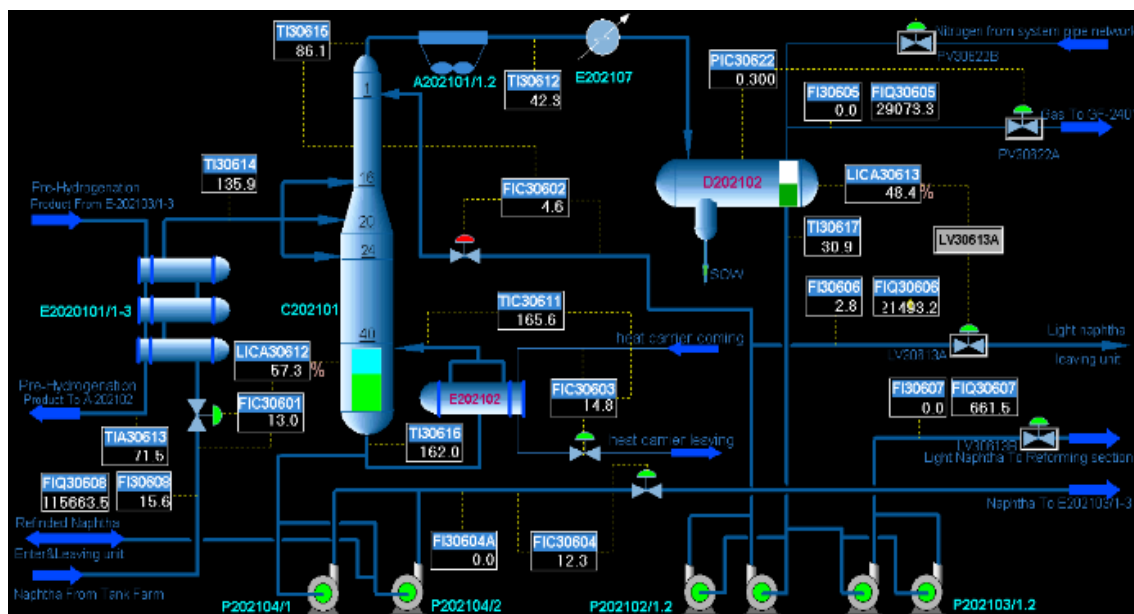


Figure III.1 : Schéma du circuit de charge dans la section préfractionnement

### III.3.2 Circuit de Section prétraitement :

L'objectif principal de section prétraitement de naphta consiste à épurer la fraction du naphta pour que celui-ci puisse être utilisé comme charge à section réactionnel. L'objectif de section hydrotraitement est supprimer les composants indésirables tels que soufre, azote, métaux (As, Pb, Cu, Fe, Ni...) Son but est de protéger le catalyseur de reforming.

Le soufre et l'azote sont éliminés par hydrotraitement. Il produit du H<sub>2</sub>S et du Nh<sub>3</sub>. En même temps, les oléfines sont saturées. Afin de produire un produit de bonne qualité

- **Type de catalyseur de section Prétraitement :**

Le catalyseur sélectionné dans cette section est le catalyseur RS-1, sous forme d'un extrudât d'alumine de haute pureté de diamètre 1,4 mm.

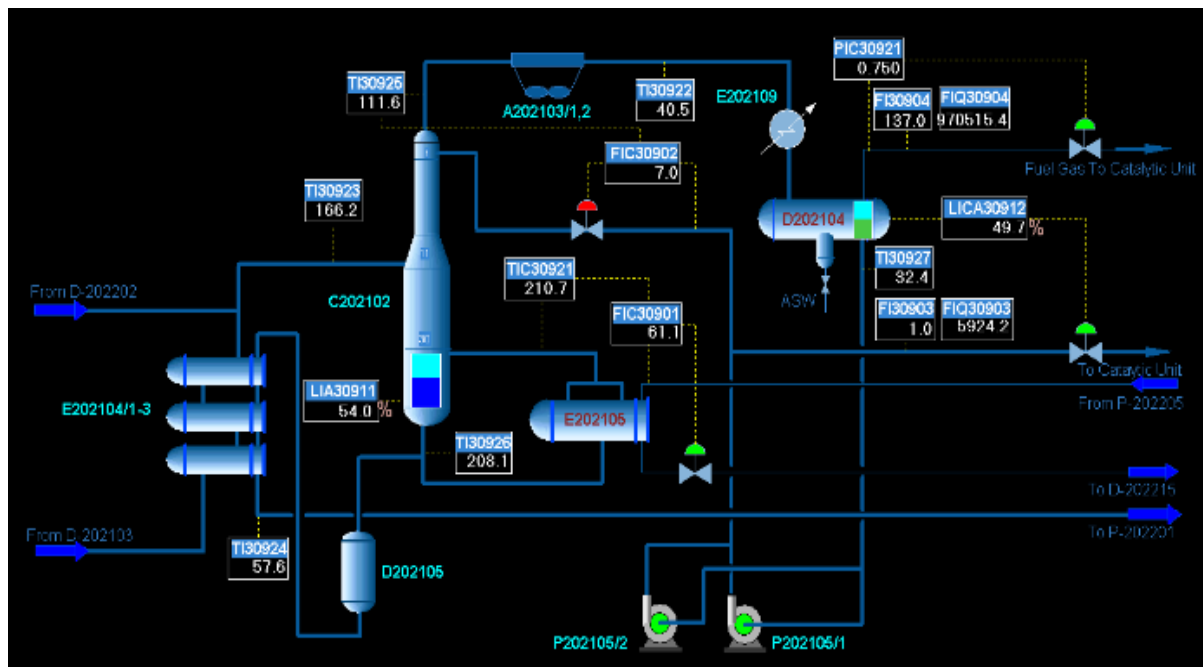


Les produits ayant réagi entrent dans E-202103 / 1-3 pour échanger de la chaleur contre les distillats de fond et l'hydrogène, puis entrent dans E-202101 / 1-3 pour échanger de la chaleur contre la charge d'alimentation de la colonne de préfractionnement. **Figure III.2**

### III.3.2.2 Refroidissement de la charge purifiée :

La charge échange de chaleur est condensée et refroidie par un aéroréfrigérant de produit de pré-hydrogénation (A-202102) et un condenseur d'eau de produit de pré-hydrogénation (E-202108) avant d'entrer dans le ballon de pré-hydrogénation (D-202103) pour séparer le gaz du liquide. Le gaz séparé est envoyé vers le fuel gaz par des commandes de pression et une alimentation liquide inférieure est envoyée à l'échangeur de chaleur (E-202104 / 1-3) de la colonne vaporisation pour un échange de chaleur contre le flux de distillat inférieur avant d'être acheminé vers la colonne de vaporisation (C- 202102).

Une fois la séparation au sein de la colonne est réalisée, les vapeurs sont refroidies dans l'aéroréfrigérant A-202 103 et le condenseur à eau E-202 109, le mélange : liquide + gaz est retenu dans le ballon de reflux D-202 104. Les gaz incondensables sont envoyés vers la section désulfuration de l'unité cracking catalytique avant d'être évacués vers le réseau fuel gaz.



**Figure III.3 :** Schéma du circuit de charge dans la colonne vaporisation

La phase liquide est refoulée par la P-202 105 / 1.2 dans deux directions différentes : vers la tête de la colonne comme reflux (en majorité) et vers l'unité : F.C.C.

Le fond de la colonne qui constitue la charge traitée (Refined naphta) passe à ballon désulfuration D-202 105 pour élimine les traces des impuretés resetant et il est refoulée vers la section reforming ou vers le bac de stockage : T-30201.

### III.3.2.3 Hydrogène de section prétraitement :

Tableau III.4 : Composition de l'hydrogène à la section prétraitement.

Composant	H <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5+</sub>	Total
Mol%	88.59	4.37	3.50	2.13	0.06	1.35	100

Les compresseurs d'hydrogène de section prétraitement sont de type alternatif et entraînés par moteur électrique, on a deux compresseurs. Compresseur en marche et l'autre stand-by.

L'hydrogène qui sortit au D-202 103 va jusqu'à l'entrée du compresseur (K-202 101/1.2) dans ce compresseur en montée la pression au-delà 22 bars ; alors il est refoulée vers l'entrée échangeur de chaleur (E-202 103) dans ce point il mélange avec Le fond de colonne (C-202 101) puis est préchauffé et chauffé à Fours (F-202 101) pour donner la chaleur nécessaire de réaction. Suivant le réacteur (R-202 101) la réaction se fait avec l'excès d'hydrogène.

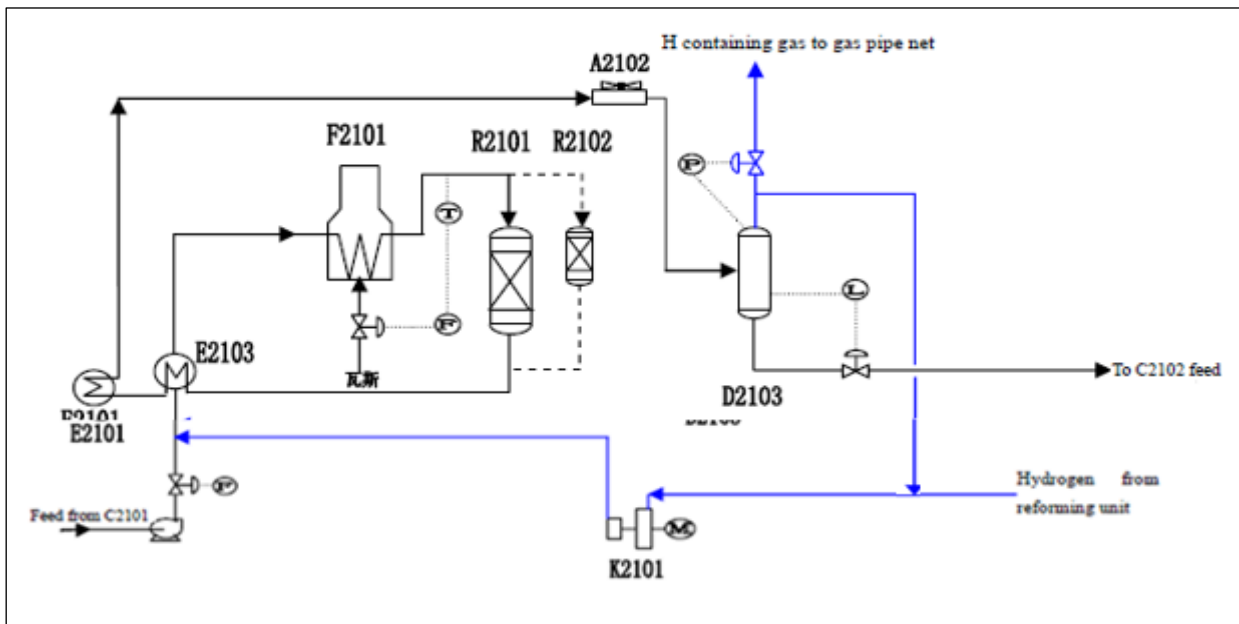


Figure III.4 : Schéma de principe du système de prétraitement et circulation d'hydrogène.

Le mélange produit d'après les réactions entrées à deux échangeur E-202 103 et E-202 101 pour cède la chaleur et passe à l'aéroréfrigérant A-202 102 et à le condenseur à eau E-202 108 puis arrive au D-202 103.

Le réacteur prétraitement est consommé l'hydrogène donc on apporte l'hydrogène de la section reforming à travers le ballon D-202 202 puis ballon D-202 109 (ligne à point).

Figure III.4.

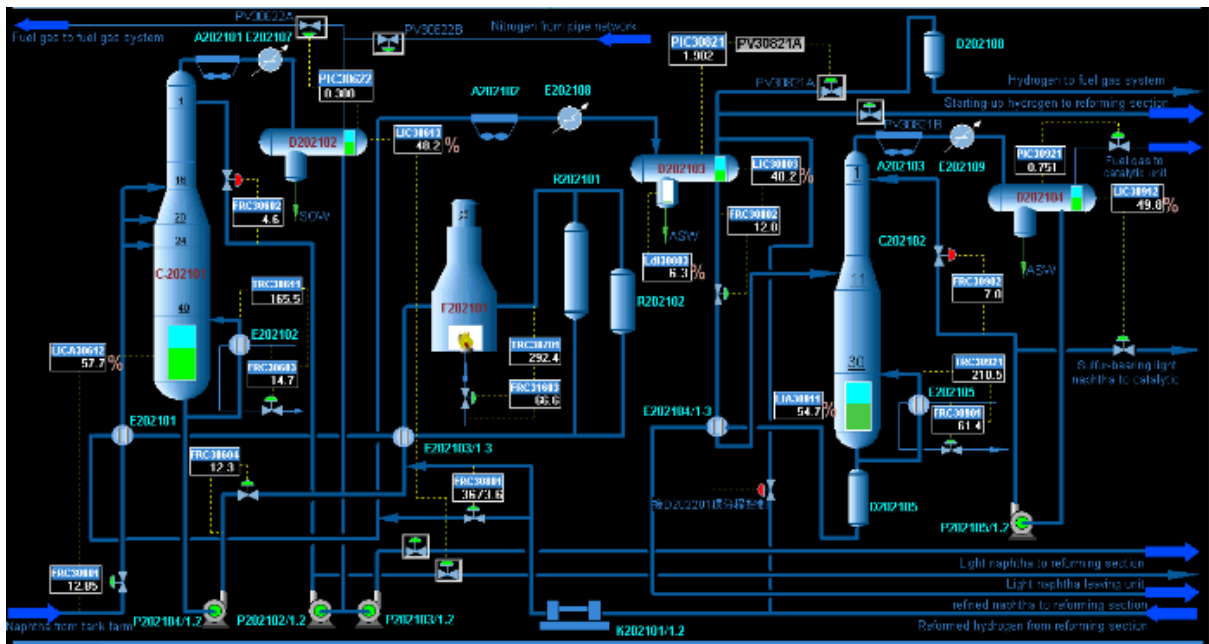


Figure III.5 : Schéma de circuit de charge du système de prétraitement.

➤ Bilan des sections prétraitement et Reforming :

Tableau III.5 : Bilan des sections prétraitement et Reforming

		% (poids)			
			kg/h	t/j	10 <sup>4</sup> t/a
<b>Alimentation</b>	Charge de prétraitement	100.00	12,080	289.92	9.66
	Total	100.00	12,080	289.92	9.66
<b>Produits</b>	Gaz riche en H <sub>2</sub> + pertes	12.38	1,496	35.904	1.20
	GPL	1.36	164	3.94	0.13
	Naphta Léger	2.51	303	7.27	0.24
	Essence stable	83.75	10,117	242.808	8.09
	Total	100.00	12,080	289.92	9.66

### III.4 Description de Section Reforming :

La fond de colonne (C-202 102) est aspire par pompe et avant préchauffé en injectant l'hydrogène de 1<sup>ère</sup> stade (arrivant de la compresseur section reforming (K-202 201/1)) puis le mélange (naphta traité + Hydrogène) entrée de 1<sup>ère</sup> chambre de Four (F-202 202) reforming catalytique puis introduit à 1<sup>ère</sup> réacteur (R-202 201) de même méthode vers 2<sup>ème</sup> chambre Four (F-202 202) et après vers le 2<sup>ème</sup> réacteur (R-202 202). Mais le moment ce le mélange sortie à le réacteur (R-202 202) pour entrer du 3<sup>ème</sup> chambre de Four en injectant l'hydrogène de 2<sup>ème</sup> stade (arrivant de la compresseur section reforming (K-202 201/2)).

Après la sortie du 3<sup>ème</sup> chambre de Fours le mélange réactionnel commence passe successif au réacteur (R-202 203) 4<sup>ème</sup> chambre Fours puis réacteur (R-202 204). Pendant passation du naphta traité et l'hydrogène d'une série de réacteurs en amenant la coupe naphta traité la valeur d'indice d'octane avec réaction élémentaire : déshydrogénation, déshydrocyclisation, isomérisation, hydrocraquage.

La charge obtenue d'après ces réactions précédentes est un mélange de : essence stable – GPL – hydrogène – fuel gaz ; son mélange à  $T=475^{\circ}\text{C}$  à cède sa chaleur et refroidie pour entre à ballon de séparation. De ce ballon partie gaz envoyé en deux sens : hydrogène vers compresseur-fuel gaz vers circuit d'alimentation des Fours d'unité. Quant à la partie liquide, elle est aspirée par la pompe et entre dans la colonne stabilisation (C-202 201) et c'est après l'avoir chauffé. Avec distillation à  $T= 159^{\circ}\text{C}$ ,  $P=10$  bars en obtenu des coupes pétrolières coupe légers représente GPL montre en tête de colonne et récupère dans ballon de reflux et coupe lourds représente l'essence stabilisée récupère fond de colonne et envoyée vers le stock.

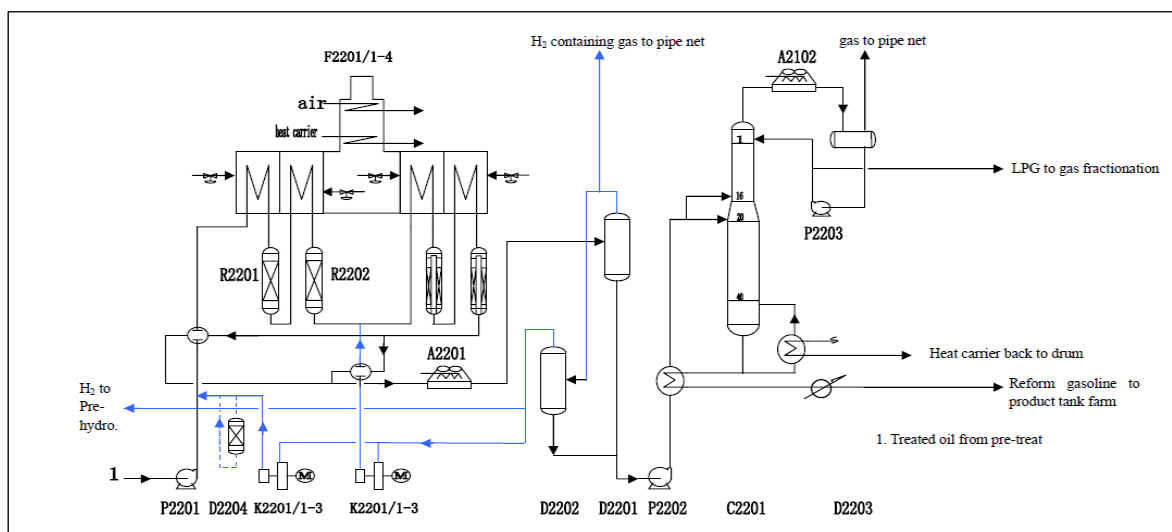


Figure III.6 : Schéma de principe du processus de section reforming.

### III.5 Paramètre opératoire des équipements Section Prétraitement :

#### III.5.1 Les colonnes :

Tableau III-6 : les Paramètres opératoire des colonnes

Colonne	N° : Article	Niveaux de plateaux	Température de colonne (°C)	T° tête colonne (°C)	P tête colonne (bars)	T° fond colonne (°C)
Préfractionnement	C-202 101	16-20-24	159	70	3.5	170
Vaporisation	C-202 102	11	166	91	9	207

#### III.5.2 Réacteur R-202 101 :

Tableau III-7 : les Paramètres opératoire des Réacteurs

Réacteur	N° : Article	T (°c) entrée	T (°C) sortie	Pression (bars)
Réacteur prétraitement	R-202 101	290	289	19

#### III.5.3 Compresseur :

Tableau III-8 : les Paramètres opératoire des Compresseurs

Compresseur	N° : Article	P d'aspiration (bars)	P de refoulement (bars)
Compresseur prétraitement	K-202 101/1.2	12	22

**III.5.4 Four :***Tableau III-9 : les Paramètres opératoire des Fours*

Four	N° : Article	T d'entrée (°C)	T de sortie (°C)
Four prétraitement	F-202 101	230-253	290-320

**III.5.5 Ballons :***Tableau III-10 : les Paramètres opératoire des Ballons*

Ballon	N° : Article	T de ballon (°C)	P de ballon (bars)	Niveaux liquide (%)
Reflux C-202 101	D-202 102	40	3	50±5
Ballon pré-hydrogénation	D-202 103	40	19	50±5
Reflux C-202 102	D-202 104	40	8.5	50±5

**III.5.6 Equipement des échanges de chaleur :***Tableau III-11 : les Paramètres opératoire des échanges de chaleur*

	N° : Article	T (°C) côté calandre		T (°C) côté tube	
		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
<b>Echangeur</b>	E-202 101	40	159	197	107
	E-202 103	156	253	320	197
	E-202 104	40	176	207	86
<b>Condenseur</b>	E-202 107	60	40	32	42
	E-202 108	60	40	32	42
	E-202 109	60	40	32	42
<b>Rebouilleur</b>	E-202 102	178	190	270	219
	E-202 105	209	215	270	250

## Reference:

- 1- Catalytic Reforming Unit Processing – document Soral-chin Oil Refinery, Technical Manual in July 20, 2005.
- 2- Fichier de présentation de raffinerie d'Adrar (Fichiers de l'entreprise).

**CHAPITRE IV :**

**CALCUL DE L'INDICE**

**D'OCTANE**

## IV.1. Introduction

La composition de l'essence dépend généralement de la raffinerie et varie d'un pays à l'autre. En effet, l'alcali utilisé pour constituer le pool essence peut être obtenu à partir de différentes opérations unitaires. Ces bases ou ces fractions comprennent généralement du butane, du naphta, des isomères, des mélanges de reformats, d'alkylates et de composés oxygénés comme suit :

*Tableau - IV.1 - : Propriétés des bases essences [12].*

	RON	MON	Masse vol (Kg/m <sup>3</sup> )	TVR (bar)	Benzène (% vol)	Aromatiques (% vol)
Butane	94.3	90	580	4.02	0	0
Essence SR	70	70.8	653	1	0.8	0.8
Solvant Légère	48	40	726	0.3	1.5	6.5
Isomérât	88	85	647	1	0	0
Reformât	98	88	739	0.35	3	70
Naphta Léger	94	84	720	0.59	1.07	18
Naphta lourd	92.5	82.5	8.50	0.01	0	70
Alkylât	96	93	710	0.4	0	0
MTBE	117	0	732.4	0.57	–	–

On conçoit qu'en matière de propriétés physico-chimiques (volatilité, indice d'octane, etc...) le comportement d'un mélange ne soit pas Idem que nous pouvons prévoir [1] On utilise la loi de l'indice de mélange pour éliminer le problème M .

### ❖ Indice de mélange :

Dans un mélange qui combine deux bases A et B. L'indice de mélange  $M_A$  du constituant A se calcule par la relation suivante :

$$RON_{AB} = x M_A + (1-x) RON_B \quad (IV.1)$$

$RON_{AB}$  : RON du constituant AB ;

$RON_B$  : RON du constituant finale B ;

X : la fraction volumique du constituant A dans le mélange ;

## IV.2. Moteur monocylindrique

C'est un moteur avec une seule chambre de combustion (avec un cylindre tournant à vitesse constante) pour augmenter ou diminuer la force de percussion. Le moteur est relié à un appareil de mesure de la force du clic, l'extrémité de l'appareil placée dans la chambre de combustion amplifie le signal et l'envoie à l'appareil pour en mesurer la force. un appareil de mesure le «**Knockmeter**».

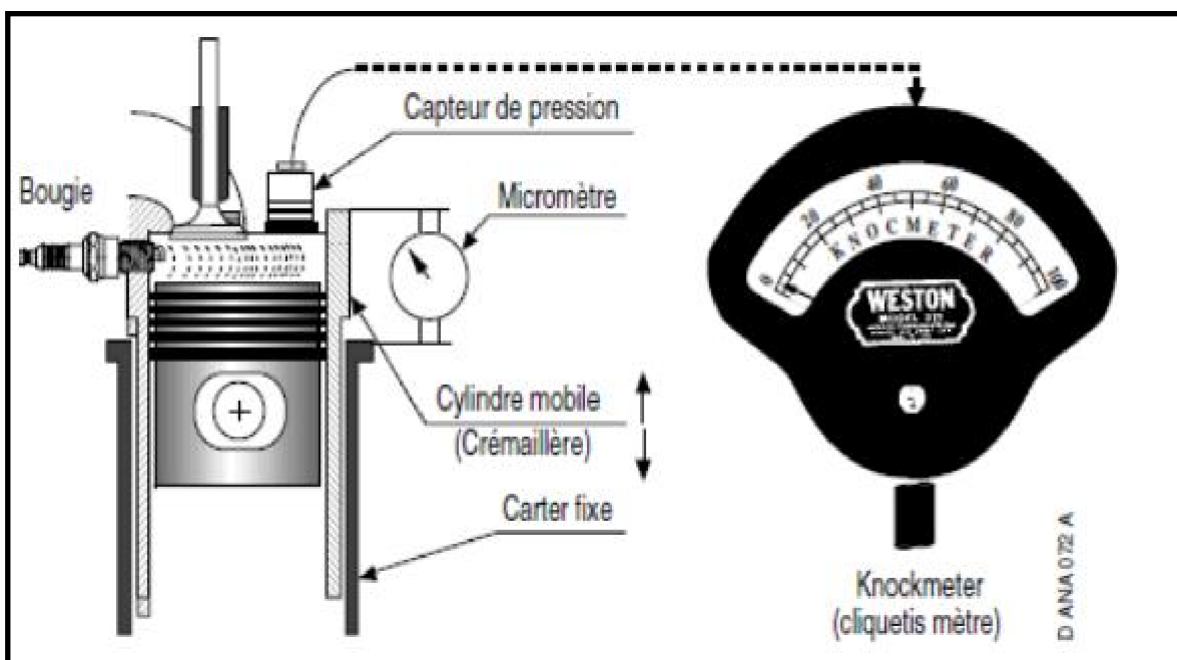


Figure IV.1. Schéma de principe d'un moteur monocylindrique (CFR) [12].

### IV.3. Méthode de mesure

On forme un mélange de deux composés comme suit :

- N-heptane a faible indice d'octane.
- Iso octane a haut indice d'octane .

Dans un mélange de n-heptane est iso octane la valeur de IO cordonne au pourcentage de iso octane dans cette mélange. On dit que si le cliquetis causé par le carburant dans un moteur CFR est égal à cette valeur, l'indice d'octane est de 96 donc le mélange direct contienne 96 pour 100 de iso octane est 4 pour 100 de n-heptane.

#### IV.3.1. Méthodes normalisées (NF M 07-026)

Il existe 2 méthodes principales sont utilisées pour les carburants automobiles. La différence entre eux réside dans la façon dont le moteur CFR tourne et la température du mélange de carburant lors du remorquage. [2].

##### IV.3.1.1. Méthode recherche ou F1

Indice d'octane recherche La vitesse de rotation est de 600 Tr/mn et le mélange carburé est admis à température ambiante on obtient ainsi l'indice d'octane recherche (RON) [3].

##### IV.3.1.2. Méthode moteur ou F2

Indice d'octane moteur (MON) : La vitesse de rotation est de 900 Tr/mn et la température du mélange carburé à l'admission et de l'ordre de 150 °C [4].

#### IV.3.2. Sensibilité du carburant


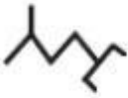
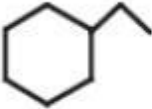
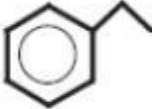

Compte tenu des conditions plus sévères de la mesure, l'indice d'octane moteur est généralement inférieur à l'indice d'octane recherche. La différence RON-MON est appelée sensibilité d'un carburant [5].

### IV.4. Les valeurs relatives des Indice d'octane des HC

Le tableau suivant répertorie les valeurs relatives de l'indice d'octane des différents groupes hydrocarbonés. En fonction des proportions respectives des différents groupements chimiques des hydrocarbures composant l'essence, des fractions d'octane très variables peuvent également être obtenues :

A début Les essences est contient grande quantité de paraffine est pauvre a composé aromatique : par conséquent indice d'octane est donctrès faible. A contre les essences de reformage catalytique (réformât) comprennent haut indice d'octane parc qu'il est riche on aromatiques est peu n-paraffines [6].

**Tableau IV.2.** Les valeurs relatives des indices d'octane des différentes familles d'hydrocarbures [12].

	← Existent dans les pétroles bruts →				← Produits dans les craquages → OLÉFINES
	PARAFFINES		NAPHTÈNES	AROMATIQUES	
	Paraffines normales en chaîne droite	Isoparaffines en chaîne ramifiée			
					
Masse volumique à l'état liquide	faible	faible	moyenne	élevée	faible
Indice d'octane Recherche (RON)	très faible	élevé	moyen	très élevé	assez élevé
Sensibilité	très faible	très faible	faible	élevée	très élevée

#### IV.5. Réglage du moteur et mesure

1- Observer la pression atmosphérique et noter la correction à appliquer (si nécessaire) pour le réglage de la hauteur du cylindre. Relever la température de chauffage de l'air d'admission [7].

2- Prépare deux carburants de référence (isooctane +n-heptane) de façon à encadrer correctement l'échantillon (ex 94 ; et 96) suivant l'indice d'octane de l'échantillon [8].

3- Remplir la cuve n<sup>o</sup>1 du carburateur avec le carburant de référence le plus faible (94) et la cuve n<sup>o</sup>2 avec le carburant de référence le plus fort (96).

4- Régler la hauteur micrométrique du cylindre par rapport au carburant de référence ayant l'indice d'octane le plus faible [9].

Ex :  $94=0.454 \pm$  correction barométrique (si nécessaire).

5- Régler la hauteur du réservoir de carburant n<sup>01</sup> à 1,7, placer la vanne d'inversion en carbure sur (1), puis attendre la stabilisation de l'aiguille du dynamomètre. Passez ensuite à l'action ; pas à pas en augmentant la hauteur du réservoir d'eau (la hauteur visible dans la burette graduée correspondant au réservoir d'eau) afin d'obtenir l'intensité maximale de détonation avec le détonateur. Lorsque l'aiguille du dynamomètre atteint sa position maximale, puis a tendance à « tomber » ; retournez au niveau précédent du réservoir de carburant (faites cogner au niveau maximum); puis réglez la position de l'aiguille du dynamomètre sur Utiliser le potentiomètre «compteur de lecture» (situé sur le compteur de cliquetis) «50» ( $\pm 2$ ).

6- Régler la hauteur de cuve n<sup>02</sup> au niveau 1.7. Positionner ensuite le robinet sélecteur sur «2» puis attendre la stabilisation de l'aiguille du knockmeter et Procéder de la même façon que pour la cuve n<sup>01</sup> niveau par niveau ; en remontant la hauteur de cuve. Quand l'intensité maxi de cliquetis est atteinte pour la cuve n<sup>02</sup> ; **noter la position de l'aiguille du knockmeter ; sans faire le réglage de cette aiguille sur « 50 »** .



*Figure IV.2. Moteur monocylindrique (CFR) [12].*

## IV.6. Calcule et contrôle du résultat

*Tableau – IV.3. : Comparaison résultat entre échantillon après contrôle [12].*

	1 <sup>er</sup> lecture	2 <sup>eme</sup> lecture	Moyenne
Echantillon	50	49	49.5
1 <sup>er</sup> carburant de référence (94)	69	70	69.5
2 <sup>eme</sup> carburant de référence (96)	41	41	41

$$\text{Calcul : } \frac{(\text{Moy.Ref1} - \text{Moy.E}) \times 2}{(\text{Moy.Ref1} - \text{Moy.Ref2})} + \text{IO Ref 1} \quad (\text{IV.2})$$

IO Ref 1= indice d'octane du carburant de référence le plus faible.

Moy .E = moyenne des lectures du knockmeter pour l'échantillon.

Moy. Ref1= moyenne des lectures du knockmeter pour le carburant de référence le plus faible.

Moy. Ref2= moyenne des lectures du knockmeter pour le carburant de référence le plus fort (96) 2= facteur invariable ; différence des deux points d'indice d'octane des carburants de référence (pour cet exemple).

Calcul final :

$$\frac{(69.5 - 49.5) \times 2}{(69.5 - 41)} \Rightarrow \frac{20 \times 2}{28.5} \Rightarrow \frac{40}{28.5} \Rightarrow 1.4 + 94 = 95.4$$

➤ L'indice d'octane mesuré de l'échantillon est de 95.4.

Note :

Si on tient compte des « centièmes » ; 95.44 sera égale à 95.4 et 95.45 sera égal à 95.5.

Analysis Report for catalytic reforming unit ( 1 )

10/5/17 h 22:00 SRC-04-RD-PT-407

analysis item	sample name	pre-fractionation column bottom	refining naptha	reforming producing naptha	stability gasoline	light naptha	reforming feedstok tank
density ( 15°C ) kg/m <sup>3</sup>							
distillation , °C	IBP						
	10%						
	50%						
	90%						
	95%						
	EBP						
residue , ml							
sulfure content , ppm							
nitrogen content , ppm							
water content , ppm							
vapor pressure , Kpa							
octane number				90.6	90.3		
copper							
corrosion , classification ( 50°C , 3h )							
doctor test							
actual gum content , mg/100ml							
bromine number , gBr/100g							
arsenic content , ppb							
lead content , ppb							
copper content , ppb							
refraction ratio							
analyzer :	checker :	monitor : Benraha					
chlorine hydrogen , ppm	analyzer :	checker :	monitor : Benraha				
	analyzer :	checker :	monitor : Benraha				

Figure IV.3 : résultat de l'échantillon après utilisé moteur CFR [11].

#### IV.7. Conditions opératoires du moteur CFR

- 1) Vitesse du moteur :  $600 \pm 6$  tr/mn (vitesse non ajustable)
- 2) Température d'huile carter :  $135 \pm 15$  °F ( $57 \pm 8$  °C)
- 3) Pression d'huile : 25 à 30 psi (1.7 à 2.1 bar)
- 4) Température eau de refroidissement cylindre :  $212 \pm 3$  °F ( $100 \pm 2$  °C)
- 5) Température air admission : variable suivant pression atmosphérique [11].

**Références :**

- [1] : Cf. Marcellin Berthelot, Collection des anciens alchimistes grecs, Steinheil, Paris ,1889.
- [2] M. MAZOUZI, A. DJEMAI, Optimisation de la consommation du fuel gaz au niveau de four H102 du module MPP IV de Hassi R'mel par le simulateur HYSIS, mémoire de la fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en Raffinage, Université M'Hamed BougaraBoumerdes,2007.
- [3] A. RBENNOUR, Traitement de Kérosène, mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de technicien supérieur en raffinage et pétrochimie, centre de Skikda, 2004.
- [4] Traitement de kérosène : Mémoire fin d'étude pour l'obtention de diplôme de technicien supérieur en raffinage et pétrochimie réalisé par Mr. Bennour A/Rachid.  
Promotion : 2002-2004.
- [5] N. Machtri, F. Hbeibia, Raffinage du pétrole-process et analyse au laboratoire, mémoire De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en chimie industrielle, Université de Guelma, 2009.
- [6] :1 Gille FOURNIER et Jean-François JOLY « Reformage catalytique » édition Technique de l'ingénieur, paris (1978).
- [7] 18 JEAN-PAUL Mmoulin, Génie des procédés, opérations unitaires idéale distillation , tome1 , 2004-2005.
- [8] X. Normand-A. Triel, Leçons sommaires sur l'industrie du raffinage du pétrole, Edition Technip, tome2, Paris, 1972.
- [9] 7 JEAN-PAUL Mmoulin, Génie des procédés, opérations unitaires idéales distillation, tome 1, 2004-2005
- [10] A. FOUGHOLIA, N. YACEF, Optimisation des paramètres de marche de l'unité de traitement du kérosène à RAG.1, mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en pétrochimie, Université de Boumerdes,2002.
- [11] Fichiers de l'entreprise.
- [12] BOUCHA Khaled, OUSFIA Abderrezak, (AMELIORATION DE L'INDICE D'OCTANE PAR REFORMAGE CATALYTIQUE AU NIVEAU DE LA RAFFINERIE D'ADRAR RA1D), Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Chimique UNIVERSITE d'ADRAR, chapitre 2, 26 Juin 2019.

# Conclusion générale

## *Conclusion Générale*

---

Tous les processus de reformage comprennent une section de pré-traitement afin d'élimination des composés chargés nocifs pour le catalyseur ; soufre, azote et métaux. Il s'agit de Désulfuration, dénitrations et désoxygénation en présence d'un catalyseur A base de cobalt, nickel et molybdène sur alumine, la température est d'environ 280 à 320°C et 1,9 MPa de pression, la VVH est de 5 à 7 h<sup>-1</sup> (le débit volumique par heure est déterminé par unité de volume de catalyseur) et un taux de récupération d'hydrogène de 50 % en volume.

Le moteur CFR est un moteur monocylindre à allumage commandé et à taux de charge. Compression variable. Sa conception et ses caractéristiques de fonctionnement ont été déterminées mettre le carburant dans des conditions propices au cliquetis. Il est conçu Afin de supporter en permanence l'explosion de carburant.

Mesurer l'indice d'octane du carburant sur un moteur CFR, y compris la comparaison l'intensité du cliquetis des deux carburants de référence dans des conditions différentes ou le nombre de clics est mesuré par l'intensité dite standard.