

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE



SCIENTIFIQUE

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département : Génie des Procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de

Master

**Etude d'un mélange résultant d'une nouvelle
formulation d'essence sans plomb et Simulation de la
colonne de fractionnement 100-C4 de la raffinerie
RA1K de Skikda**

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Génie chimique

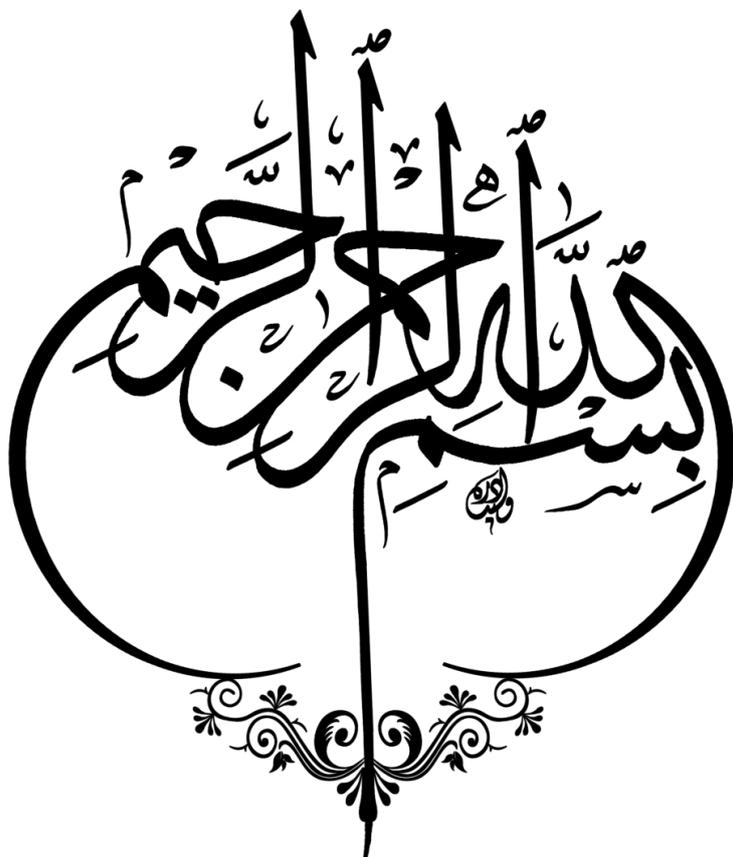
Présenté par:

SAHOUR Raid

AZZEDINE Mohammed Es salih

Sous la Direction de : Pr. LAHIOUEL Y.

Juin 2023



REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont en premier lieu à Allah le tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a données durant toutes ces longues années.

Nous adressons également nos profonds remerciements à notre encadreur, Madame LAHIOUEL Y., Professeur à l'Université de Guelma, pour son aide et ses conseils durant toute la période de préparation de ce travail.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des membres de jury.

Nous tenons particulièrement à exprimer nos remerciements à tous les enseignants du Département de Génie des Procédés, Université de Guelma.

Nos remerciements vont aussi à tous le personnel de l'unité RAIK de la raffinerie de SKIKDA.

Enfin, un grand merci à tous ceux, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions.

Dédicaces

A la mémoire de mon père

A ma mère

A mes frères Nouredine et Younes

A mes collègues de promotion Azzou, Raouf et Aymen

A tous ceux que j'aime

SAHOUR Raid

Dédicaces

A mes parents

A mes deux chères sœur Hana et Djouhaina

A la famille Azzedine et Chaalal

Mes chers frères Raid Sahour, Larouci Abdelazize, Tebib Nour Islam

Talhaoui Takieddine

Mes collègues Aymen, Raouf, Houssam Mansouri et Houssam Lakhel

AZZEDINE Mohammed Es salih

Table des matières

Liste des figures -----	I
Liste des tableaux -----	IV
Liste des abriviations -----	III
Introduction générale -----	1
Chapitre I: Présentation de la raffinerie de Skikda	
I.1. Introduction -----	3
I.2. La raffinerie de Skikda RA1K -----	3
I.3. Situation géographique -----	4
I.4. Les principales installations de la raffinerie RA1K -----	4
I.4.1. Unités 10-11 de Topping -----	5
I.4.2. Unités 100 et 103 (unité Magnaforming, platforming) -----	5
I.4.3. Unité 200 (extraction des aromatiques) -----	5
I.4.4. Unité 400 (séparation du para-xylène) -----	6
I.4.5. Unité 70 (Production de bitume) -----	6
I.4.6. Unités 30-31-104 (Séparation et traitement des gaz) -----	6
I.4.7. Centrale thermoélectrique (CTE 1050) -----	6
I.5. L'objectif de la raffinerie de SKIKDA RA1K -----	8
I.6. Historique du construction -----	9
Références bibliographiques du chapitre II -----	11
Chapitre II: Raffinage du pétrole : Les essences	
II.1. Introduction -----	13
II.2. Les procédés de séparations -----	13
II.2.1. La distillation atmosphérique -----	13
II.2.2. La distillation sous vide -----	15
II.3. Les procédés de conversion -----	15
II.3.1. Reformage Catalytique -----	16
II.3.2. Isomérisation -----	17
II.3.3. Craquage catalytique -----	18

II.3.4. Procédé d'alkylation -----	19
II.4. Les essences-----	20
II.4.1 Composition de l'essence -----	20
II.4.2. Spécifications des essences -----	21
II.5. Production des essences au sein de la raffinerie de SKIKDA RA1K-----	22
Références bibliographiques du chapitre II -----	22

Chapitre III: Formulation de l'essence et méthodes d'analyses

III.1. Introduction -----	26
III.2. Détermination de la densité (norme ASTM D 4052-98) -----	26
III.3. Détermination de la tension de vapeur Reid (TVR) (norme ASTM D 323) -----	28
III.4. Détermination de l'indice d'octane (NO)-----	30
Références bibliographiques-----	30

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1. Introduction -----	34
IV.2. Analyses effectuées au sein du laboratoire de la raffinerie RA1K-----	34
IV.3. Méthode de calcul des mélanges d'essence sans plomb-----	34
IV.4. Compositions et caractéristiques de l'essence sans plomb -----	34
IV.4.1.Effet de l'ajout du MTBE-----	34
IV.4.2. L'indice d'octane des différents échantillons-----	41
IV.4.2. L'indice d'octane des différents échantillons-----	34
IV.4.3. La densité de l'essence sans plomb des différentes formulations-----	40
IV.4.4. La tension de vapeur Reid (TVR) des différentes formulations d'essence -----	41
IV.5. Comparaison entre l'essence normale et l'essence sans plomb -----	42
Références bibliographiquesdu chapitre IV-----	30

Chapitre V: Simulation par Hysys

V.1. Introduction -----	45
V.2. Définition de simulateur HYSYS -----	45
V.3. Utilisation du simulateur HYSYS -----	45
V.4. Caractéristiques du simulateur HYSYS -----	46

V.5. Le choix du modèle thermodynamique-----	46
V.6. Simulation de la colonne de fractionnement 100-C4 -----	48
Références bibliographiques du chapitre V -----	48
Conclusion générale -----	60
Résumé -----	63
Abstract-----	64
ملخص -----	64

Liste des figures

Figure I.1	Représentation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de Skikda	4
Figure I.2	Schéma des principales installations de la raffinerie	8
Figure II.1	Unité de distillation atmosphérique	14
Figure II.2	Distillation atmosphérique et sous vide d'un pétrole brut et exemples de coupes associées	15
Figure II.3	Procédé de reformage catalytique	17
Figure II.4	Procédé d'isomérisation	18
Figure II.5	Procédé de craquage catalytique	19
Figure III.1	Montage expérimental pour la détermination de la densité	27
Figure III.2	Montage expérimental pour la détermination de la densité	28
Figure III.3	Appareil de mesure de pression de vapeur Reid (TVR)	30
Figure III.4	Moteur CFR	31
Figure IV.1	Pourcentages volumiques des composants d'une essence sans Plomb	36
Figure IV.2	La densité des différentes formulations d'essence sans plomb	41
Figure IV.3	La TVR des différentes formulations d'essence sans plomb	42
Figure V.1	Démarrage de HYSYS	48
Figure V. 2	Constitution de la charge d'alimentation.	49
Figure V. 3	Choix de l'équation d'Etat dans Fluide Pkgs	49
Figure V. 4	Constitution de Basis-1.	50
Figure V.5	Début de la simulation.	
Figure V.6	Ajout de l'alimentation de la colonne (Feed).	52
Figure V.7	Ajout de la colonne.	52
Figure V. 8	Caractéristiques de la colonne: (a) Nombre de plateaux et plateau d'alimentation; (b) Connexion de la colonne; (c) Pressions de tête et de fond ; (d) Températures de tête et de fond.	54
Figure V.9	Installation de la colonne.	55
Figure V.10	La feuille de Specs.	56
Figure V.11	Ajout de la valeur de spécification.	56

Liste des tableaux

Tableau I.1	Dates des démarrages progressifs des unités de production à la raffinerie de Skikda	10
Tableau II.1	Exemple de composition d'une essence par famille chimique	21
Tableau II.2	Schéma montrant la composition de l'essence sans plomb	23
Tableau II.3	Caractéristiques de quelques bases de formulation des essences à la raffinerie de Skikda RA1K	24
Tableau IV.1	Caractéristiques de quelques bases de formulation des essences à la raffinerie de Skikda	35
Tableau IV.2	Formule de calcul d'un mélange d'essence	37
Tableau IV.3	Application de la méthode de calcul des mélanges pour une formulation d'essence sans plomb	38
Tableau IV.4	Tableau résumant les différentes formulations d'essence sans plomb	39
Tableau IV.5	L'indice d'octane des différentes formulations d'essence sans plomb	40
Tableau IV.6	La densité (D) des différentes formulations d'essence sans plomb	40
Tableau IV.7	TVR des différentes formulations d'essence sans plomb	41
Tableau V.1	Eléments constituant de la charge d'alimentation de C4 (Feed)	48
Tableau V.2	Caractéristiques de la charge d'alimentation de C4 (Feed)	51

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

Liste des abréviations

RA1K: Unité de la raffinerie de SKIKDA.

GPL : Carburant.

B.R.I : Brut réduit.

B.H.M : Brut Hassi Messaoud.

°C: Degré Celsius.

CTE : Centrale thermique électrique.

HCl : Acide chlorhydrique.

HP : Vapeur haute pression.

MP : Vapeur moyenne pression.

BP : Vapeur basse pression.

BTX : Composés aromatiques

NO : Indice d'octane.

TVR : Tension de Vapeur Reid.

D : La densité.

MTBE : Méthyl-tétra-butyle-éthanol.

ERL : Essence Reformat Léger.

ASTM D 4052-98: Standard Test Method of Density (Norme de densité).

BAR: Unité de pression.

PSI : Unité de pression.

CFR: Cooperative Fuel Research.

PTE : Tétra éthyle de plomb.

Introduction

Introduction

L'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humain. Les sciences et les progrès techniques ont permis à l'homme de découvrir de nouvelles ressources énergétiques, à savoir tous les produits à vocation énergétique dont nous citons : Le pétrole et le gaz naturel, qui sont les seuls capables de répondre à l'accroissement des besoins en énergie [1].

L'utilisation du pétrole brut est large et variée. Il est constitué d'hydrocarbures ; toutefois le pétrole brut ne peut être utilisé directement comme combustible. L'essentiel de ce pétrole est raffiné, transformé en plusieurs coupes pétrolières distinctes telles que les coupes naphthas d'où dérivent les essences automobiles [2].

Les carburants sont des produits issus du raffinage du pétrole. Ils sont souvent liquides, rarement gazeux, dont la combustion en présence d'un comburant tel que l'air, fournit de l'énergie mécanique permettant le fonctionnement des moteurs thermiques, qu'ils soient à piston (de type essence ou diesel) ou bien à flux continu (réacteur d'avion). Un bon carburant doit permettre un fonctionnement satisfaisant du moteur auquel il est destiné, en toutes circonstances [3].

L'essence automobile est un mélange de base obtenue à partir de la distillation atmosphérique du pétrole et des procédés de transformations chimiques (reformage catalytique, cracking catalytique, isomérisation et alkylation) [4-5].

La production des essences, à la fois en quantité suffisante pour satisfaire les besoins du marché, et en qualité conforme aux normes, est depuis longtemps un problème principal auquel l'industrie du raffinage doit faire face.

Suite aux préoccupations écologiques, la protection de l'environnement et la prise de conscience du danger de la pollution, la suppression complète du plomb des essences est devenue une réalité qui a rendu le problème de la production des essences plus complexe à résoudre.

Les essences commerciales ont différentes caractéristiques physico-chimiques qui déterminent leur comportement et leur qualité et par conséquent leur prix.

L'objectif de ce travail, consiste à réaliser des séries d'analyses au sein du laboratoire RA1K de Skikda sur l'essence sans plomb.

Nous avons mené une série d'analyses (densité, la Tension de Vapeur Reid (TVR) et l'indice d'octane) pour certifier la conformité de ces composés aux normes imposées.

Nous avons également abordé l'étude de l'alimentation en mélange combiné de 70% de Reforming I et de 30% de Reforming II, afin de maximiser la teneur en aromatiques en comblant ainsi le déficit manqué du taux de marche des unités de reforming catalytique et par conséquent, augmenter l'indice d'octane de l'essence commerciale. Ceci est réalisé par une simulation par le logiciel HYSYS de la colonne de fractionnement aux nouvelles conditions.

Le mémoire est structuré en cinq principaux chapitres :

Le premier chapitre porte sur la présentation de l'Unité RA1K.

Le deuxième chapitre est consacré aux généralités sur le raffinage du pétrole, et sur les procédés et les additifs d'amélioration de l'indice d'octane des essences.

Le troisième chapitre concerne le matériel et les techniques d'analyses des formulations d'essence sans plomb.

Le quatrième chapitre reflète l'ensemble des résultats et leurs discussions en comparant aux normes les différents paramètres de caractérisation des formulations d'essence.

Le cinquième chapitre représente la description du simulateur HYSYS 9 et l'interprétation des résultats obtenus par simulation.

Enfin, nous terminons notre travail avec une conclusion générale.

Références bibliographiques de l'introduction

- [1] Wauquier J.P., Le raffinage du pétrole: Pétrole brut, produits pétroliers, schémas de fabrication, Editions Technip, Paris, 1994.
- [2] Jean-Paul Mmoulin, Génie des procédés, Opérations unitaires idéale : distillation, tome1, 2004-2005.
- [3] Prsokouriakov V., Drabkine A., La chimie de pétrole et du gaz, Edition Moscou, 1983.
- [4] Nadjib Cafai, Polycopié de cours, Introduction au Raffinage et à la Pétrochimie, Université Farhat Abbas 1, Sétif, 2020.
- [5] Lahmaza Ibtissam, Etude vereficative des performances de catalyseur atis-2l de l'unité d'isomerisation (RA1/K) de Skikda, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2017.

Chapitre I: Présentation de la raffinerie de Skikda

I.1. INTRODUCTION

Le travail que nous avons réalisé a été effectué au niveau de la raffinerie de raffinerie de Skikda qui est la plus grande raffinerie en Algérie. Elle présente plus de la moitié de la capacité de raffinage du pays. Elle possède un parc de stockage gigantesque faisant d'elle un organisme très important dans l'économie nationale. Dans ce qui suit nous allons présenter que la raffinerie de Skikda communément appelée RA1K.

I.2. La raffinerie de Skikda RA1K

La raffinerie de SKIKDA a pour objectif de transformer le pétrole brut en produits pétroliers répondants à des spécifications requises « Normes Nationales et Internationales ».

Ces produits sont : GPL, Carburants, Bitumes, Aromatiques » sont destinés à la satisfaction des besoins du marché national et les excédents sont exportés [1]. La raffinerie est conçue pour le traitement des charges suivantes:

- ✚ Brut Hassi Messaoud « B.H.M », et un brut « Mélange d'Arzew » avec une capacité annuelle de 16.5 millions de tonnes.
- ✚ Brut réduit « B.R.I » importé pour la production des bitumes « Bitumes routiers et bitumes oxydés » avec une capacité annuelle de 275 000 T/M.

La raffinerie de Skikda dispose de deux unités de reformage catalytique « Reforming I et Reforming II » et de deux unités d'aromatiques « U.200 et U.400 » et de deux unités d'isomérisation « ISOM 1 U. (700,701) » et « ISOM 2 U. (702,703) » avec une unité de production de l'hydrogène « U 900 » et une unité d'isomérisation des xylènes « U.500 ». En plus des unités de production, la raffinerie dispose d'une centrale thermoélectrique « C.T.E » pour la production des utilités et l'énergie nécessaire au fonctionnement de ses unités.

Le stockage des charges et des produits finis et semi-finis se fait dans des bacs spécialisés selon le type du produit à stocker « Toit Fixe, Toit Flottant, Sphères, Cigares » . Les expéditions des produits finis vers les ports, entrepôts NAFTAL et camions sont réalisées par le biais des stations d'expédition spécifiques à chaque type de produit [2].

La figure I.1 représente les principales installations de la raffinerie de Skikda.

I.3. Situation géographique

La raffinerie de Skikda est située dans la zone industrielle à 7 Km à l'est de Skikda et à 2 Km de la mer, elle est aménagée sur une superficie de 190 hectares avec un effectif à l'heure actuelle de 1280 travailleurs environ. Elle est alimentée en brut algérien par le brut venant de Hassi Messaoud. Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'un Pipe-line à une distance de 760 Km de champs pétroliers jusqu'au complexe (Fig.I.1) [3].

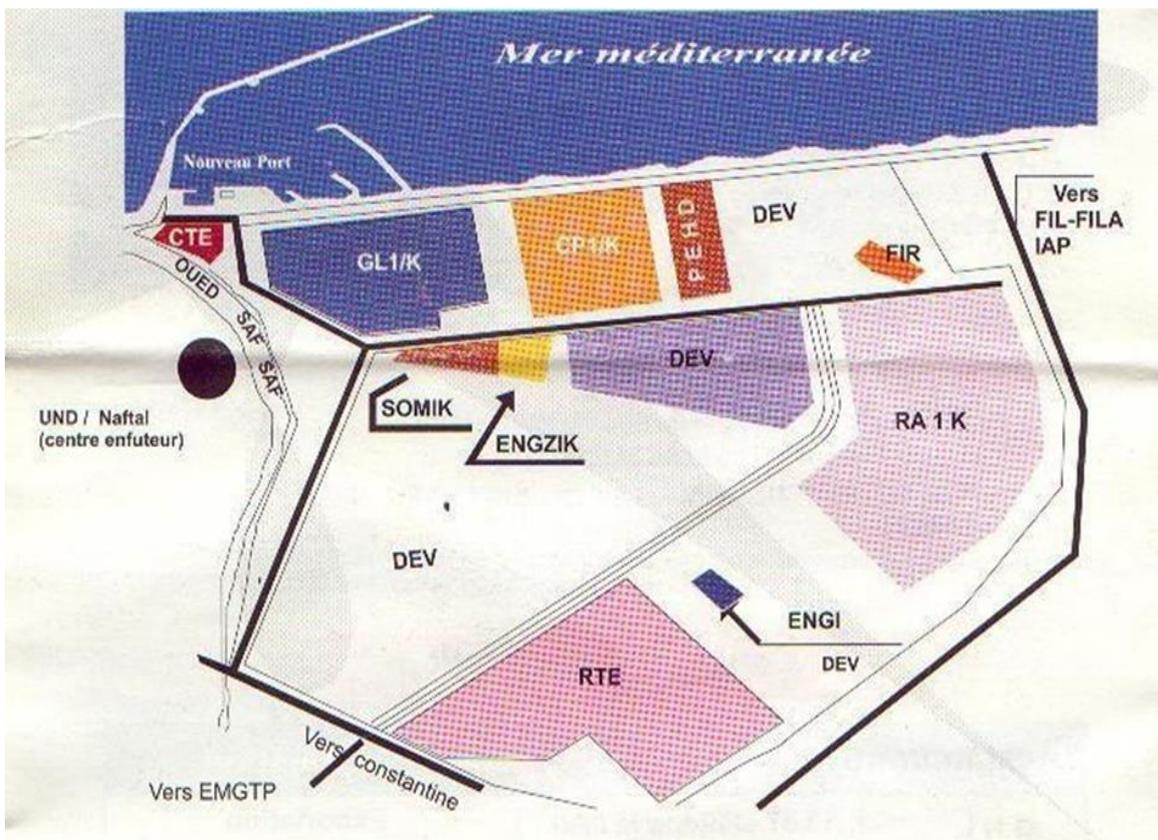


Figure I.1: Représentation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de Skikda [3].

I.4. Les principales installations de la raffinerie RA1K

✚ Département de production

Il se compose des unités de production suivantes:

- ❖ Unité 10/11 de distillation atmosphérique (TOPPING).16.000.000 T/AN

- ❖ Unité 100/103 de reformage catalytique (PLATFORMING) 2.330.000 T/AN.
- ❖ Unité 200 d'extraction des aromatiques. 593.976 T/AN.
- ❖ Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène. 425.700 T/AN.
- ❖ Unité 70 de distillation sous vide (Production des bitumes). 275.000 T/AN.
- ❖ Unité 30/31 et 104 de traitement et séparation des gaz (GPL). 748.800 T/AN.
- ✚ **Unités annexes et utilités**
- ❖ Unité 1050 : centrale thermique électrique (C. T. E).
- ❖ Unité 600 de stockage, mélange et expédition (MELEX) [4].

I.4.1. Unités 10-11 de Topping

Le Topping ou la distillation atmosphérique a pour but de fractionner le brut en différentes coupes pouvant être utilisées pour l'obtention de produits finis (naphta, gas-oil, jet) ou devant alimenter d'autres unités situées en aval (Magnaforming, Platforming, gaz-plant). Elles traitent le brut de Hassi Messaoud pour avoir les produits suivants: G.P.L, Isopentane, Naphta A, Naphta B (65°-150°), Naphta C (150°- 180°), Kérosène (180°-225°), Gasoil léger (225°-320°), Gasoil lourd (320°-360°), Résidu (>360°) [5].

I.4.2. Unités 100 et 103 (unité Magnaforming, platforming)

La Magnaforming et le platforming ont pour but de transformer la Naphta moyenne et lourde obtenues du Topping (réformât) utilisé comme charge pour les unités d'aromatiques (unité 200 et 400). Cette transformation a pour conséquence une augmentation de l'indice d'octane de 45 à 99 permet ainsi d'utiliser le réformât obtenu pour la fabrication des essences.

I.4.3. Unité 200 (extraction des aromatiques)

L'installation d'extraction des aromatiques a été projetée pour extraire de l'essence réformée des aromatiques qui seront fractionnées par la suite en benzène et toluène très pures. La charge est constituée par la coupe de réformât léger provenant directement ou à travers un réservoir de la colonne C5 splitter du réformât de l'unité 100 [5, 6].

I.4.4. Unité 400 (séparation du para-xylène)

Cette unité est conçue pour récupérer le paraxylène, un produit très recherché sur le marché. La charge venant de l'unité de magnaforming, elle permet par cristallisation de séparer le paraxylène des autres xylènes (méta-ortho) et éthyl-benzène. Le paraxylène est commercialisé comme telle, le reste peut être utilisé comme base pour l'obtention des essences ou commercialisé sous forme de mélange xylènes pouvant être utilisé comme solvant pour la fabrication des peintures, etc.

I.4.5. Unité 70 (Production de bitume)

L'unité 70 a été conçue pour traiter 271 100 t/an de brut réduit importé (BRI). Elle se compose principalement d'une colonne de distillation sous vide et d'un réacteur d'oxydation des bitumes. Le produit de fond de colonne est le bitume routier ordinaire qui est envoyé :

- Une partie vers le stockage.
- L'autre partie comme charge à la section d'oxydation où elle sera oxydée au moyen de l'air en bitume oxydé [5, 7].

I.4.6. Unités 30-31-104 (Séparation et traitement des gaz)

Ces unités sont destinées à traiter les gaz liquides venant des unités 10, 11,100 et 103

Unité30 : Traite le gaz liquide provenant de l'unité 100 en particulier celui de tête de la colonne C7 où les GPL sont séparés du pentane.

Unité31 : Reçoit les gaz provenant de la tête des colonnes de stabilisation de l'essence des deuxunités de Topping.

Unité 104 : Elle a été conçue dernièrement avec la nouvelle unité de Platforming 103 afin de traiter les GPL venant de cette unité [5].

I.4.7. Centrale thermoélectrique (CTE 1050)

C'est le système cerveau de la raffinerie, elle assure les utilités indispensables pour le marché de toutes les unités. Elle comprend les unités suivantes :

➤ **Unité 1020 (Tour de refroidissement)**

Elle satisfait d'une manière continue les besoins de la raffinerie en eau de refroidissement, en travaillant en circuit fermé. Les eaux polluées et chaudes proviennent des unités de production sont traitées chimiquement

afin d'éliminer les acides chlorhydriques HCl entraînés dans le circuit puis refroidies à l'aide d'une batterie d'aéroréfrigérant et enfin renvoyée vers les différentes unités aux moyens des pompes [5].

➤ **Unité 1060 : Circuit vapeur (HP, MP, BP)**

Elle assure les besoins de la raffinerie en vapeur selon trois (03) gammes :

- Vapeur haute pression.
- Vapeur moyenne pression.
- Vapeur basse pression.

La vapeur produite dans les grandes chaudières à partir des condensats qui proviennent de circuits vapeurs dans l'unité de production.

➤ **Unité d'azote**

L'azote est produit à partir de l'air atmosphérique, ce dernier est aspiré puis comprimé à 7,7 bars par des compresseurs (généralement avec des compresseurs à membrane).

➤ **Unité 1080 : Air comprimé**

L'air atmosphérique est aspiré à travers deux (02) filtres puis comprimé par deux (02) compresseurs.

Une partie de cet air filtré comprimé est envoyée vers les différentes unités de production et l'autre partie subit un séchage à travers un lit d'alumine pour être utilisé dans le système de régulation pneumatique dans les différentes unités de production [5].

I.4.8. Unité melex (600)

La raffinerie possède une capacité de stockage de 2.500.000 T/ans environ. L'unité comprend les équipements nécessaires au mouvement blending et exportation des produits finis.

L'évacuation des produits finis se fait par un réseau de canalisation vers les deux ports de Skikda, Les dépôts G.P.L. et carburants de Skikda ainsi que le centre installation intégrée de distribution du Khroub (Constantine).

L'évacuation du bitume routier se fait quant à elle par camions et par pipeline vers le port.

La majorité des produits finis est obtenue à partir de mélange de plusieurs produits de base, car il serait difficile d'obtenir directement (tout en restant dans les limites de la rentabilité) des produits répondant aux spécifications [5]. La figure I.3 présente les principales installations de la raffinerie de Skikda.

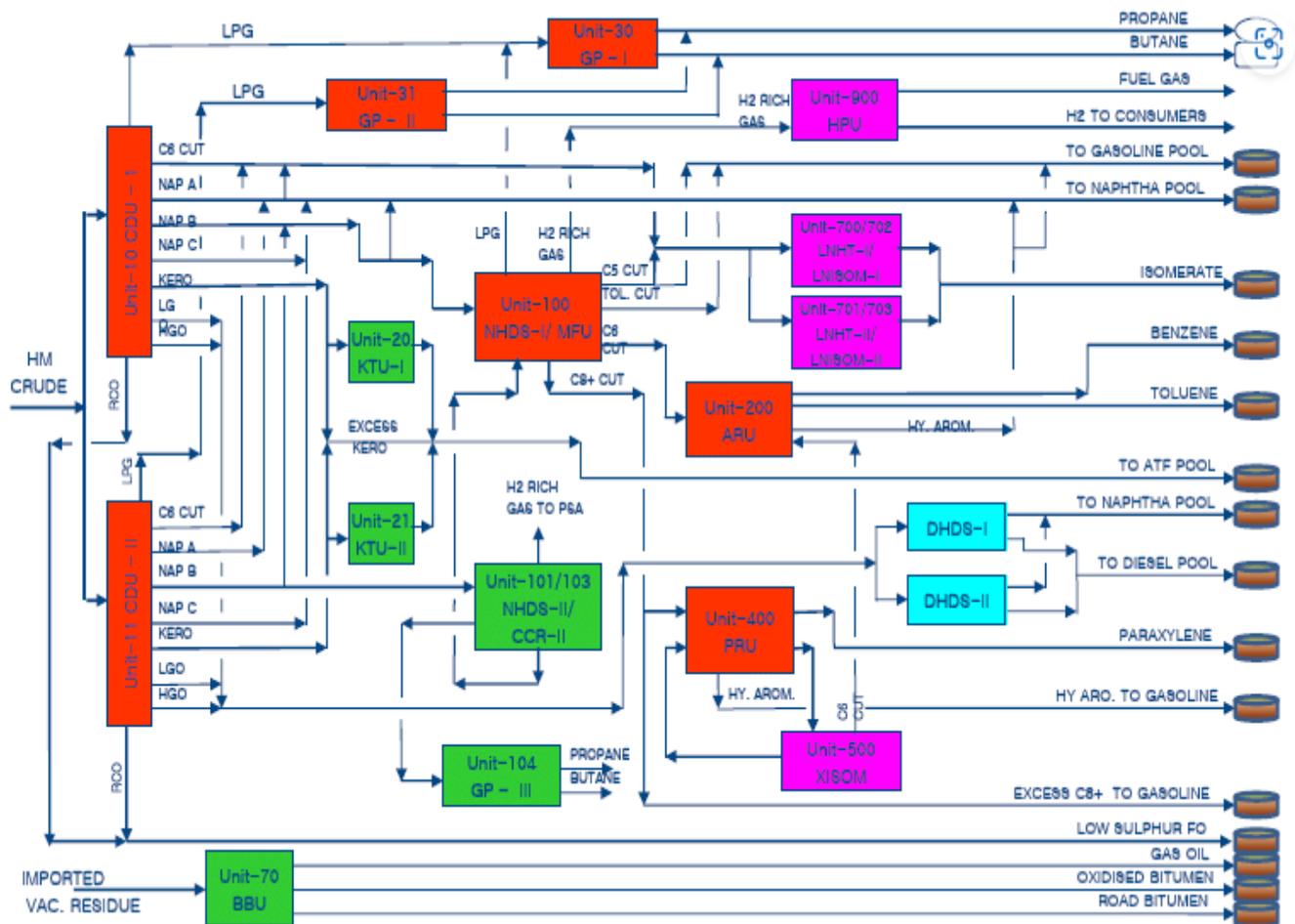


Figure I.2: Schéma des principales installations de la raffinerie [4,5].

I.5. L'objectif de la raffinerie de Skikda RA1K

Les deux objectifs principaux de cette raffinerie sont:

- Continuer à assurer la couverture des besoins du marché national en produits raffinés, sur le plan quantitatif et qualitatif.
- Continuer à offrir des produits raffinés, destinés à l'exportation répondants aux normes en vigueur sur les marchés internationaux [4].

I.6. Historique du construction

La raffinerie a été construite en janvier 1976 à la suite d'un contrat signé le 30 Avril 1974 entre le gouvernement algérien et le constructeur italien SNAM PROGETTI et SAIPEM.

Le démarrage du chantier a commencé le 02 janvier 1976, jusqu'au mars 1980, le démarrage progressif des unités de production est représenté dans le tableau I.1.

Tableau I.1: Dates des démarrages progressifs des unités de production à la raffinerie de Skikda [1].

Unité	Capacité T/an	Date
Topping (U10)	7.500.000	1980
Topping (U11)	7.500.000	1980
Séparation GPL (U30)	306.500	1980
Séparation GPL (U31)	283.000	1980
Reforming catalytique (U-100)	1.165.000	1980
Extraction et fractionnement desaromatiques (U200)	285.000	1980
Cristallisation du para xylène	430.000	1980
Distillation sous vide et oxydation de bitume (U70)	277.000	1980
Reforming	1.165.000	1993
Séparation GPL (U104)	96.000	1993
Parc de stockage (U600)	2.700.000 m ³	1980 et 1993
Centrale thermoélectrique		1980 et 1993

Références bibliographiques du chapitre I

- [1] Choui N., Bidouche M.S., Manuel opératoire stockage zone nord, Raffinerie de Skikda, 2005, p. 11-17.
- [2] Belaidi Affef, Modélisation et Optimisation des pools essences avant et après réhabilitation de la raffinerie de Skikda, Mémoire de fin d'études, Ecole d'ingénieurs de Boumerdes, 2011.
- [3] Documentation Interne RA1K, manuel operating, 2014.
- [4] FeLa Islem, 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 RA1k, Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued, 2015.
- [5] Hamida Abd Essalem, Description de l'unité reforming 02 (circuit et fonctionnement), Rapport de stage de professionnalisation des techniciens en raffinage, Raffinerie de Skikda RA1k, Ecole d'Arzew, 2019.
- [6] Slama Amina, Menasria Boutheyna, Amélioration des performances de l'unité de reformage catalytique II (U103) RA1k (Skikda), Mémoire de Master, Université 8 mai 45 Guelma, 2020.
<https://www.univ-eloued.dz/images/memoir/file/M.T-103-01>.
<https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10217>

Chapitre II: Raffinage du pétrole :
Les essences

II.1. Introduction

Le pétrole brut est un mélange très variable de produits de consommation énergétique (produits lourds et légers) qu'il faut séparer par raffinage pour répondre aux différents besoins.

La transformation des pétroles bruts s'effectue dans les raffineries, usines à feux contenus et très automatisés, qui sont plus ou moins complexes selon la gamme des produits fabriqués et selon la qualité des pétroles bruts comparée aux exigences du marché.

La complexité d'une raffinerie se traduit par le nombre d'unités de fabrication. Ces unités utilisent des procédés physiques ou chimiques que l'on peut classer en trois catégories, les procédés de séparation, procédés de conversion, et les procédés d'épuration.

Ainsi, les processus continus d'une raffinerie simple comportent d'abord une épuration du pétrole brut, puis une séparation par distillation en produits blancs (distillats légers, moyens) et en produits noirs (résidus lourds) en se basant sur des transferts de matière et de chaleur entre les différents effluents traversant ses procédés [1,2].

II.2. Les procédés de séparation

La première étape est celle de la séparation des molécules par distillation.

La distillation du pétrole comprend deux procédés distincts : la distillation atmosphérique et la distillation sous vide.

II.2.1. La distillation atmosphérique

La distillation atmosphérique est un procédé de distillation qui consiste à séparer les fractions d'hydrocarbures contenues dans le pétrole brut. C'est la première étape du raffinage du pétrole. Son fonctionnement est fondé sur la différence des températures d'ébullition de chacun des produits purs contenus dans le pétrole. Les produits les plus légers (basse température d'ébullition environ 30°C) sont récupérés en haut de la colonne tandis que les plus lourds (haute température d'ébullition, plus de 375°C) se concentrent en bas de la colonne.

En effet, les hydrocarbures les plus lourds restent sous forme liquide tandis que les molécules de masse faible ou moyenne passent à l'état de vapeur et s'élèvent dans la colonne

[3-5]. Au cours de leurs montées, elles se refroidissent et reviennent à l'état liquide puis collectées à différents étages sur les plateaux.

A chaque étage de la colonne de distillation correspond une température moyenne située entre les points de rosée (condensation) et de bulles (vaporisation) des produits que l'on souhaite récupérer (Fig. II.1).

A partir de la colonne de distillation on obtient :

- Un produit de tête (gaz non condensable, GPL, essence totale).
- Trois coupes latérales (kérosène, gasoil léger, gasoil lourd).
- Un résidu atmosphérique au fond.

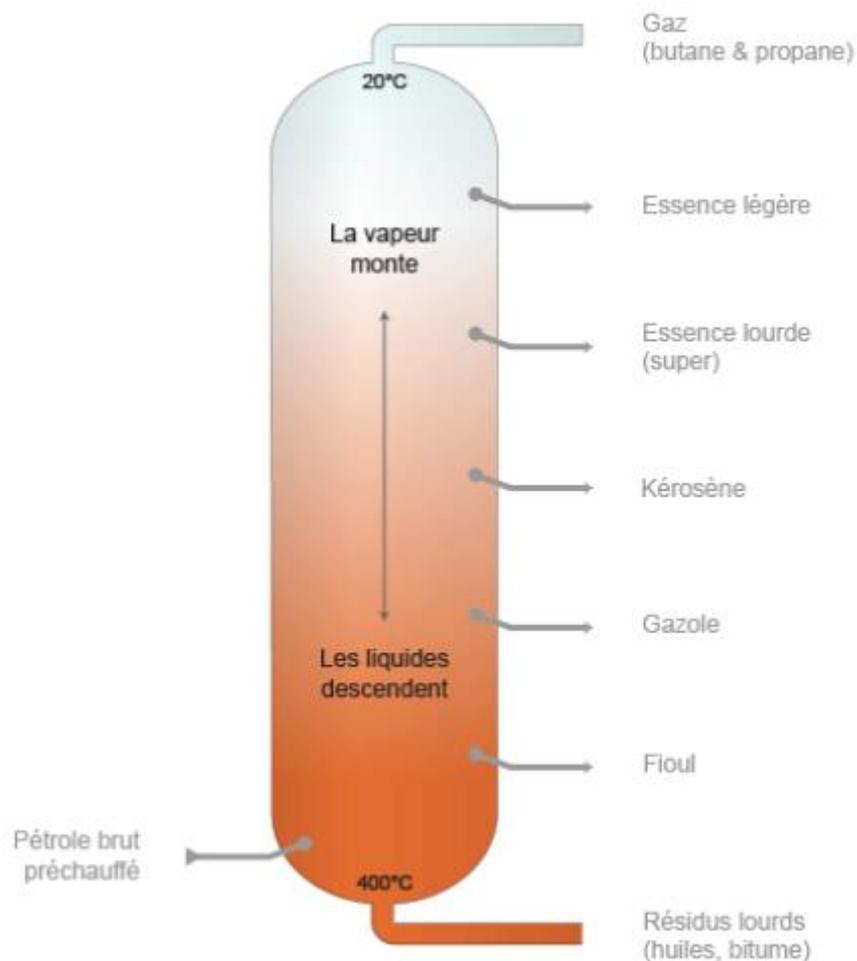


Figure II.1: Unité de distillation atmosphérique [3].

II.2.2. Distillation sous vide

Les produits lourds extraits du fond de la colonne de distillation atmosphérique ne peuvent pratiquement plus être séparés en augmentant la température de distillation. En effet, au-delà des 360° environ auxquels on porte le pétrole brut dans la distillation atmosphérique, commencent les phénomènes de craquage thermique. Cela changerait la nature chimique des produits. Pour isoler ces produits, on les distille donc à des températures similaires, mais sous pression réduite. Les installations qui pratiquent cette opération sont les unités de distillation sous vide (Fig. II.2).

Les produits séparés par distillation sous vide sont moins nombreux que ceux isolés par distillation atmosphérique.

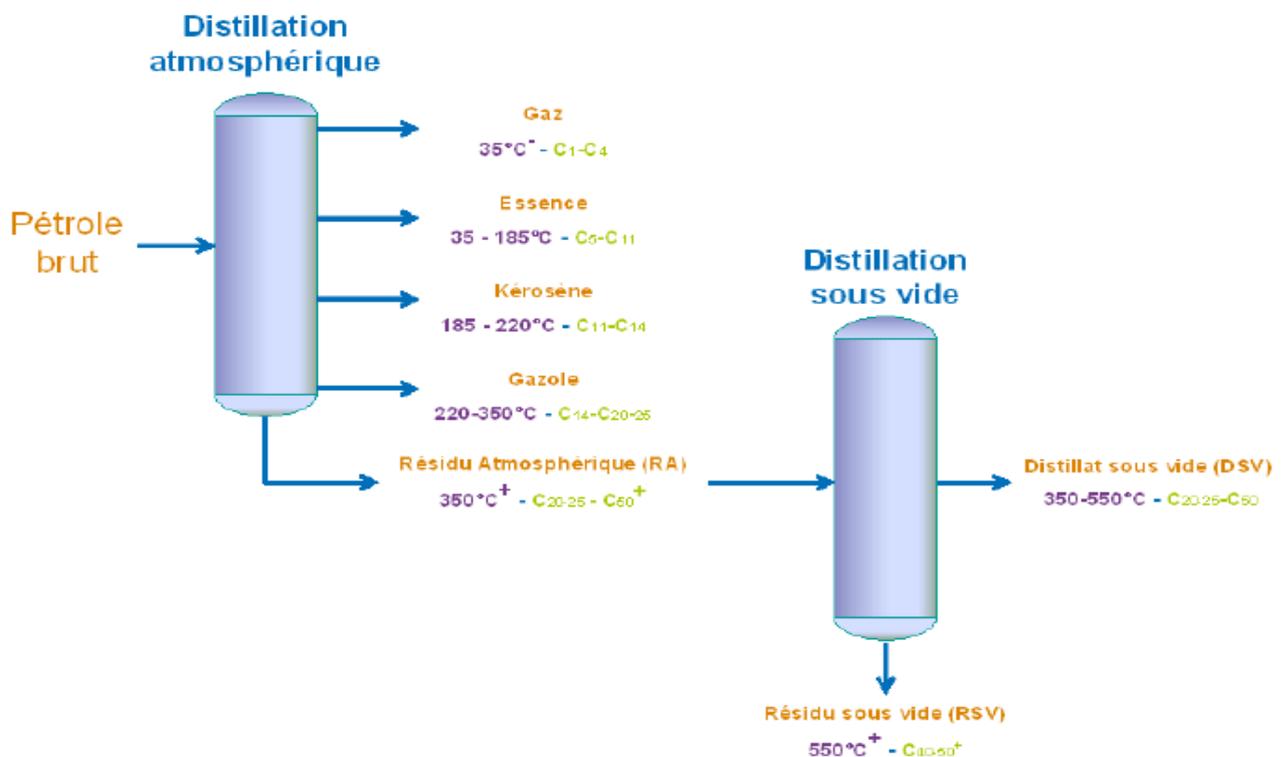


Figure II.2: Distillation atmosphérique et sous vide d'un pétrole brut et exemples de coupes associées [3].

II.3. Les procédés de conversion

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

II.3.1. Reformage Catalytique

Le reformage a pour but de transformer une coupe pétrolière à faible indice d'octane (naphta) en une essence à indice d'octane élevé. Pour cela, il est nécessaire d'isomériser des alcanes linéaires en alcanes ramifiés et d'augmenter la teneur en composés aromatiques par déshydrogénation des cycloalcanes ou déshydrocyclisation des alcanes. Cette opération est effectuée de façon catalytique.

De plus, le reformat produit dans le procédé de reformage de naphta catalytique comprend des aromatiques (BTX) qui sont des produits pétrochimiques très importants. L'hydrogène est un sous-produit précieux du procédé de reformage catalytique du naphta qui, dans la plupart des raffineries, est utilisé pour l'hydrocraquage, l'hydrotraitement et d'autres procédés consommateurs d'hydrogène [2,6].

Le reformage s'effectue vers 530°C, donc à plus haute température que le craquage. Le reformage utilise comme catalyseur le platine, d'où le nom de « Platforming » donné à ce type de procédé. On obtient de 75 à 80 % d'essence reformée à haut indice d'octane, des gaz liquéfiés et environ 1 % en poids d'hydrogène, considéré aujourd'hui comme un précieux réactif pour l'épuration des produits par désulfuration. Le mélange obtenu contient beaucoup de composés aromatiques (benzène, toluène, xylènes), constituants de certaines essences et matières premières de l'industrie chimique (Fig. II.3).

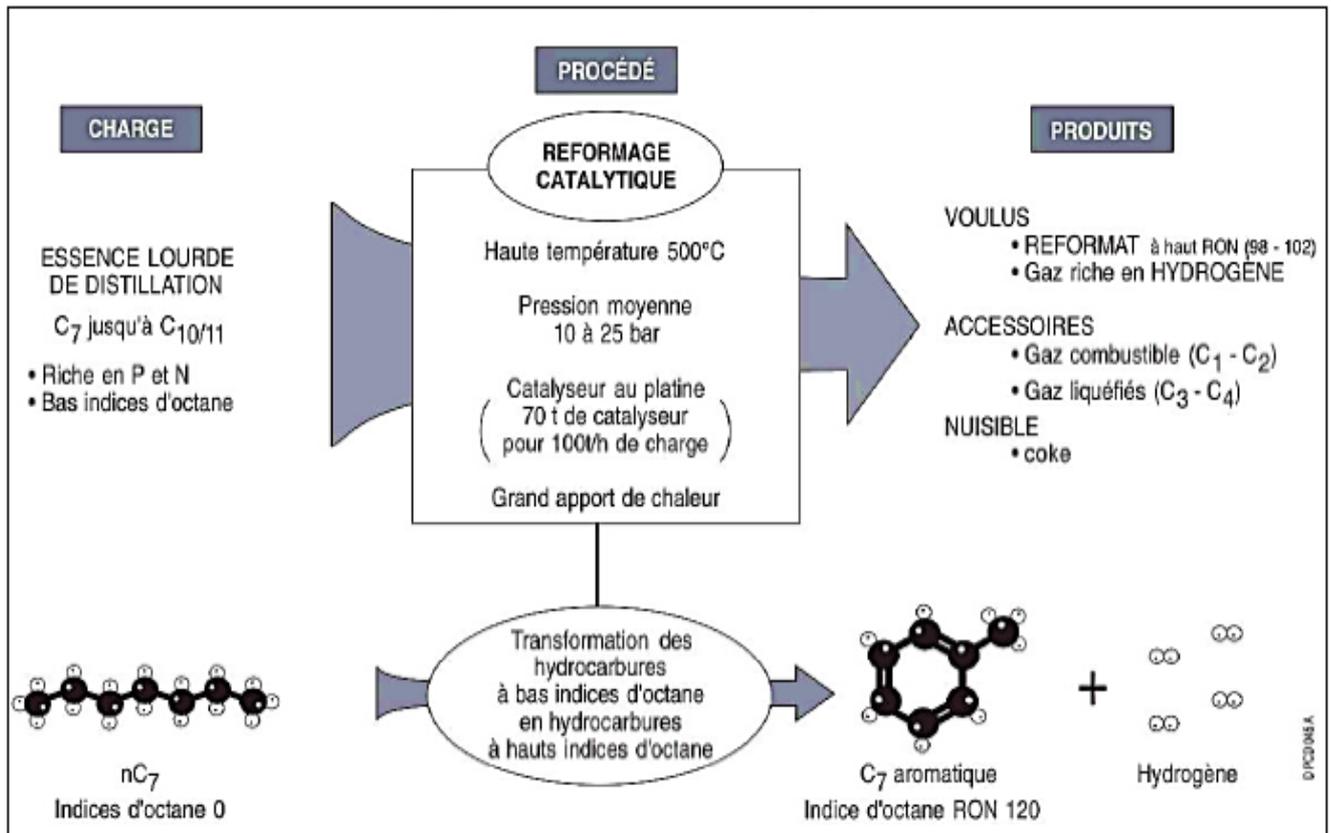


Figure II.3: Procédé de reformage catalytique [6].

II.3.2. Isomérisation

L'isomérisation permet de convertir le *n*-butane, le *n*-pentane et le *n*-hexane en leurs isoparaffines respectives. Certains des constituants des paraffines linéaires du naphta léger obtenu par distillation directe ont un indice d'octane peu élevé. On peut convertir ces constituants en isomères ramifiés à indice d'octane élevé en réarrangeant les liaisons interatomiques sans changer le nombre ni le type des atomes. L'isomérisation ressemble au reformage catalytique, car elle comporte, elle aussi, un réarrangement des molécules d'hydrocarbures; cependant, contrairement au reformage catalytique, l'isomérisation ne fait que convertir les paraffines linéaires en isoparaffines. Le catalyseur utilisé pour l'isomérisation est différent de celui employé pour le reformage catalytique.

Les deux procédés distincts d'isomérisation sont l'isomérisation du butane (C₄) et l'isomérisation du pentane/hexane (C₅/C₆).

L'isomérisation du butane (C₄) produit une charge d'alkylation. Dans un procédé à basse température, on utilise du chlorure d'aluminium très actif ou du chlorure d'hydrogène comme catalyseur, sans chauffage, pour isomériser le *n*-butane. La charge traitée et préchauffée est ajoutée au flux de recyclage, mélangée avec l'acide chlorhydrique (HCl), puis passée dans le réacteur [6 - 8]. Le procédé d'isomérisation est représenté par la figure II.4.

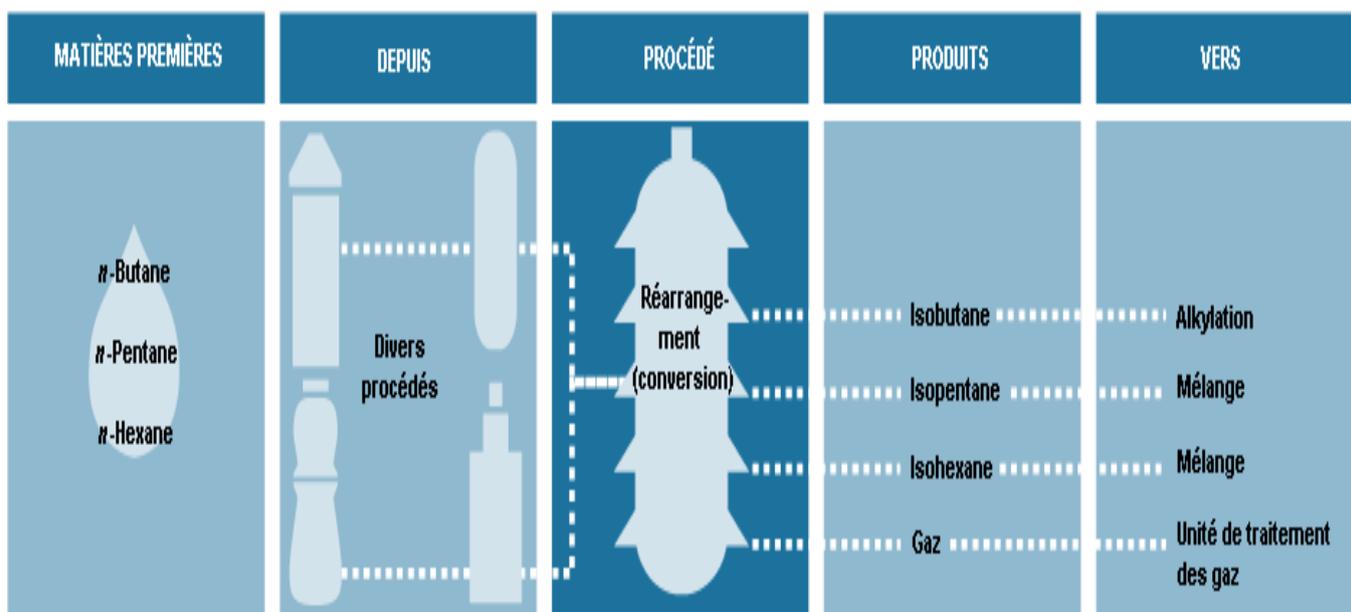


Figure II.4: Procédé d'isomérisation [3].

II.3.3. Craquage catalytique

Le craquage catalytique permet d'obtenir des molécules plus simples par fragmentation d'hydrocarbures complexes, d'améliorer ainsi la qualité et d'augmenter la quantité de produits légers plus intéressants et de diminuer la quantité de résidus. Des hydrocarbures lourds sont exposés, dans des conditions de température élevée et de basse pression, à des catalyseurs qui initient les réactions chimiques. Au cours de ce processus, il y a réarrangement de la structure moléculaire, ce qui transforme les charges d'hydrocarbures lourds en fractions plus légères, par exemple kérosène, essence, gaz de pétrole liquéfiés, fioul domestique et charges pétrochimiques. On choisit le catalyseur de façon à obtenir à la fois la

réactivité la plus élevée possible et la meilleure résistance à l'attrition. Les catalyseurs utilisés dans les unités de craquage des raffineries sont normalement des matières solides poreuses (zéolite, hydrosilicate d'aluminium, argile de bentonite traitée, terre à foulon, bauxite et silico-aluminates) se présentant sous forme de poudres, de billes, de pastilles ou de granules.

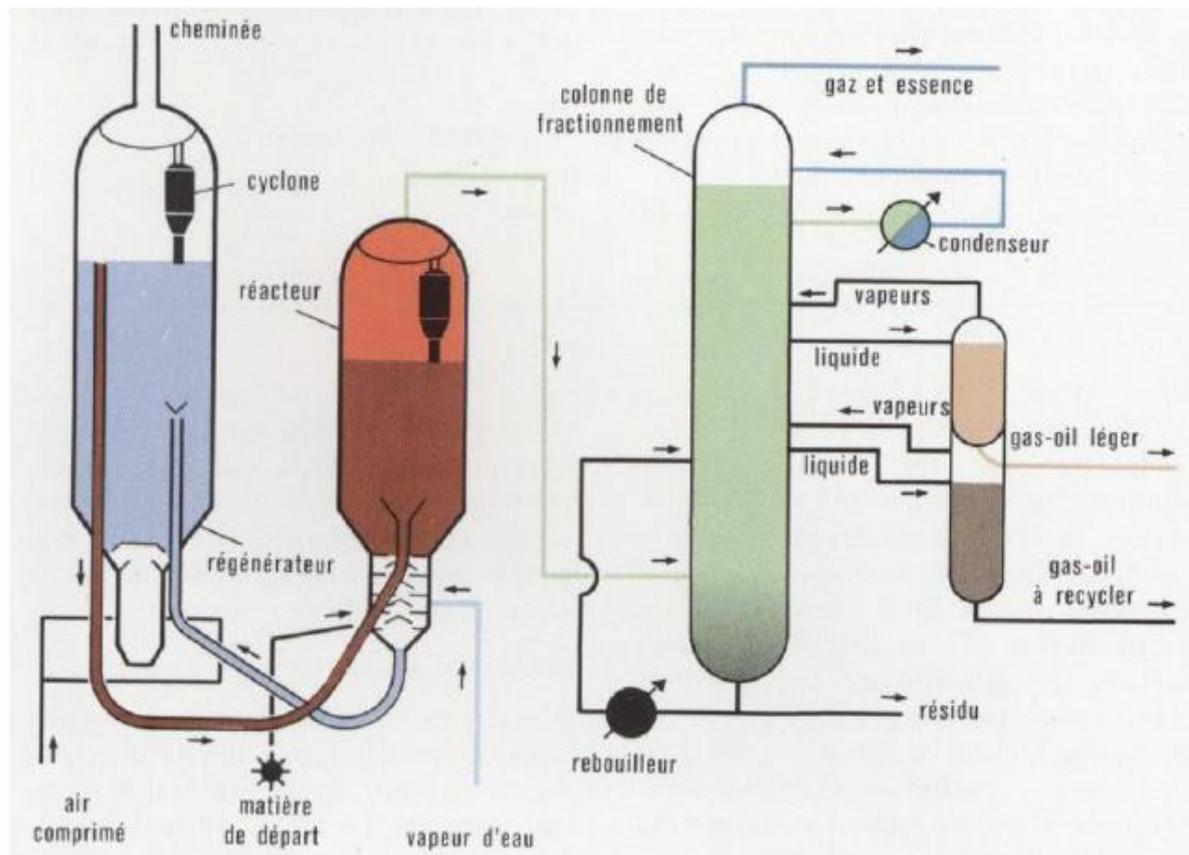


Figure II.5: Procédé de craquage catalytique [3].

II.3.4. Procédé d'alkylation

L'alkylation combine les molécules d'oléfines obtenues par craquage catalytique avec des molécules d'isoparaffines et accroît ainsi le volume et l'indice d'octane des essences de base. Les oléfines réagissent avec les isoparaffines en présence d'un catalyseur très actif, généralement de l'acide sulfurique ou de l'acide fluorhydrique (ou du chlorure d'aluminium), pour donner une molécule paraffinique à longue chaîne ramifiée, appelée alkylat (iso-octane), qui possède des qualités antidétonantes exceptionnelles. L'alkylat est ensuite séparé et

fractionné. Les températures de réaction relativement faibles de 10 à 16 °C pour l'acide sulfurique, de 27 à 0 °C pour l'acide fluorhydrique et de 0 °C pour le chlorure d'aluminium sont contrôlées par réfrigération (Fig.II.6) [3].

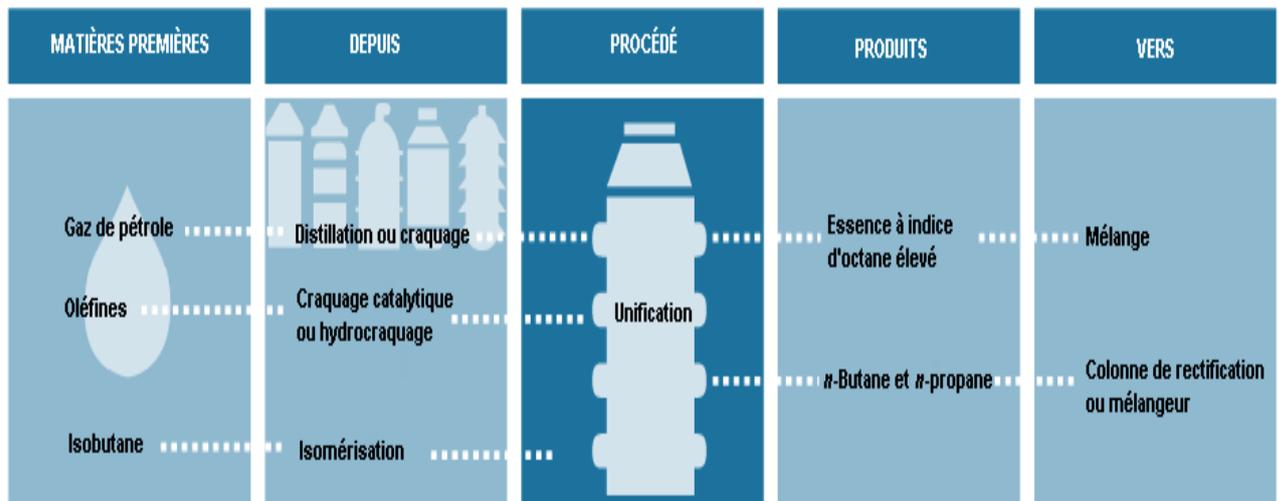


Figure II.6: Procédé d'alkylation [3].

II.4. Les essences

L'essence est un liquide incolore ayant une odeur caractéristique comme elle peut être colorée en jaune. Elle est utilisée comme carburant issu du raffinage du pétrole qui peut alimenter un moteur thermique ou les moteurs à combustion interne à allumage commandé. Celui-ci transforme l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique. L'essence est un mélange d'hydrocarbures volatiles et inflammables ayant des points d'ébullition entre environ 30°C (point initial) et 215°C (point final) [9].

II.4.1 Composition de l'essence

L'essence est un mélange complexe d'hydrocarbures auxquels sont parfois ajoutés d'autres produits combustibles ou adjuvants. Sa composition dépend de l'origine géographique du pétrole et les procédés de raffinage utilisés.

Un distillat de pétrole est composé de molécules paraffiniques isolées, des noyaux aromatiques, naphténiques et des oléfines.

Tableau II.1: Exemple de composition d'une essence par famille chimique [3].

Composition par famille chimique % volume	Paraffines : 40-6 % Naphtènes : 0-5% Oléifines : 0-20 % Aromatique : 15-45%
--	--

II.4.2. Spécifications des essences

II.4.2.1. Caractéristiques des essences plombées

Pendant de très nombreuses années, on ajoutait à l'essence une certaine quantité de plomb tétra-méthyle $Pb(CH_3)_4$ ou mieux de plomb tétra-éthyle $Pb(C_2H_5)_4$ afin de diminuer la tendance à la détonation d'essences contenant un fort pourcentage d'heptane. C'était une manière d'augmenter artificiellement l'indice d'octane (on gagnait dix points avec 1 g/L de PTE) et de favoriser la lubrification des moteurs mais cela conduisait à disperser dans l'environnement de fortes quantités de plomb, métal dont on connaît la toxicité. Les essences comportant du plomb sont désormais interdites dans la plupart des pays du monde. Les alternatives ont aussi des inconvénients, comme une teneur élevée en hydrocarbures aromatiques (beaucoup plus toxiques que les alcanes) dont le benzène.

- Le gain d'octane « Susceptibilité au plomb » dépend de plusieurs facteurs qui sont :
La nature du carburant "les structures paraffinées sont plus susceptibles au plomb que les structures aromatiques " .
- La quantité du plomb injectée plus on ajoute le plomb moins son impact est important Le mélange de ces bases avec des proportions appropriées permet la fabrication des trois types d'essences.

II.4.2.2. Caractéristiques des essences sans plomb

L'essence sans plomb est moins polluante pour l'environnement que l'essence plombée et offre de meilleures performances pour les moteurs du fait de sa richesse en octane. L'essence sans plomb est, principalement, un mélange d'hydrocarbures (non ou faiblement miscible à l'eau) et de composés « oxygénés » (éthanol, éthers substitués...) plus ou moins solubles dans l'eau; de couleur jaune très pâle, transparente, elle est fortement odorante, facilement inflammable et très volatile. Les avantages de l'introduction de l'essence sans plomb dans les véhicules munis ou non d'un pot catalytique sont nombreux :

- Réduction importante des émissions des gaz nocifs qui polluent l'atmosphère.

- Réduction d'infiltration des composés de plomb dans le sol et les eaux de surfaces et souterraines.
- Plus économique pour les automobilistes, en matière d'entretien (intervalle prolongé entre les vidanges d'huile, bougies d'allumage plus propres ...etc.)

Il est à noter que les essences sans plomb contiennent des quantités importantes de composants aromatiques qui sont dangereux pour la santé.

II.5. Production des essences au sein de la raffinerie de Skikda RA1K

Actuellement, la raffinerie de Skikda (RA1K) produit un seul type d'essence qui est l'essence sans plomb, elle se distingue par leur indice d'octane NO 91.

Composition de l'essence Sans Plomb : NO 91

La formulation de cette essence consiste à mélanger les effluents provenant de différentes unités de la raffinerie, afin d'obtenir des produits conformes aux spécifications. Il consistera donc à doser les mélanges de différentes bases, pour obtenir, au moindre coût, un ensemble de caractéristiques satisfaisantes. Les contraintes les plus sévères concerneront essentiellement la volatilité, l'indice d'octane et la limitation des teneurs en certains composants (benzène, aromatiques, oléfines), afin de limiter la pollution atmosphérique. Les spécifications des essences fabriquées à la raffinerie de Skikda sont données dans le tableau II.2.

Tableau II.2: Schéma montrant la composition de l'essence sans plomb [1].

Caractéristiques		Essence sans plomb
Indice d'octane (NO)		0,91 min
Densité à 15°C		0,72 – 0,775
TVR	Hiver	0,800 Bar max
	Eté	0,650 Bar max
Aspect		Clair et limpide
Couleur		Non colorée
Doctor Test		Négatif

Les bases utilisées dans la fabrication de l'essence sans plomb sont:

- **Butane:** pour donner une volatilité à l'essence. Le pourcentage du butane est limité par la valeur de la Tension de Vapeur Reid (TVR).
- **Reformat lourd:** Produit issu de l'unité 100.
- **ERL (Essence Reformat Léger):** Produit issu de l'unité 100.
- **Naphta A et B :** Leur utilisation leur permet une meilleure valorisation.
- **Raffinat :** Produit issu de l'unité 200.
- **Toluène Brut / Aromatiques Lourds :** Ils ont un indice d'octane élevé mais présentent une densité très élevée.
- **Méthyl-tétra-butyle-éthanol (MTBE):** Son addition aux carburants donne un gain en nombre d'octane.
- **Isomérat :** Produit issu de l'unité d'isomérisation.

Le tableau II.3 représente les valeurs de l'indice d'octane, de la densité et de la tension de vapeur Reid (TVR) des différents constituants d'essence sans plomb. Ces constituants de base sont: le butane, le reformat lourds et léger, le raffinat, naphta (A et B), l'isomérat et les

aromatiques. On remarque que l'indice d'octane n'est pas stable même pour le même composant, cependant la densité et la TVR sont constantes [9, 12].

Tableau II.3: Caractéristiques de quelques bases de formulation des essences à la raffinerie de Skikda RA1K [1].

Base	NO	Densité à 15 °c	TVR (Bar)
Butane	94,7	0,5794	4,07
Toluène	107,8	0,8485	0,01
Raffinat	60	0,6887	0,28
Reformat lourd	65	0,8721	0,01
Aromatiques lourds	109,3	0,8822	0,01
Isomérat	89	0,6350	1,100
MTBE	117	0,7460	0,561

Les quantités d'essences produites à RA1K dépendent des facteurs suivants :

- ❖ Demande du marché local y compris les besoins des régions centre et Ouest.
- ❖ Des taux de fonctionnement des unités Reforming I et Reforming II.
- ❖ De la sévérité des unités Reforming (Caractéristiques des bases).

Références bibliographiques du chapitre II

- [1] Prsokouriakov V., Drabkine A., La chimie de pétrole et du gaz, Edition Moscou, 1983.
- [3] <https://fr.scribd.com/document/458664066/resume-reformage-catalytique>
- [4] LABSI N., Polycopié de cours, Introduction au Raffinage et à la Pétrochimie, 2021.
- [5] Benkezim R., Raffinage du pétrole et caractérisation d'un sous-produit huile moteur commerciale pour véhicules lourds de type diesel, Mémoire de Master, 2017.
- [6] Boufellah , Polycopié de cours, Introduction au Raffinage et à la Pétrochimie, Université M'hamed Bougara Boumerdès, 2019.
- [7] Nadjib Cafai, Polycopié de cours, Introduction au Raffinage et à la Pétrochimie, Université Farhat Abbas 1, Sétif, 2020.
- [8] <https://www.connaissancedesenergies/fiche.pedagogique/petrole>
- [9] scribd.vpdfs.com_chapitre-i-raffinage
- [10] Wauquier J.P., Le raffinage du pétrole: Pétrole brut, produits pétroliers, schémas de fabrication, Editions Technip, Paris, 1994.
- [11] Slama Amina, Menasria Boutheyna, Amélioration des performances de l'unité de reformage catalytique II (U103) RA1k (Skikda), Mémoire de Master, Université 8 mai 45 Guelma, 2020.
- [12] Lahmaza Ibtissam, Etude vérificative des performances de catalyseur atis-2l de l'unité d'isomerisation RA1K de Skikda, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2017.
- <http://www.editionstechnip.com/en/catalogue-detail/496/raffinage-du-petrole-le-tome-1-petrole-brut-produits-petroliers-schemas-de-fabrication.html>
- <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10217>

*Chapitre III: Formulation de
l'essence et méthodes d'analyses*

III.1. Introduction

La conformité des différents types d'essence est déterminée par la réalisation d'un ensemble d'analyses physico-chimiques : indice d'octane, densité, teneur en plomb et en soufre, corrosion lame de cuivre et tension de vapeur Reid. Ces paramètres doivent répondre à des normes nationales exigées.

III.2. Détermination de la densité (norme ASTM D 4052-98)

III.2.1. Définition

La densité donne le poids pour un volume de 1dm^3 (ou 1L) de l'essence par rapport à l'eau qui a un poids de 1Kg pour 1L. La masse volumique de l'essence doit être comprise entre 0.72Kg/L et 0.775Kg/L selon le type d'essence.

La densité à 15 °C est considérée comme étant un indicateur important de la qualité pour l'industrie automobile, où il affecte le stockage, la manutention et la combustion. Elle est le rapport entre la masse volumique du produit à 15 °C et celle de l'eau à 4 °C, en effet, la masse volumique de l'eau est égal à 1, c'est-à-dire que 1 litre d'eau à cette température pèse 1 Kg. La densité est un critère très important pour l'utilisateur. Ainsi, dans les cas du moteur automobile, la densité conditionne la consommation spécifique. La richesse du mélange carburé est fonction de la densité [1]. On détermine la densité à l'aide d'un densimètre (Fig. III.1).



Figure III.1: Montage expérimental pour la détermination de la densité [1].

✚ Principe

On détermine la densité de l'essence à l'aide d'un densimètre à une température donnée, ensuite on convertie cette densité en fonction de sa température à la d_4^{15} en utilisant la table de conversion de la densité à 15 °C.

✚ Matériels et produits

- Une éprouvette de 250 ml.
- Un aéromètre (ou hydromètre qui diffère d'un produit à l'autre).
- Thermomètre.

✚ Mode opératoire

On introduit l'aéromètre dans le liquide en vérifiant qu'il se place au centre de l'éprouvette et que le bulbe ne s'approche pas à moins de 25 mm du fond. On effectue la lecture de la densité sur l'échelle graduée et on repère parallèlement la température de l'échantillon. La valeur

trouvée à l'essai est corrigée par des tables pour obtenir la valeur de la densité à 15C° (Fig.III.2) [2].

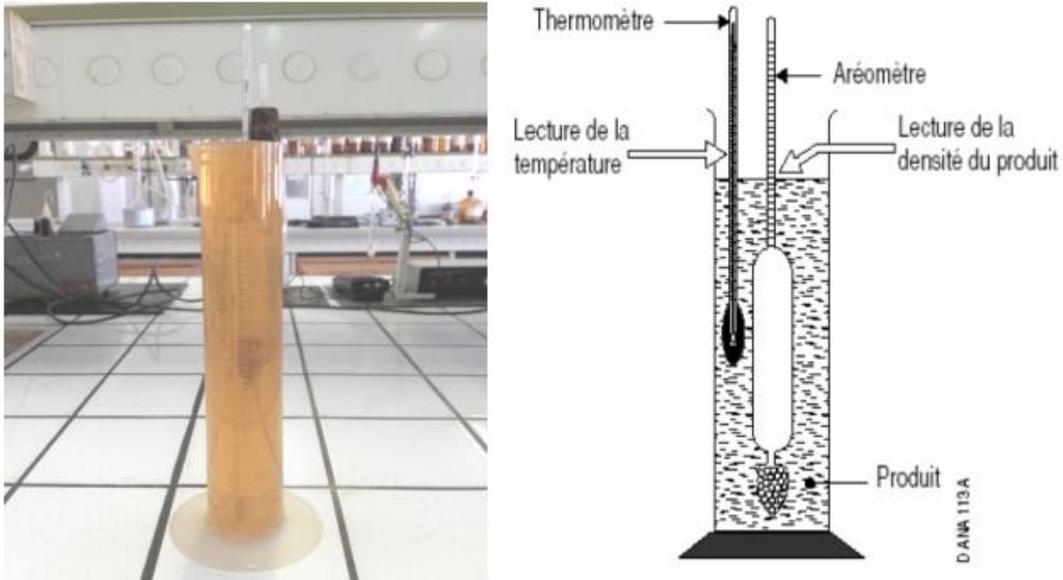


Figure III.2: Montage expérimental pour la détermination de la densité [2].

III.3. Détermination de la tension de vapeur Reid (TVR) (norme ASTM D 323)

III.3.1. Définition

La tension de vapeur Reid est une caractéristique très importante pour le domaine pétrolière pour le stockage et transport. La tension de vapeur mesure la tendance des molécules à s'échapper, c'est une mesure commune de la volatilité de l'essence et d'autres produits pétroliers. Elle est définie comme pression de vapeur absolue exercée par la vapeur du liquide et de tout gaz dissous / humidité à 37,8 ° C (100 ° F) telle que déterminée par la méthode d'essai ASTM-D-323 [3]. La présente analyse a pour objectif de décrire une méthode normalisée pour la détermination de la tension de vapeur Reid (TVR) des produits pétroliers.

La TVR est mesurée à l'aide d'un testeur de TVR (Fig. III.3) [3].

Principe

L'essai consiste à remplir la chambre inférieure avec le produit, puis l'appareil doit être plongé dans le bain thermostaté à 37,8°C (100°F). L'étape finale est l'ouverture du robinet pointeau pour permettre au manomètre de mesurer la pression due aux vapeurs émises par l'échantillon.

Matériels et produits

- Lecture de TVR (manomètre).
- Chambre à air (volume = 4V).
- Chambre à carburant (volume V).
- Bain thermostatique à T = 37,8°C (100°F).

Mode opératoire

L'appareillage comporte une chambre à air et une cuve à essence normalisées ainsi qu'un manomètre. On remplit la cuve d'essence on la connecte à la chambre à air et l'on agite l'ensemble en le plaçant périodiquement dans un bain thermostatique réglé à 100 F° (37,8°C). On estime que l'équilibre de température et de la pression est atteint lorsqu'en reliant la chambre à un manomètre, on obtient une dénivellation mesure la tension de vapeur Reid (TVR), l'unité de la TVR est le : BAR ou PSI. La valeur de la TVR dépend directement de la teneur du produit en constituants volatils à forte tension de vapeur [4-7].

La méthode de calcul du TVR est donnée par la formule III.1.

$$\text{TVR (Bar)} = \text{TVR (PSI)} \times 0,070307\text{-FACTEUR} \quad \text{III.1}$$

FACTEUR: tension de vapeur de l'air à la température initiale de la chambre à air.

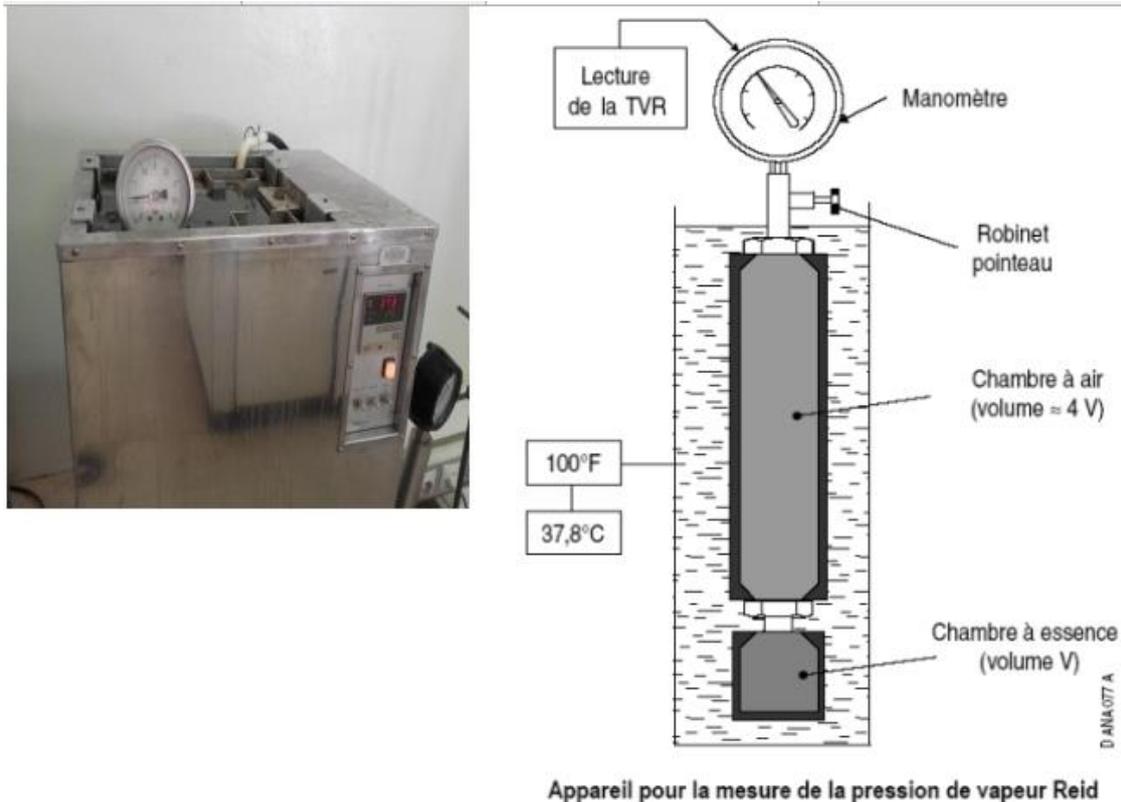


Figure III.3: Appareil de mesure de pression de vapeur Reid (TVR) [3,4].

III.4. Détermination de l'indice d'octane (NO)

III.4.1. Définition

L'indice d'octane mesure la résistance de l'essence utilisé dans un moteur à allumage commandé à l'auto-allumage (allumage sans intervention de la bougie). On parle assez souvent improprement de capacité antidétonante d'essence.

✚ Principe

Pour mesurer l'indice d'octane, on se sert d'un moteur monocylindrique spécial (moteur CFR ou Cooperative Fuel Research) (Fig.III.4). On mesure l'indice d'octane de l'essence à étudier et, par comparaison avec les valeurs obtenues dans la mesure des produits de référence, on peut connaître l'indice d'octane de l'essence.

Le moteur CFR est alimenté, tour à tour, avec le carburant à étudier et des carburants de référence dont les pourcentages respectifs d'iso-octane et d'heptane sont connus [5-8].



Figure III.4: Moteur CFR [1, 5].

✚ Méthode de calcul de l'indice d'octane

$$\text{Calcul :NO} = \frac{(\text{Moy.Ref1} - \text{Moy.E}) \times 2}{(\text{Moy.Ref1} - \text{Moy.Ref2})} + \text{IO Ref 1}$$

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

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

Moy. Ref 1 = moyenne des lectures du knockmeter pour le carburant de référence le plus faible.

Moy. Ref 2 = moyenne des lectures du knockmeter pour le carburant de référence le plus fort
(92-90) et (94-90) 2 = facteur invariable; différence des deux points d'indice d'octane des carburants de Référence (pour ces exemples).

L'indice d'octane X = 94, 0 + 1, 11 = 95, 11

$$\frac{(92-90) \times (55-52)}{55-35} + 90 = 0,3 + 90 = 90,3$$

L'indice d'octane mesuré de l'échantillon 1 est de 90,3. On remarque que cette valeur est inférieure à la norme et par conséquent cette essence est non conforme. Dans ce cas, on ajoute MTBE ou les Reformats lourds ou les aromatiques lourds.

$$\frac{(94-92) \times (60-50)}{60-30} + 92 = 0,66 + 92 = 92,66$$

L'indice d'octane mesuré de l'échantillon 2 est de 92,66. On remarque que la valeur de l'indice d'octane est élevée mais les constituants de base qui ont augmentés cette valeur d'indice d'octane sont chers tel que le MTBE.

Références bibliographiques du chapitre III

- [1] Boulahrouz Besma Nada, Mous Ilhem, Substitution du PTE par du MTBE à la raffinerie de Skikda RA1K, Institut Algérienne du Pétrole, Direction Ecole de Boumerdes, 2019.
- [2] Guibetj.C., Essences et carburants pour moteurs à allumage commandé, Technique d'ingénieur, b 8544, 10/04/2011.
- [3] Belaidi Affef, Modélisation et Optimisation des pools essences avant et après réhabilitation de la raffinerie de Skikda, Mémoire de fin d'études, Ecole d'ingénieurs de Boumerdes, 2011.
- [4] Slama Amina, Menasria Boutheyna, Amélioration des performances de l'unité de reformage catalytique II (U103) RA1k (Skikda), Mémoire de Master, Université 8 mai 45 Guelma, 2020.
- [5] Ibelaid Karima, Contribution à la formulation d'essences super sans plomb, Projet de fin d'études en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Ecole nationale polytechnique, Algérie, 2002.
- [6] François-Xavier Merlin, Essence sans plomb, Guide d'intervention chimique, 2008.
- [7] Andrianandrasana, Zafindrazay Tohisoa, Johan, Etude des caractéristiques et identification des familles chimiques d'un carburacteur commercialisé à Madagascar, Mémoire de Master, Université d'Antananarivo, 2015.
- [8] Jean-Jerôme da Costa Soares, Compréhension moléculaire et prédiction des propriétés physicochimiques dans les produits pétroliers, Université de Lyon, France 2017.
- <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10217>
- http://biblio.univantananarivo.mg/pdfs/andrianandrasanaZafindrazayTJ_PC_MAST2_15
- <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01744088/>

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Dans ce travail, nous avons réalisé une série d'analyses sur l'essence sans plomb et ses constituants pour déterminer leurs caractéristiques comme : l'indice d'octane, la densité et la tension de vapeur (TVR). Ces analyses sont effectuées au sein du laboratoire de la raffinerie de Skikda RA1K, pour contrôler la qualité de ces produits pétroliers dès leur réception pour jusqu' à la distribution et la commercialisation.

La partie « résultats et discussions » de ce travail s'articule autour des trois axes:

- Le premier axe concerne la détermination des pourcentages des différents constituants de chaque formulation d'essence pendant notre stage.
- Le deuxième axe aborde les analyses physico-chimiques (l'indice d'octane, tension de vapeur Reid (TVR) et la densité) des différents constituants des essences en les comparant aux normes algériennes.

IV.2. Analyses effectuées au sein du laboratoire de la raffinerie RA1K

Actuellement, la raffinerie de Skikda (RA1K) produit un seul type d'essence qui est l'essence sans plomb, elle se distingue par leur indice d'octane NO 91. Nous avons réalisé, des analyses physicochimiques (l'indice d'octane, la densité et TVR), sein du laboratoire de l'unité RA1K.

Avant de passer à l'étape d'analyse, il faut donner les caractéristiques des constituants de base qui composent l'essence.

Le tableau IV.1 montre les quantités contribuant à la production des différents types d'essence pendant notre stage

Tableau IV.1: Caractéristiques de quelques bases de formulation des essences à la raffinerie de Skikda [1].

Base	NO	Densité à 15 °C	TVR (Bar)
Butane	94,7	0,5794	4,07
Toluène	107,8	0,8485	0,01
Raffinat	60	0,6887	0,28
Reformat lourd	65	0,8721	0,01
Aromatiques lourds	109,3	0,8822	0,01
Isomérat	89	0,6350	1,100
MTBE	117	0,7460	0,561

L'histogramme représenté par la figure IV.1 montre les différentes compositions de l'essence sans plomb en pourcentage volumique. On constate que les compositions et les proportions varient d'une formulation à l'autre même pour le même type. Le choix des fractions de ces constituants repose généralement sur plusieurs critères, y compris :

- **L'indice d'octane de chaque composant** : tel que les aromatiques contiennent un indice élevé par rapport aux autres constituants et les hydrocarbures paraffinés et légers possèdent un indice d'octane faible.
- **La Tension de vapeur Reid (TVR)**: le choix des composants de base dépend de la valeur de TVR de chacun, tel que la teneur de ce paramètre qui assure le démarrage rapide et la mise en action satisfaisante du véhicule.
- **La densité** : présente un critère très important exigé par les normes algériennes, qui imposent une valeur minimale de la densité pour l'obtention d'une puissance maximale suffisante pour le moteur.

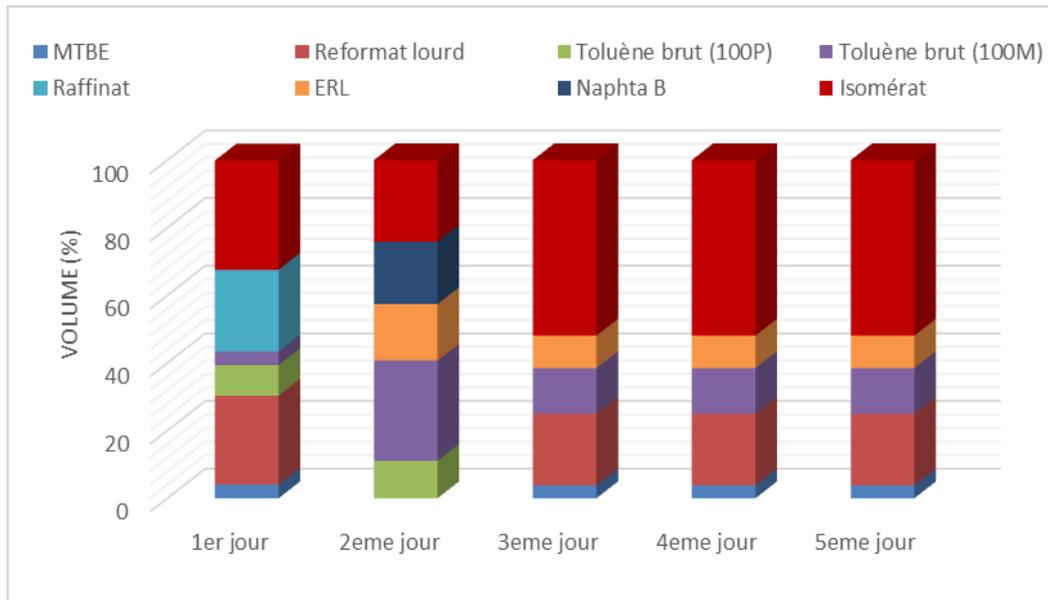


Figure IV.1: Pourcentages volumiques des composants d'une essence sans Plomb.

IV.3. Méthode de calcul des mélanges d'essence sans plomb

La qualité d'un mélange constitue de différents composants obéit à la loi de mélange. Le tableau IV.2 montre la méthode de calcul de la densité (D), de l'indice d'octane (NO) et du TVR d'un mélange d'essence constituée de trois (3) composants :

- **Le composant 1** : ayant la fraction volumique X_1 , une densité D_1 , une tension de vapeur TVR_1 et un nombre d'octane NO_1 .
- **Le composant 2** : ayant la fraction volumique X_2 , une densité D_2 , une tension de vapeur TVR_2 et un nombre d'octane NO_2 .
- **Le composant 3** : ayant la fraction volumique X_3 , une densité D_3 , une tension de vapeur TVR_3 et un nombre d'octane NO_3 .

Tableau IV.2: Formule de calcul d'un mélange d'essence

Produit	% Volume	Densité (D)	Tension de vapeur Reid (TVR)	Indice d'octane (NO)
Composant 1	X1	D1	TVR1	NO1
Composant 2	X2	D2	TVR2	NO2
Composant 3	X3	D3	TVR3	NO3
Essence	$X = \sum X_i$	$D = \sum X_i * D_i$	$TVR = \sum X_i * TVR_i$	$NO = \sum X_i * NO_i$

Le Butane (X_1, NO_1, TVR_1, D_1)

MTBE (X_3, NO_3, TVR_3, D_3)

Reformat léger (X_5, NO_5, TVR_5, D_5)

Isomerat (X_7, NO_7, TVR_7, D_7)

Naphta B (X_9, NO_9, TVR_9, D_9)

Raffinat (X_2, NO_2, TVR_2, D_2)

Toluène brut (X_4, NO_4, TVR_4, D_4)

Platformat (X_6, NO_6, TVR_6, D_6)

Reformat lourd (X_8, NO_8, TVR_8, D_8)

On signale par ailleurs qu'on a utilisé comme programme de calcul « EXCEL », et en appliquant les formules de calcul IV, IV.2 et IV.3, on peut déterminer les valeurs finales de NO, TVR et de D.

$$NO = X_1.NO_1 + X_2.NO_2 + X_3.NO_3 + X_4.NO_4 + X_5.NO_5 + X_6.NO_6 + X_7.NO_7 + X_8.NO_8 + X_9.NO_9 \quad \text{IV.1}$$

$$D = X_1.D_1 + X_2.D_2 + X_3.D_3 + X_4.D_4 + X_5.D_5 + X_6.D_6 + X_7.D_7 + X_8.D_8 + X_9.D_9 \quad \text{IV.2}$$

$$TVR = X_1.TVR_1 + X_2.TVR_2 + X_3.TVR_3 + X_4.TVR_4 + X_5.TVR_5 + X_6.TVR_6 + X_7.TVR_7 + X_8.TVR_8 + X_9.TVR_9 \quad \text{IV.3}$$

L'étape suivante consiste à jouer sur le pourcentage volumique (la fraction volumique) de chaque constituant et déterminer les valeurs du *NO*, *TVR* et *D* qui doivent répondre aux

normes, et au volume total désiré pour atteindre une formulation d'essence conforme aux normes.

Le produit final devra subir un traitement pour répondre aux exigences du marché. Il ne peut se définir par leurs aspects, leurs odeurs et leurs fluidités qui sont cependant des indications précieuses. Mais il est nécessaire d'effectuer au laboratoire une analyse des fractions obtenues afin de maîtriser leur caractéristique.

En appliquant les formules de calcul, équation IV.1, IV.2 et IV.3, on peut obtenir les valeurs de l'indice d'octane (NO), de la densité (D) et de la TVR de l'essence. Le tableau IV.3 résume ces valeurs pour une formulation d'essence.

Dans notre travail, on va préparer un volume de 2 174 m³ d'essence sans plomb dans le Bac S70, les produits de base utilisés sont représentés dans le tableau IV.3.

Tableau IV.3: Application de la méthode de calcul des mélanges pour une formulation d'essence sans plomb.

Bacs N° S70	Produit	Quantité m ³	% Volume	Densité	NO	TVR
	BUTANE	0	0,0%	0,5794	94,7	5,500
222	MTBE	0	0,0%	0,7460	130,0	0,460
223						
65	Reformat Lourd	900	19,6%	0,8600	110,0	0,100
24						
(100P)	Toluène Brut	500	10,9%	0,8250	104,0	0,020
18	Toluène Brut	0	0,0%	0,8400	96,0	0,040
(100M)						
22/23	Raffinat	400	8,7%	0,6887	62,7	0,280
36						
32	ERL	0	0,0%	0,7120	70,0	0,250
20/21	Naphta B	0	0,0%	0,7325	50,0	0,250
229	Isomérat	2 800	60,9%	0,6350	88,0	1,150
230/231						
TOTAL		4 600	100%	0,7043	91,8	0,746
				2 174	mm	

Tableau IV.4: Tableau résumant les différentes formulations d'essence sans plomb.

Date	Toluène		Butane	Ref. Lourd	MTBE	Raffinat	ERL	AR Lourd	Isomérat	Essence sans plomb
	U100 P	U100 M								
31/01/2023	0	700	0	1100	200	0	500	0	2700	
01/02/2023	450	200	0	1300	200	1200	/	0	1600	
02/02/2023	600	1600	0	0	0	0	/	1000	1300	
05/02/2023	0	700	0	1100	200	0	500	0	2700	

IV.4. Compositions et caractéristiques de l'essence sans plomb

IV.4.1. Effet de l'ajout du MTBE

La fabrication d'une essence s'effectue à partir du mélange additionné au tétra éthyle de plomb (PTE), si ce dernier est éliminé, il est impossible d'obtenir une essence sans plomb d'indice d'octane conforme aux normes exigées. La solution envisagée consiste à modifier l'ajout des produits de base pour la fabrication d'une essence sans plomb de qualité. Pour la production de ce type d'essence, on doit ajouter un composant qui possède un NO très élevé comme le MTBE.

IV.4.2. L'indice d'octane des différents échantillons

Les résultats d'indice d'octane obtenus pour l'ensemble des essences sans plomb sont montrés dans le Tableau IV.4. On remarque que l'indice d'octane des formulations 4 et 5 sont supérieurs aux normes (NO 92,4). Ceci est dû aux pourcentages volumiques d'isomérat qui est 51,9 % vol. et du MTBE qui est égal à 3,8% vol. Ces deux formulations ne contiennent pas les aromatiques lourds qui ont l'avantage d'augmenter l'indice d'octane avec un prix moins cher que le MTBE. La formulation 3 (NO 91,8) est conforme aux normes, le pourcentage du MTBE est 0,0% vol. mais elle est riche en aromatiques lourds (18,5 % vol.).

Tableau IV.5 : L'indice d'octane des différentes formulations d'essence sans plomb.

Formulation d'essence	1	2	3	4	5
Indice d'octane (NO)	91,8	90	91,8	92,4	92,4

IV.4.3. La densité de l'essence sans plomb des différentes formulations

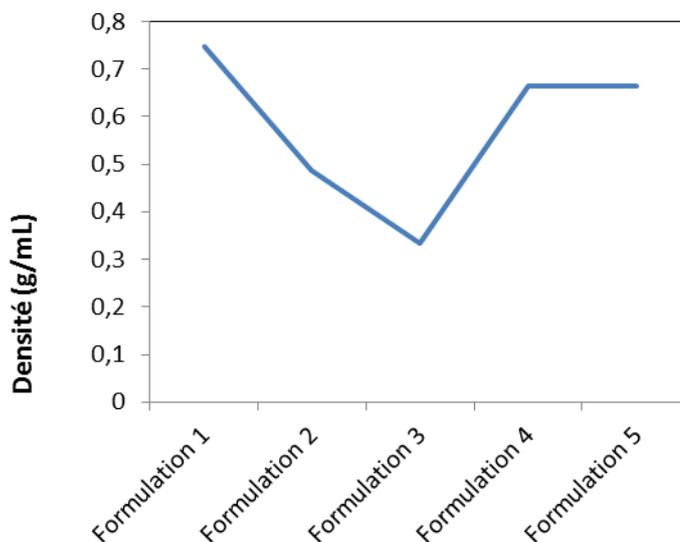
Le tableau IV.6 récapitule les densités des différentes formulations d'essence sans plomb.

Tableau IV.6: La densité (D) des différentes formulations d'essence sans plomb.

Formulation d'essence	1	2	3	4	5
La densité (D) (g/mL)	0,70430	0,7371	0,7487	0,7065	0,7262

La figure IV.1 représente les valeurs de la densité déterminées pour l'essence sans plomb produits pendant notre stage à l'unité.

On constate que toutes les valeurs de la densité des différentes formulations sont incluses dans l'intervalle de stabilité de l'essence sans plomb [0,72 ; 0,775]. Ces valeurs sont conformes par rapport à la teneur tolérée par la norme Algérienne.

**Figure IV.3 :** La densité des différentes formulations d'essence sans plomb.

IV.4.4. La tension de vapeur Reid (TVR) des différentes formulations d'essence

La TVR conditionne directement les pertes au cours du stockage et de la manutention. Ces spécifications imposent un maximum à ne pas dépasser 0,650 bar en hiver et 0,800 bar en été. On constate que les valeurs de la TVR obtenues sont inférieures ou égales à la limite fixée 0,650 bar, ce qu'elles nous révèlent d'avoir des essences normales conformes (Tableau IV.7).

La figure IV.2 révèle que la tension de vapeur Reid obtenue est inférieure à la limite fixée par la norme algérienne (0,65Max). Ce qui indique que ces essences sont conformes.

Tableau IV.7: TVR des différentes formulations d'essence sans plomb.

Formulation d'essence sans plomb	1	2	3	4	5
TVR (bar)	0,746	0,488	0,334	0,665	0,665

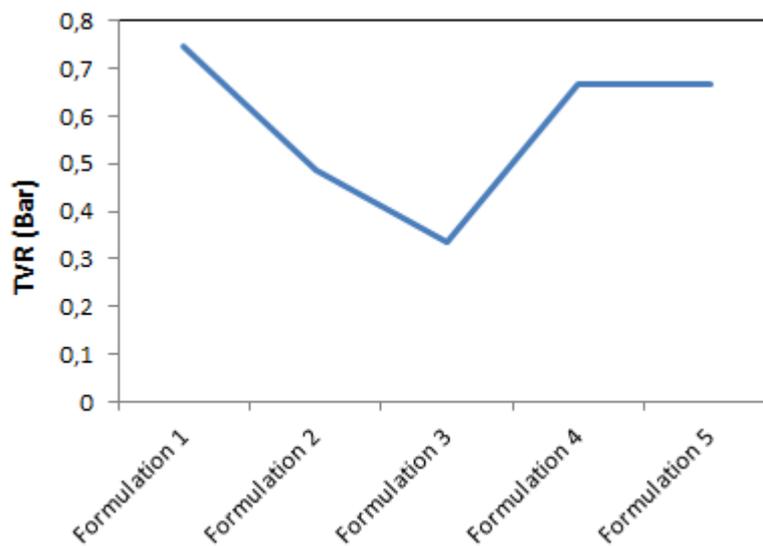


Figure IV.2: La TVR des différentes formulations d'essence sans plomb.

IV.5 Comparaison entre l'essence normale et l'essence sans plomb

L'essence normale est un mélange essentiellement des structures linéaires (butane, naphta, raffinat, toluène, reformat et l'isomérat) avec des proportions bien déterminées. On ajoute le PTE à ce mélange pour augmenter son indice d'octane de 4 points, ce qui le rend une essence conforme avec NO égal à 89.

L'essence sans plomb ne contient pas le PTE, ce dernier est remplacé par le MTBE pour augmenter l'indice d'octane et avoir une essence conforme aux normes Algériennes.

Références bibliographiques du chapitre IV

- [1] Lahmaza Ibtissam, Etude vereficative des performances de catalyseur atis-2l de l'unité d'isomerisation (RA1/K) de Skikda, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2017.
- [2] Lalaoui Sonia, Caractérisation physico-chimiques des carburants des véhicules cas : essence super et gazole, Mémoire de Master, Université de Bejaïa, 2015.
- [3] Jean-Paul Mmoulin, Génie des procédés, Opérations unitaires idéale : distillation, tome1, 2004-2005.
- [4] Boucha Khaled, Ousfia Abderrezak, Amelioration de l'indice d'octane par reformage catalytique au niveau de la raffinerie d'adrar RA1D, Mémoire de Master, Université Adrar, 2019.

- [5] Benkezim R., Raffinage du pétrole et caractérisation d'un sous-produit huile moteur commerciale pour véhicules lourds de type diesel, Mémoire de Master, Université de Béjaia, 2017.
- [6] François-Xavier MERLIN, Essence sans plomb, Guide d'intervention chimique, 2008.

Chapitre V: Simulation par Hysys

V.1. Introduction

La simulation est un outil utilisé dans différents domaines de l'ingénierie et de la recherche en général, permettant d'analyser le comportement d'un système avant de l'implémenter et d'optimiser son fonctionnement en testant différentes solutions et différentes conditions opératoires. Elle s'appuie sur l'élaboration d'un modèle du système, et permet de réaliser des scénarios et d'en déduire le comportement du système physique analysé.

Dans le domaine du raffinage du pétrole et l'industrie des hydrocarbures, le logiciel utilisé est le HYSYS de la société Hyprotech qui est une filiale du groupe AspenTech.

La Division Raffinage de Sonatrach, Algérie a adopté le logiciel HYSYS pour simuler les différentes étapes du raffinage. Elle procède, à chaque fois à la réhabilitation et l'adaptation des raffineries, dont la Raffinerie de Skikda. L'objectif visé consiste, généralement en l'augmentation de la capacité de production au moyen de modifications minimales des équipements existants et du rétablissement de la capacité du design initial.

Le lieu de notre stage, l'unité Magnaforming existante (Unité 100) a récemment fait l'objet d'un revamping pour retrouver la capacité du design initial et pour améliorer les performances de fonctionnement.

Nous nous sommes alors intéressés à ce projet de simulation et notre objectif était de simuler la colonne de fractionnement C4 de l'unité 100.

V.2. Définition de simulateur HYSYS

Le simulateur HYSYS est l'un des plus performants logiciels de simulation. Il peut être utilisé lors de la conception d'un procédé industriel afin d'établir des bilans de matière et d'énergie d'un procédé industriel et de dimensionner les équipements de ce procédé. Il est aussi utilisé dans le suivi des procédés qui sont déjà installés afin de réajuster les paramètres de fonctionnement dans le cas de changement de compositions de l'alimentation ou des conditions de fonctionnement et de déterminer les performances.

V.3. Utilisation du simulateur HYSYS

Le simulateur HYSYS est utilisé pour différentes tâches :

- Etablissement des bilans de matière et d'énergie d'un procédé industriel.
- Réajustement des paramètres de fonctionnement dans le cas de changements de composition de l'alimentation.

- Dimensionnement des équipements.
- Optimisation du procédé.
- Détermination des performances des équipements.
- Evaluation économique du procédé (Engineering).

V.4. Caractéristiques du simulateur HYSYS

Dans ce qui suit, nous définissons les principaux concepts de base et vocabulaires associés, qui sont utilisés pendant les étapes de construction d'un modèle dans le simulateur HYSYS:

- ✚ **Material stream** : il permet de constituer un mélange, appelé matière en utilisant les composés chimiques présents dans la base de donnée et qui faisant partie du procédé simulé. La base de données fournit aussi les propriétés chimiques et physiques de ces corps purs.
- ✚ **Fluid Package** : il permet d'associer à la matière (mélange) les modèles thermodynamiques qui seront utilisés pour le calcul des propriétés des mélanges et de définir les cinétiques des réactions chimiques mises en jeu dans le procédé.
- ✚ **Process Flow Diagram** : ce diagramme permet de visualiser les courants et les opérations unitaires, représentées par des symboles dans le « Flowsheet », ainsi que la connectivité entre les courants, les opérations unitaires et les tableaux des propriétés des courants.
- ✚ **Workbook** : il permet d'avoir accès à l'information sur les courants et les opérations unitaires sous forme de tableau de données.
- ✚ **Desktop**: c'est l'espace principal de HYSYS pour visualiser les fenêtres lors de la conception.
- ✚ **Property view** : il contient l'information décrivant un objet (opération ou courant).
- ✚ **Simulation Case (fichier de simulation)** : c'est l'ensemble des «Fluid Packages», « Flowsheets» et «Flowsheet Elements» qui constituent le modèle.

V.5. le choix du modèle thermodynamique

V.5.1. Equations d'état

Les modèles basés sur les équations d'état (RK, SRK, PR, etc.) sont souvent utilisés pour le calcul des systèmes d'hydrocarbures et des systèmes presque idéaux. Leurs avantages par rapport aux autres modèles résident dans le fait de l'utilisation des coefficients d'interaction-

binaire. En général, les équations d'état permettent de calculer l'ensemble des propriétés des produits par rapport à la température et aux fractions molaires.

V.5.2. Equation de REDLICH-KWONG (RK)

Considérée comme la plus simple des équations d'état, elle est très utilisée pour prédire d'état de la phase vapeur.

$$\frac{RT}{V-B} - a/\sqrt{T} \frac{1}{V(V+b)} \quad (\text{V.1})$$

V.5.3. Equation de SOAVE-REDLICH-KWONG (SRK)

Cette équation est la forme modifiée de celle de REDLICH-KWONG, par l'introduction d'une fonction $a(T)$ qui dépend du facteur acentrique.

L'équation de **SOAVE** a la même forme générale que l'équation (V.1)

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b)} \quad (\text{V.2})$$

V.5.4. Equation de PENG-ROBINSON

L'équation de PENG-ROBINSON diffère de l'équation de SOAVE par l'expression du terme d'attraction. Elle a été introduite en vue d'améliorer les résultats obtenus par l'équation de SAOVE, notamment en ce qui concerne le calcul des densités en phase liquide, sans modifier le nombre de paramètres :

$$\frac{RT}{V-B} - \frac{a(T)}{V(V+b)+b(V-b)} \quad (\text{V.3})$$

Les termes a et b sont définis comme suit :

$$a = 0.45724 R^2 T_c^2 \frac{R_2 T_c^2}{P_c} a(T_R) \quad (\text{V.4})$$

Ces équations sont très largement utilisées dans les modèles de simulation, en production et traitement de gaz. L'équation la plus recommandée pour les systèmes d'hydrocarbures est l'équation de PENG ROBINSON, car elle résout correctement les problèmes d'équilibre et permet de prédire des densités liquides plus en accord avec les valeurs réelles que les autres équations.

V.6. Simulation de la colonne de fractionnement 100-C4: Etapes à suivre

La simulation par HYSYS, de la colonne de fractionnement passe par les étapes de simulation communes à tous types d'équipement et consistent en :

- Démarrer le programme HYSYS puis sélectionner **File/New/Case**. Pour commencer un nouveau **Case** ; et sélectionner la composition des matières servant d'alimentation (feed 1 et feed 2) pour la colonne, en appuyant sur le bouton **Add**.

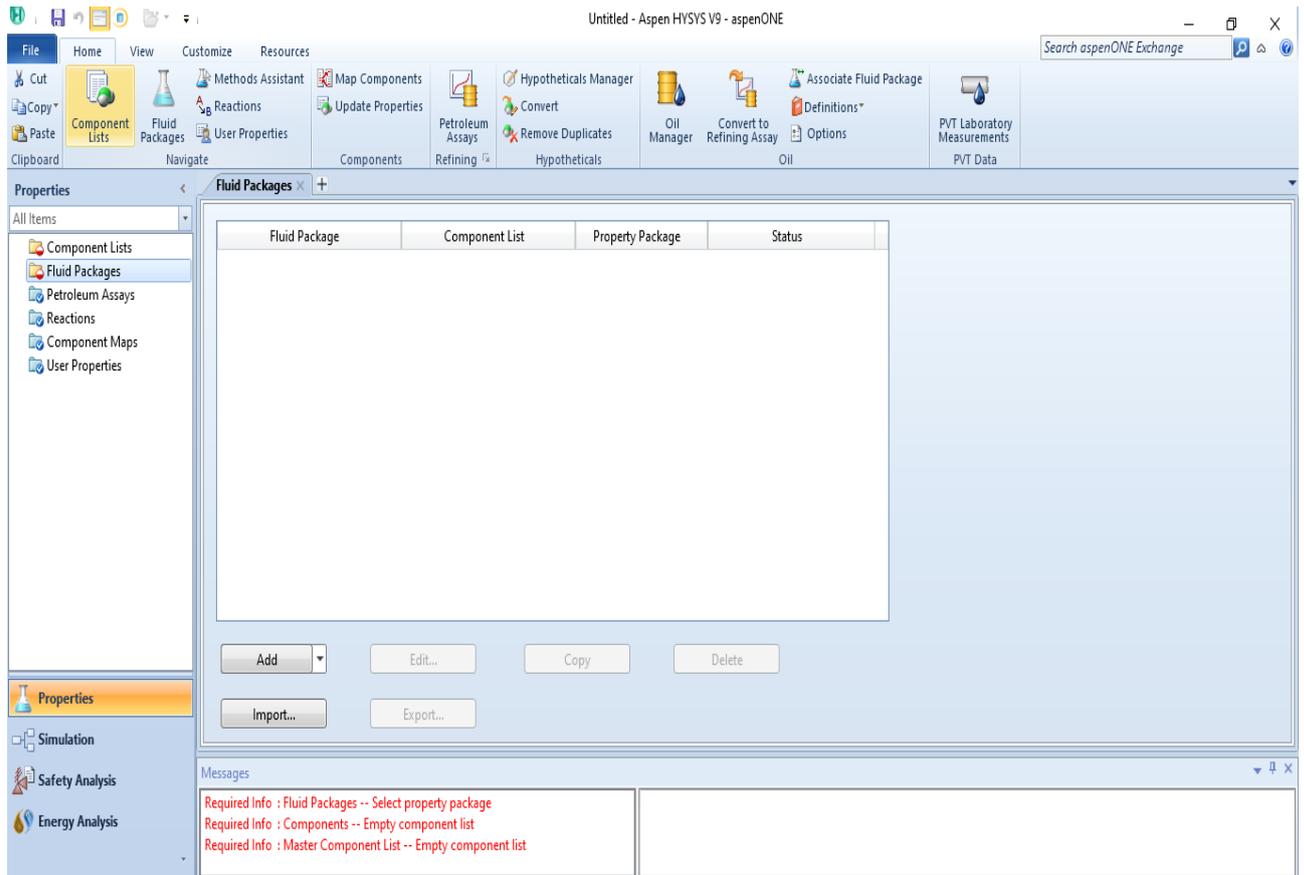


Figure V.1 : Démarrage de HYSYS.

La matière a la composition suivante :

Tableau V.1: Eléments constituant de la charge d'alimentation de C4 (Feed)

Composés purs	H2, C1, C2, C3, i-C4, n-C4, i-C5, n-C5, 2M-pentane, n-C6, M-cyclopentane, Benzene, 24-pentane, n-C7, E- cyclopentane, Toluene, 224-Mpentane, n-C ?, E-cyclohexane, E- Benzène, p-Xylène, m-Xylène, o-Xylène, 2M-4E-hexane, n-Nonane, 1M-3E-Benzene
Equation d'Etat	Peng Robinson

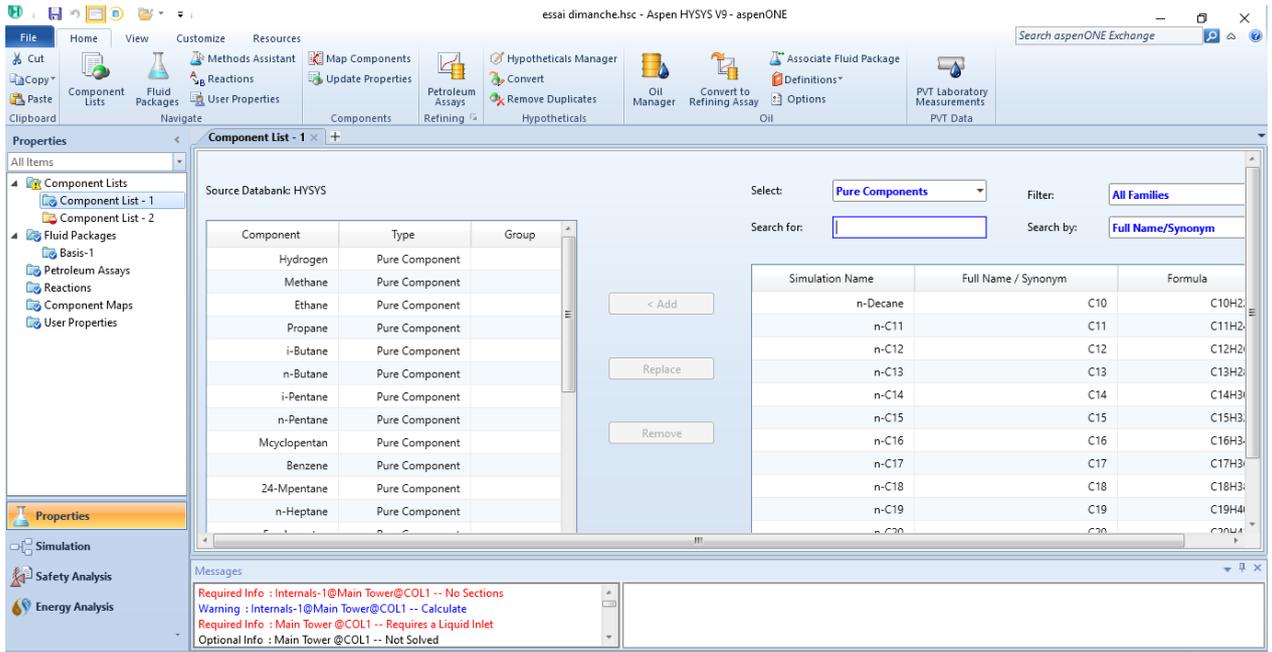


Figure V.2 : Constitution de la charge d'alimentation.

- Choisir l'équation d'Etat en adéquation avec le sujet à traiter, soit l'équation de Peng Robinson dans ce cas d'étude et la sélectionner dans **Fluid Pkgs**, pour former la base de simulation **basis-01**.
- Il faut aller dans la liste **Fluid Pkgs**, appuyer sur le bouton **Add** et ensuite sélectionner **Peng-Robinson**.

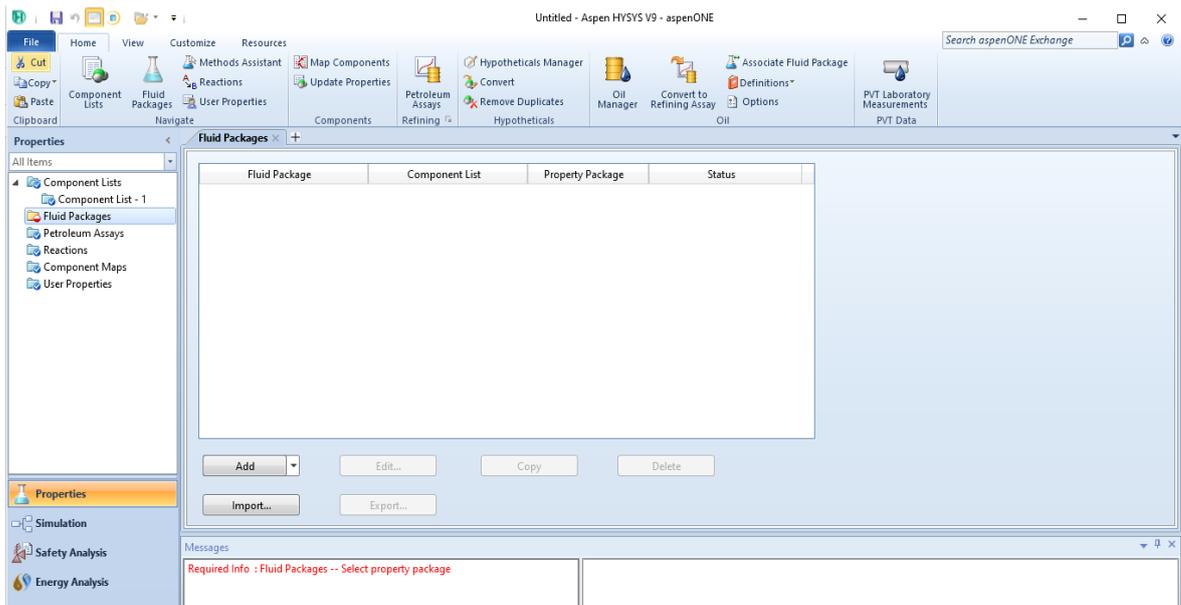


Figure V.3 : Choix de l'équation d'état dans Fluid Pkgs.

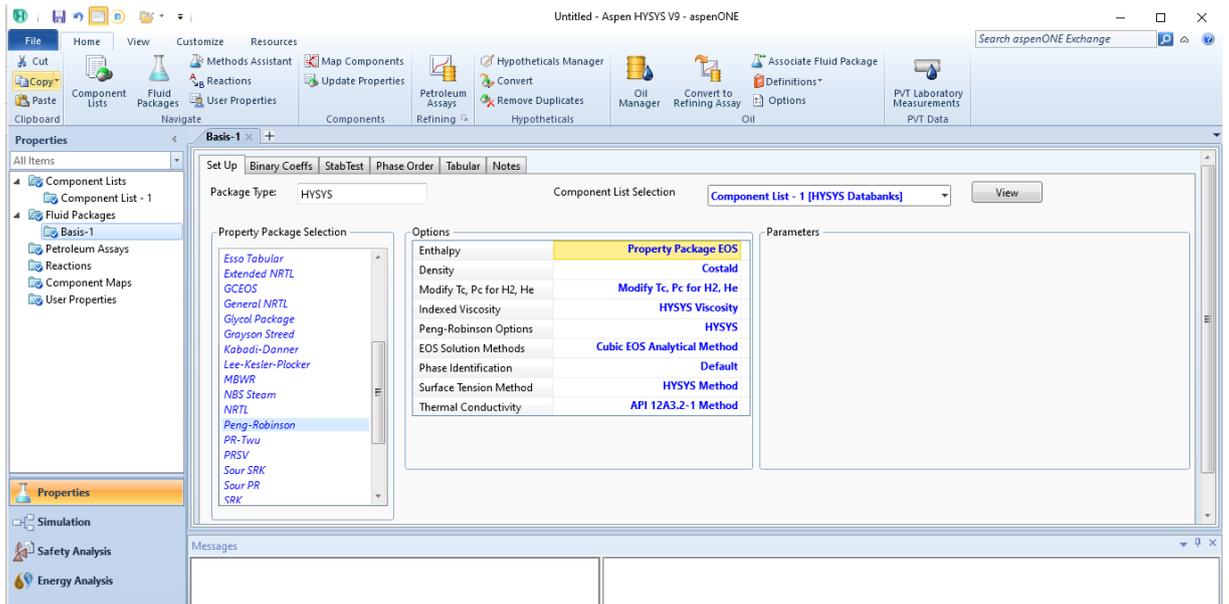


Figure V.4 : Constitution de Basis-1.

- Nous avons maintenant terminé toutes les saisies nécessaires pour commencer notre simulation, nous cliquons ensuite sur **Simulation**.

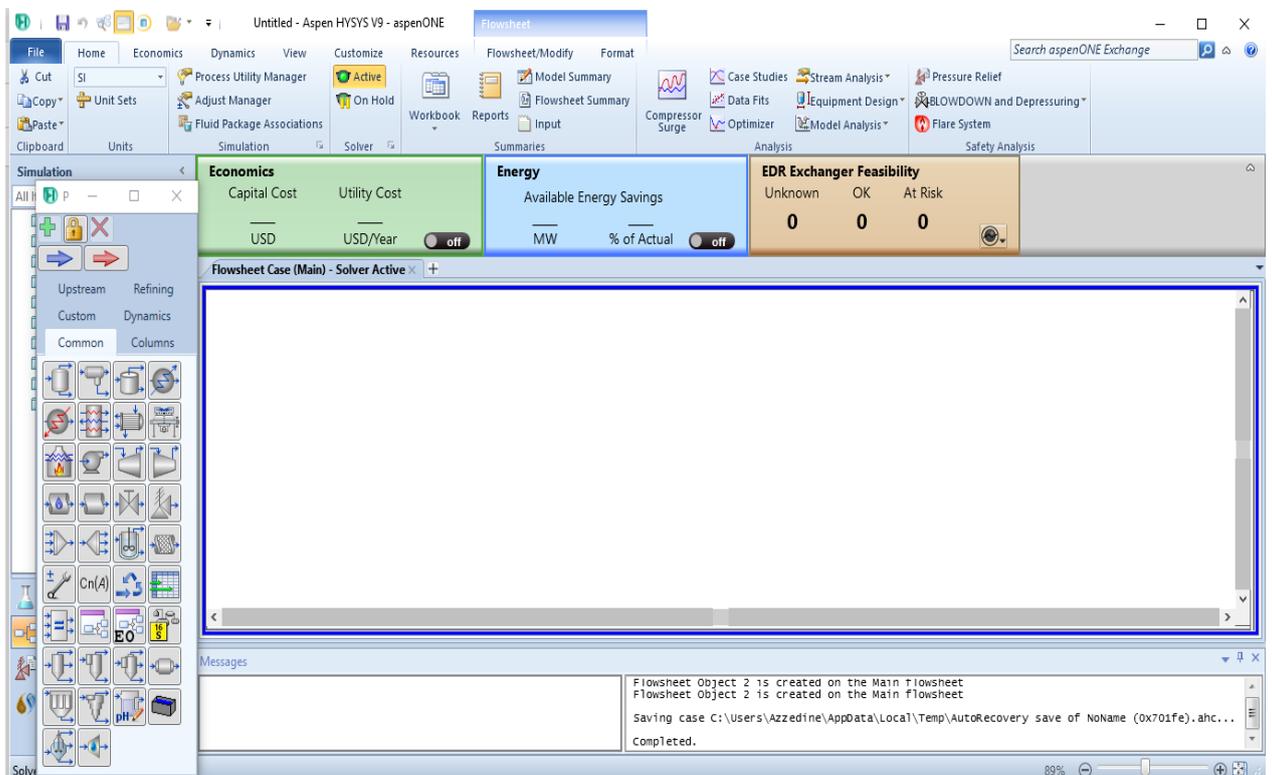


Figure V.5 : Début de la simulation.

A ce niveau, nous avons à introduire la matière constituée dans la feuille de simulation (représentée par la flèche bleue) et compléter les informations concernant la composition et les conditions physiques, température, pression et débit (voir tableau V.2).

Tableau V.2 : Caractéristiques de la charge d'alimentation de C4 (Feed)

Nom	Feed
Température (C°)	81,6
Pression (Kpa)	588,4
Débit (Kg/h)	1,274.10 ⁵
Fraction du Composé pur	
H ₂	0,0001
C ₁	0,0005
C ₂	0,0033
C ₃	0,0125
i-C ₄	0,0122
n-C ₄	0,0211
i-C ₅	0,0323
n-C ₅	0,0314
2M-pentane	0,0693
n-C ₆	0,0236
M-cyclopentane	0,0035
Benzene	0,0892
24-Mpentane	0,0670
n-C ₇	0,0118
E- cyclopentane	0,0018
Toluene	0,1941
224-Mpentane	0,0049
n-C ₈	0,0007
E-cyclohexane	0,000
E- Benzène	0,0753
p-Xylène	0,0593
m-Xylène	0,1141
o-Xylène	0,0650
2M-4E-hexane	0,0026
n-Nonane	0,0003
1M-3E-Benzene	0,1039

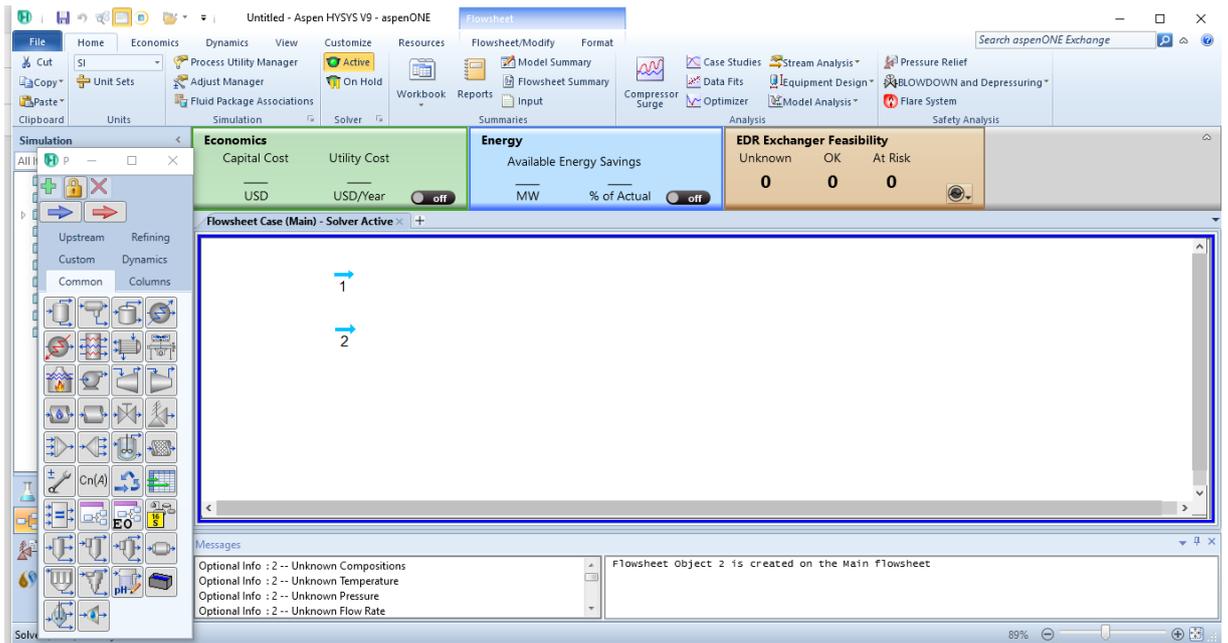


Figure V.6: Ajout de l'alimentation de la colonne (Feed).

- Ensuite nous avons ajouté la colonne dans la palette des colonnes qui apparaît à gauche, dans la Figure V.7.

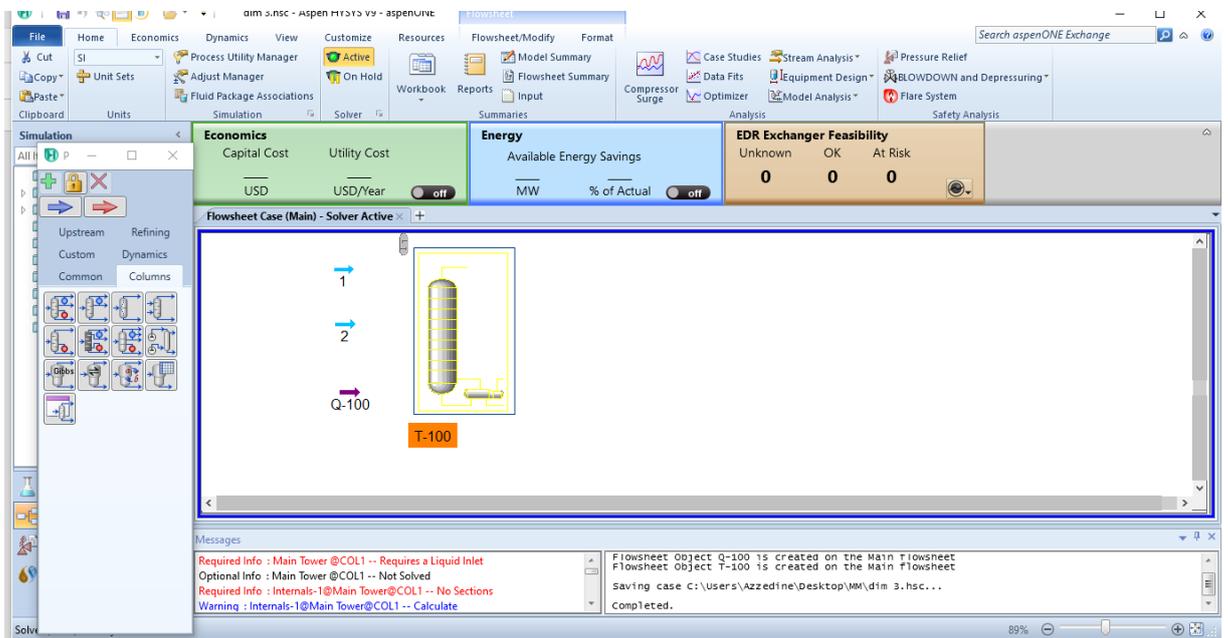
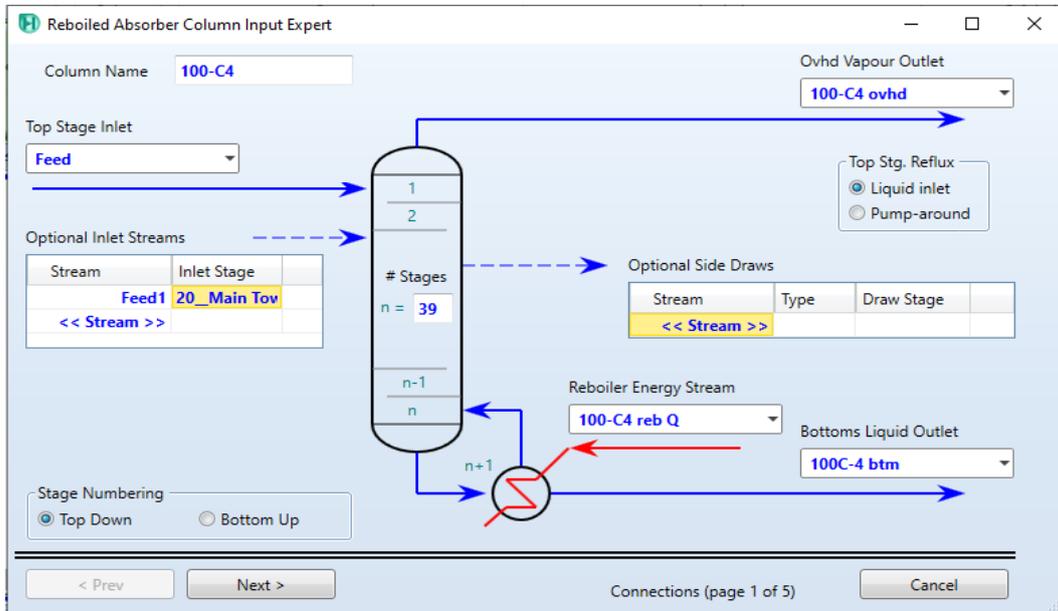
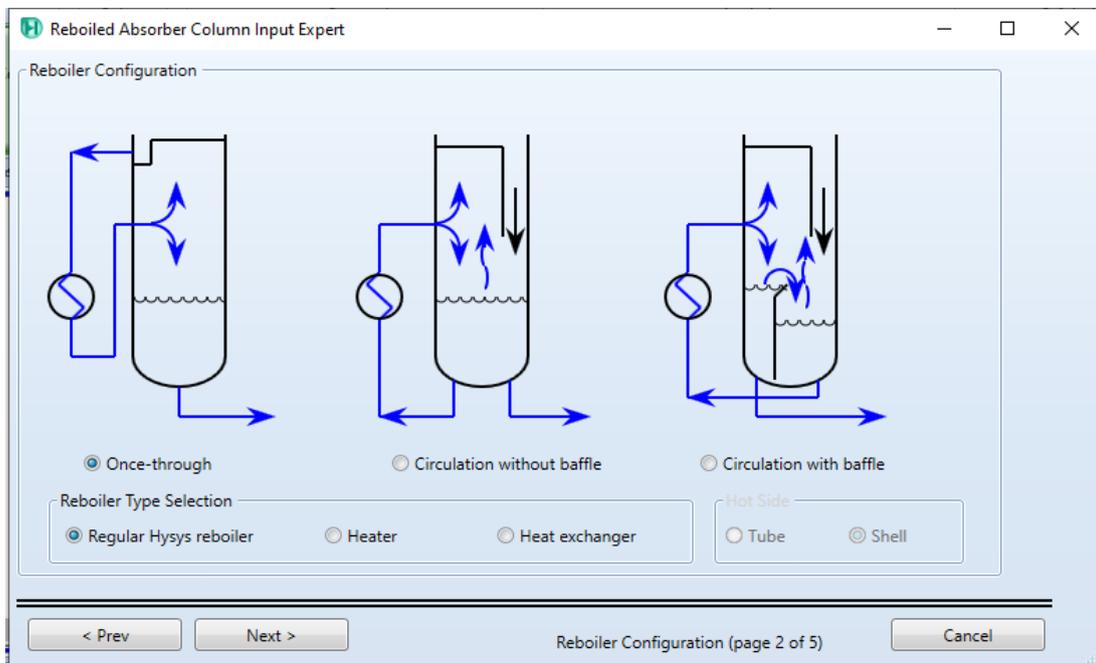


Figure V.7 : Ajout de la colonne.

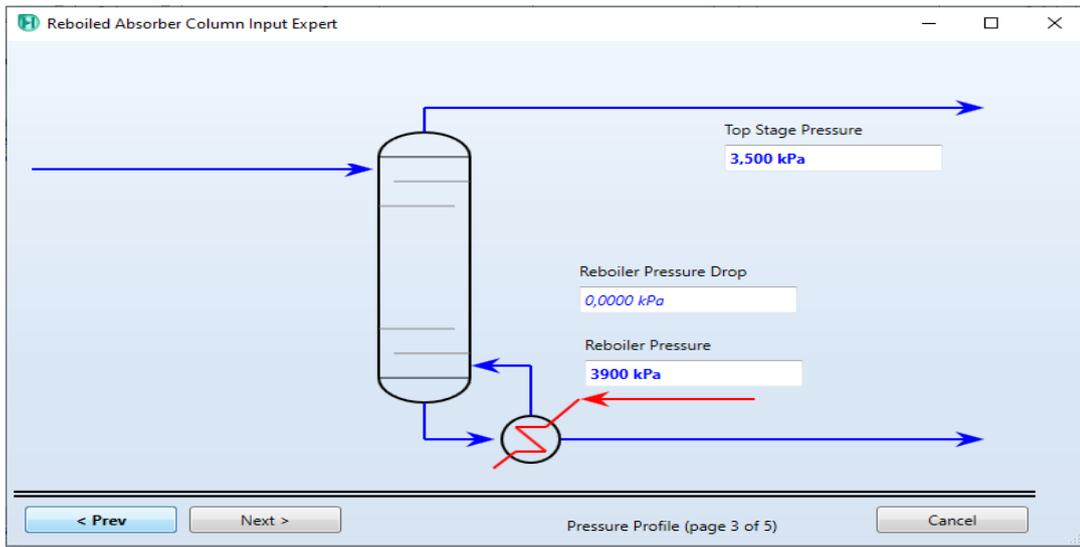
- Après cette étape, nous devons fournir les caractéristiques de la colonne et compléter les informations qui concernent le nombre de plateaux, les pressions et températures de fond et de tête de la colonne, etc., comme indiqué ci-dessous. A la fin de chaque étape il faut cliquer sur **next** pour passer à la page suivante.



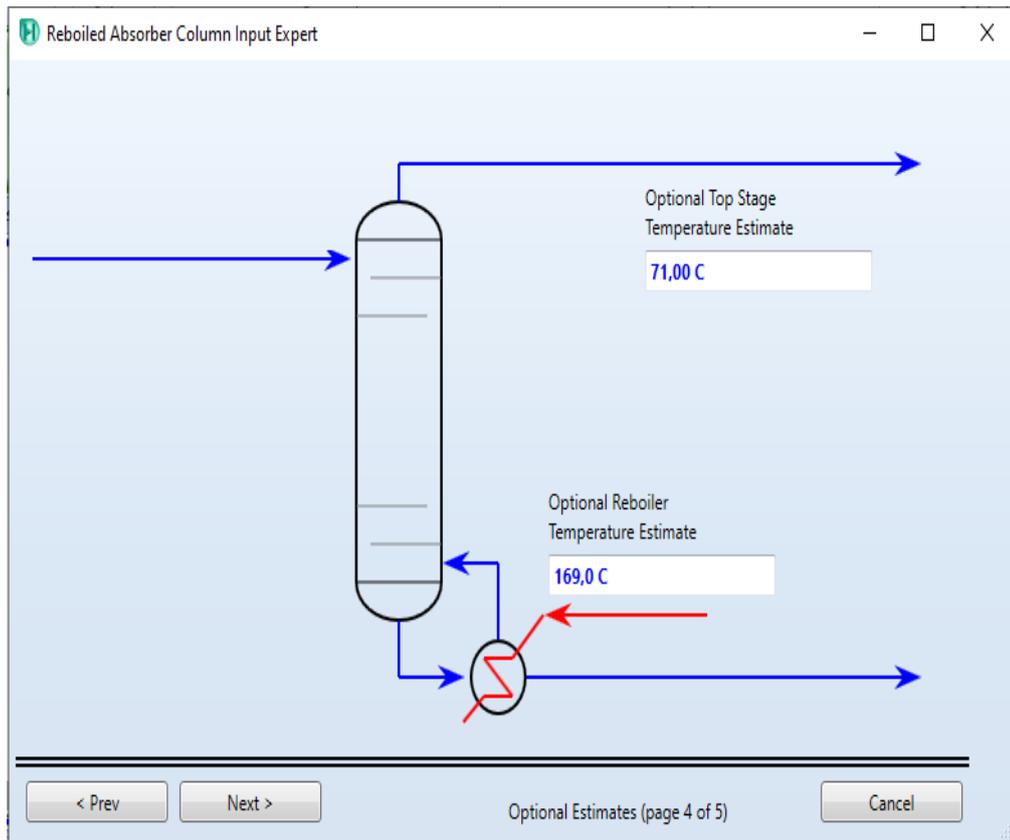
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure V.8 : Caractéristiques de la colonne: (a) Nombre de plateaux et plateau d'alimentation; (b) Connexion de la colonne; (c) Pressions de tête et de fond ; (d) Températures de tête et de fond.

- L'installation de la colonne est alors terminée.

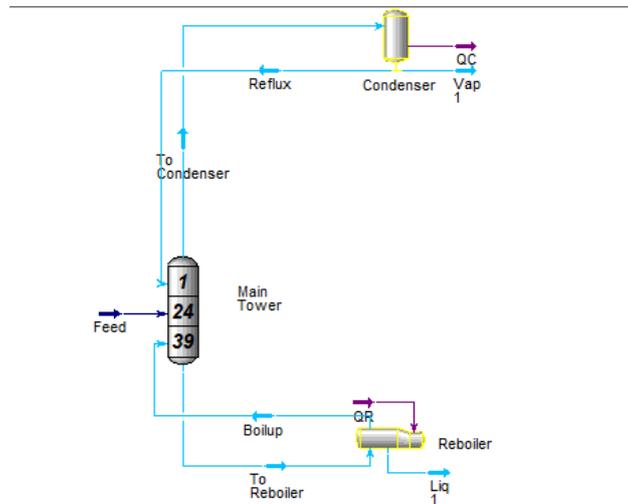


Figure V.9 : Installation de la colonne.

Une fois toutes ces étapes réalisées, nous devons procéder à l'introduction des valeurs objectives, c'est-à-dire les spécifications qui permettent d'améliorer l'installation.

Pour le cas de l'unité 100 à l'étude, l'objectif était d'atteindre une capacité de traitement de 200 m³/hr du naphta hydrotraité (taux original de calcul) pour l'Unité Magnaforming tout en maintenant un rendement en aromatiques C6 – C8 au-dessus de 35 % pds.

Le but du Stabilisateur du magnaformat (100-C4) est de séparer la coupe C5- du magnaformat. L'objectif est de minimiser la coupe C5- et de maximiser la récupération du benzène dans les produits de fond. Le benzène dans le produit de tête net doit être minimisé. Cependant, ces objectifs de la simulation de la colonne C4 ne sont pas quantifiés par des valeurs. Nous avons essayé quelques spécifications mais nous n'avons pas pu faire converger le processus de simulation. Les étapes sont montrées dans ce qui suit :

- Accéder à la page de **specs et** cliquez sur **add**.

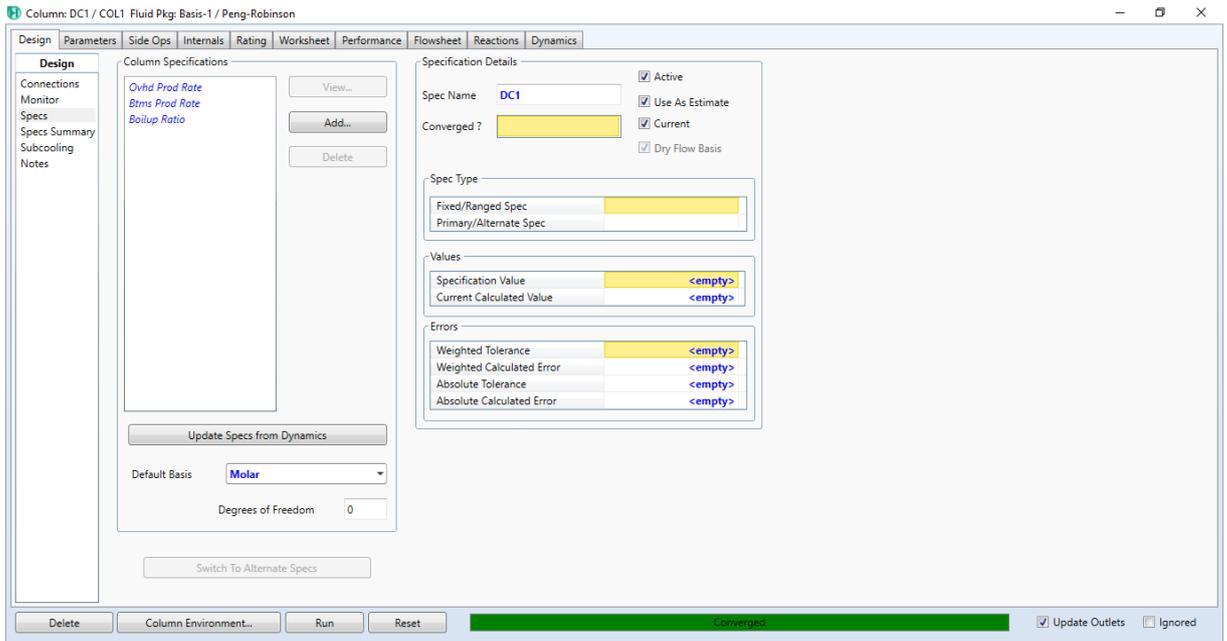


Figure V.10 : La feuille de Specs.

- Sélectionner **Column component fraction**.

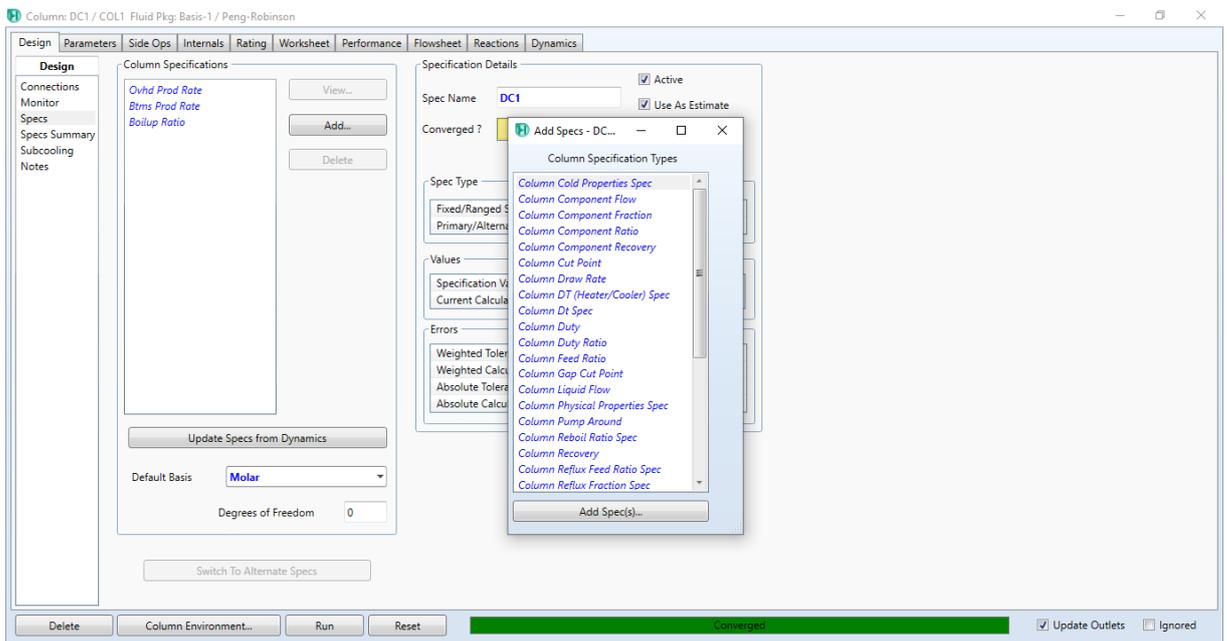


Figure V.11 : Ajout de la valeur de spécification.

V.7. Conclusion

Nous avons réussi à maîtriser l'outil de simulation HYSYS et nous avons pu simuler la colonne de fractionnement C4 avec toutes les particularités qui lui sont propres, l'alimentation provenant de différentes sources et les sorties qui ne sont pas indépendantes, mais la difficulté

ultime qui a empêché que le processus converge consiste en l'absence de valeurs que nous étions incapables de fournir au logiciel. Ce qui n'a pas permis de finaliser l'opération.

Références bibliographiques du chapitre V

- [1] Abbas Mohammed Laid, Zouari Ahmed Djilani, Nid Ali, Optimisation du taux de récupération du propane au niveau de l'unité gazplant de la raffinerie de Skikda (RA1/K), Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued, 2018.
- [2] Djebbari Abdelbasset, Simulation d'une unité de production de méthanol à l'aide de l'ASPEN Plus Hysys, 2014.
- [3] Kamaruddin Abd Hamid M., Hysys: Introduction to chemical engineering simulation, University of Malaysia, 2007.
- [4] Belaidi Affef, Modélisation et Optimisation des pools essences avant et après réhabilitation de la raffinerie de Skikda, Mémoire de fin d'études, Ecole d'ingénieurs de Boumerdes, 2011.

Conclusion

Conclusion

Le raffinage a pour objectif de transformer des pétroles bruts d'origines diverses en un ensemble de produits pétroliers répondant à des spécifications commerciales tels que les gaz, les essences, les gasoils, les fuels, ...

L'essence automobile est un mélange de base obtenue à partir de la distillation atmosphérique du pétrole brut et des procédés de transformation chimique.

Suite aux préoccupations écologiques et à la protection de l'environnement et la prise de conscience du danger de la pollution, la suppression complète du plomb des essences est devenue une réalité qui a entraîné les raffineurs à fournir d'importants efforts afin de maintenir les indices d'octane à un niveau satisfaisant.

Les produits oxygénés (alcools, éthers) sont les meilleurs additifs d'indices d'octane pour les essences. Le produit le plus répandu est le méthyl-tétra-butyle-éthanol (MTBE), il s'avère qu'il apporte un gain sur l'indice d'octane de l'essence sans modifier ses caractéristiques physicochimiques.

Le stage que nous avons effectué à la raffinerie de SKIKDA au niveau de l'unité RA1K nous a permis de déterminer les caractéristiques physicochimiques de l'essence sans plomb et d'étudier sa conformité aux normes nationales et internationales.

L'ajout du MTBE comme additif est une solution de choix qui permet de produire une essence sans plomb qui ne présente aucun effet néfaste sur l'homme et l'environnement avec indice d'octane élevé.

Les résultats d'analyses physico-chimiques de l'essence sans plomb montrent que:

- L'introduction de MTBE dans l'essence au niveau de la raffinerie de Skikda, après la suppression du plomb tétra éthyle(PTE), permet l'amélioration de l'indice d'octane, mais avec un coût élevé.
- L'ajout des aromatiques légers permet l'augmentation de l'indice d'octane et la réduction des coûts de formulation.
- L'indice d'octane des différentes formulations répond aux normes exigées.
- Les densités obtenues sont conformes, ce qui offre une puissance au moteur avec une bonne consommation.

- Les valeurs de la tension de vapeur Reid (TVR) des différentes formulations sont dans l'intervalle de la norme, ce qui permet d'assurer la bonne mise en action du véhicule.

Notre objectif était de rehausser notre contribution par une partie simulation et nous nous sommes alors fixé le but de simuler la colonne de fractionnement C4 de l'unité 100. Nous avons réussi à maîtriser l'outil de simulation HYSYS et nous avons pu simuler la colonne de fractionnement C4 avec toutes les particularités qui lui sont propres, l'alimentation provenant de différentes sources et les sorties qui ne sont pas indépendantes, mais la difficulté ultime qui a empêché que le processus converge consiste en l'absence de valeurs que nous étions incapables de fournir au logiciel. Ce qui n'a pas permis de finaliser l'opération.

Résumé

Ce travail a été réalisé dans la perspective de trouver une formulation qui permettra de produire des essences sans plomb, respectant les nouvelles spécifications internationales afin de prendre part dans le marché international, ainsi que la protection de l'environnement surtout que notre parc automobile est en progressive extension.

De ce fait, nous avons procédé à la caractérisation des échantillons d'essence sans plomb au niveau de la raffinerie de SKIKDA RA1K. Cela nous a permis d'évaluer les résultats obtenus et de comparer la conformité de ces échantillons aux normes exigées.

L'ajout du MTBE dans la formulation des essences permet d'augmenter l'indice d'octane et de diluer les aromatiques.

Nous avons mené une série d'analyses (densité, la Tension de Vapeur Reid (TVR) et l'indice d'octane) pour certifier la conformité de ces composés aux normes imposées.

Nous avons également abordé l'étude de l'alimentation en mélange combiné de 70% de Reforming I et de 30% de Reforming II. Ceci est réalisé par une simulation par le logiciel Hysys de la colonne de fractionnement aux nouvelles conditions.

L'introduction de MTBE dans l'essence au niveau de la raffinerie de Skikda, après la suppression du plomb tétra éthyle (PTE) permet l'amélioration d'indice d'octane, mais avec un coût élevé

Mots clés : essence sans plomb, raffinage, essence standards, méthodes d'analyses.

Abstract

This work was carried out with a view to finding a formulation that will make it possible to produce unleaded gasoline, respecting the new international specifications in order to take part in the international market, as well as protecting the environment, especially since our car fleet is in gradual expansion.

Therefore, we proceeded to the characterization of unleaded gasoline samples at the SKIKDA RA1K refinery. This allowed us to evaluate the results obtained and to compare the compliance of these samples with the required standards.

The addition of MTBE in the formulation of essence makes it possible to increase the octane number and to dilute the aromatics.

We conducted a series of analyzes (density, Reid Vapor Pressure (RVT) and octane number) to certify the compliance of these compounds with the imposed standards.

We also covered the study of feeding a combined mix of 70% Reforming I and 30% Reforming II. This is achieved by a simulation by the Hysys software of the fractionation column at the new conditions.

The introduction of MTBE in gasoline at the Skikda refinery, after the removal of tetra ethyl lead (PTE) allows the improvement of octane number, but at a high cost

Keywords: unleaded petrol, refining, refining standards, analysis methods.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل بهدف إيجاد تركيبة تجعل من الممكن إنتاج البنزين الخالي من الرصاص ، مع احترام المواصفات العالمية الجديدة من أجل المشاركة في السوق الدولية ، وكذلك حماية البيئة ، خاصة وأن أسطول السيارات لدينا هو في التمديد التدريجي.

لذلك ، شرعنا في توصيف عينات البنزين الخالي من الرصاص في مصفاة SKIKDA RA1K. سمح لنا ذلك بتقييم النتائج التي تم الحصول عليها ومقارنة امتثال هذه العينات للمعايير المطلوبة.

إضافة MTBE في صياغة البنزين يجعل من الممكن زيادة عدد الأوكتان وتخفيف العطريات.

لقد أجرينا سلسلة من التحليلات (الكثافة وضغط بخار ريد (RVT) ورقم الأوكتان) للتصديق على امتثال هذه المركبات للمعايير المفروضة.

قمنا أيضًا بتغطية دراسة التغذية بمزيج مركب مكون من 70٪ للإصلاح الأول و 30٪ للإصلاح الثاني. يتم تحقيق ذلك من خلال محاكاة بواسطة برنامج Hysys لعمود التجزئة في الظروف الجديدة.

إن إدخال مادة MTBE في البنزين في مصفاة سكيكدة ، بعد إزالة رباعي إيثيل الرصاص (PTE) ، يسمح بتحسين رقم الأوكتان ، ولكن بتكلفة عالية.

الكلمات المفتاحية: البنزين ، التكرير ، معايير البنزين ، طرق التحليل.

