

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département Génie Mécanique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : Science Et Technologie
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Génie Des Procède Des Matériaux
Thème

Étude de performance de la régénération du dernier cycle du catalyseur au niveau de raffinage d'Arzew

Présenté Par :

- 1) Melle : KARKABOU AYA
- 2) Mme : MAHI ZOHRA

Devant le jury composé de :

| | | |
|---------------------|------------------------------|-------------|
| Dr : BERRICHI AMINA | UAT.B.B (Ain Temouchent) | Président |
| Dr : FEKIH NADIA | UAT.B.B (Ain Temouchent) | Examinateur |
| Dr. BAILICHE ZOHRA | MCA UAT.B.B (Ain Temouchent) | Encadrant |

Année Universitaire 2024/2025

REMERCIEMENT

En premier lieu, nous tenons à remercier le DIEU notre créateur, pour nos avoir donné la force
d'accomplir ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur Mme **ZOHRA BAILICHE**, pour leurs
compréhensions, patience et remarques qui ont été précieuses et Président Mme **BERRICHI**
AMINA et Examineur **FEKIH NADIA** les membres des jury .

Sans oublier de remercier notre encadreur **Mr ELARBI EDDANI Youcef** chef de la zone
carburant, pour sa guidance, son soutien constant tout le long de notre période de stage, ses
connaissances et ses expertises ont été d'une valeur inestimable. Et **Mr. MOHAMED AMINE**
BENYAGOUR ingénieur, et **Mr BENGRI BI ABDELRAOUF** Chef de service de la zone
carburant du la raffinerie d'Arzew RA1Z pour leur disponibilité le long de la réalisation de ce
travail et leur soutien dans des moments difficiles et l'ensemble des personnels du complexe
pour leurs encouragements.

Ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin. Nous remercions également les
membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.



*D*édicaces

Je dédie ce travail de fin d'études à toutes les personnes qui ont cru en moi et m'ont soutenue tout au long de ce parcours exigeant.

À mes chers parents,

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point vous remercier comme il se doit. Votre soutien indéfectible et votre amour sans bornes ont été les fondements sur lesquels j'ai bâti ma vie. À chaque tournant, vous avez été là pour me guider, m'encourager et m'inspirer. Ce Projet de Fin d'Études est le résultat de vos sacrifices et de votre engagement inébranlable. C'est avec une profonde gratitude et un amour infini que je vous dédie ces mots.

À ma sœur et mon frère,

Votre présence dans ma vie est une véritable bénédiction, vous avez été mes compagnons de route, partageant mes joies et mes peines à chaque étape de ma vie.

À toute ma famille,

Ce travail est une expression de ma gratitude envers vous tous, pour votre amour, votre encouragement et votre présence réconfortante.

À mon binôme,

Ta collaboration, ton soutien et ta camaraderie ont été essentiels à la réalisation de ce projet. Ensemble, nous avons surmonté les défis et atteint de nouveaux sommets. Ce mémoire est dédié à notre partenariat, reflet de notre travail d'équipe et de notre amitié sincère.

Aux personnes que j'aime et à mes amis et collègues,

Votre amitié et votre soutien ont illuminé ma vie de joie et de bonheur. Ce mémoire est dédié à vous tous, pour votre amitié précieuse et vos sourires qui ont égayé mes journées. À chacun de vous, je dédie ce mémoire avec tout mon cœur et ma reconnaissance infinie. Merci d'avoir enrichi ma vie de votre amour et de votre soutien et vraiment ont été des éléments essentiels qui me poussent à donner le meilleur de moi-même. Je tiens à vous promettre que ce n'est que le début, et que je continuerai à travailler dur pour vous rendre toujours fiers de moi



KARKABOU AYA

*D*édicaces

Je dédie ce travail de fin d'études à toutes les personnes qui ont cru en moi et m'ont soutenue tout au long de ce parcours exigeant.

À ma chère mère,

Merci pour ton amour, tes sacrifices, tu as toujours cru en moi, même dans les moments où moi-même je doutais, tu as toujours été ma source de force et de motivation.

À mon mari bien – aimé,

Merci pour ton amour, ta patience et ton soutien indéfectible. Tu as été à mes côtés dans les moments d'effort, de stress et de découragement, toujours prêt à me motiver et à m'apaiser, merci d'avoir été mon équilibre.

À ma petite fille,

Lumière de ma vie, dont l'innocence et le sourire ont adouci les difficultés, tu m'as donné une force incroyable, Ce travail, je l'ai mené en pensant à toi, pour que tu sois fière de ta maman.

À toute ma famille,

Merci pour votre présence constante, votre confiance en moi, ce projet est le fruit de votre amour et de votre inspiration.

À mon binôme,

Merci pour ton esprit d'équipe, travailler avec toi a été une expérience motivante ce projet est le reflet de nos efforts partagés et de notre belle complicité.

à chacun d'entre vous je dédie ce mémoire avec toute ma gratitude et mon amour
Merci d'avoir été là pour moi.



MAHI ZAHRA

Liste des abréviations

SONATRACH : Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures.

RA1Z : Raffinerie d'Arzew.

UOP : Universal Oil Product.

ISO : L'organisation internationale de normalisation.

HC : Hydrocarbure.

PONA : Paraffine, Oléfine, Naphtène, Aromatique.

Téb : Température d'ébullition.

T°C : Température (°C).

T.P: Conditions (température & pression) du Procédé.

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfiés.

LSRN: Light straight run naphtha.

HSRN: Height straight run naphtha.

BRA : Brut réduit atmosphérique.

BRI : Brut Réduit Importé.

Fuel BTS : Fuel à basse teneur en soufre.

Fuel HTS : Fuel à haute teneur en soufre.

MEK: Methyl ethyl ketone.

ASTM: American society testing and materials.

HGO: Heavy Gas Oils.

LGO: Light Gas Oils.

R86 : Catalyseur de Reformage série- 86.

Pt: Platine.

Al₂O₃: Alumine.

F: Four.

E : Echangeurs.

C : Colonne.

D : Ballon.

RON : Nombre d'octane recherché,

BTX : Benzène, toluène et xylène.

CO-MO : Catalyseur au cobalt-molybdène.

TCE: Tetra chlorure ethylene.
MTBE: Methyltertiobutylether.
CFR: Cooperative Fuel Research.
DCS: Distributed Control System.
NO: L'indice d'octane.
VVH : Vitesse spécial volumique.
HCL : Acide chlorhydrique.
H₂S : sulfure d'hydrogène.
NH₃ : Ammoniac.
H₂O/CL : Rapport eau acide.
H₂/HC : Rapport hydrogène charge.
%CL/CAT : Teneur de chlore sur la surface de catalyseur.
WAIT: Weighted Average Inlet Temperature.
WABT: Weighted Average Bed temperature.
Pds%: Percentage by mass.
PI: Point Initial.
PF: Point Final.
P: Perte.
TVR : La Tension de Vapeur Reid.
PRC : Régulateurs de pression.
LIC : Régulateur de niveau.
TRC : Régulateur de température.
FRC : Régulateur de débit de vapeur.
HP : Vapeur haute pression.
MP : Vapeur moyenne pression.
BP : Vapeur basse pression.
CCR : Continuous Catalyst Régénération.
DMDS : Diméthyle disulfure.

Table de matière

| | |
|---|-----|
| <i>REMERCIEMENT</i> | i |
| <i>Dédicaces</i> | ii |
| <i>Dédicaces</i> | iii |
| <i>Liste des abréviations</i> | iv |
| Introduction Générale : | 1 |
| Partie I : | 2 |
| I-Présentation de la raffinerie d'Arzew | 3 |
| I-1 Historique | 3 |
| I-2 Situation et rôle | 3 |
| I-3 Localisation géographique | 3 |
| I-4 Capacité de traitement et de production | 6 |
| I-5 Présentation des principales installations de RA1Z | 7 |
| I-5-1 Département de production p1 | 8 |
| I-5-1.1 zones 03 | 8 |
| I-5-1.2 Zone 04 (Les carburants) | 8 |
| I-5-1.3 Zone 07 (Les lubrifiants) | 9 |
| I-5-1.4 Zone 10 (production de bitumes) | 9 |
| I-5-2 Département de production p2 | 10 |
| I-5-2.1 Zone 05 (Les huiles de base) | 10 |
| I-5-2.2 Zone 19 (Les utilités) | 10 |
| I-5-3 Département de production p3 | 10 |
| I-5-3.1 Zone 06 (Production des huiles finies) | 11 |
| I-5-4 Département de production p4 | 11 |
| I-5-4.1 Zone 28 (stockage et expédition) | 11 |
| I-5-4.2 Zone 30 (chargements de produits finis) | 11 |
| I-5-4.3 Zone 27 (Station de traitement des effluents) | 11 |
| I-5-5 Laboratoire de contrôle | 12 |
| I-5-6 Département de sécurité industrielle | 12 |

| | |
|--|----|
| I-5-6.1 Service surveillance..... | 12 |
| I-5-6.2 Service prévention..... | 12 |
| I-5-6.3 Service intervention | 12 |
| I-5-7 Département de planning et programme..... | 13 |
| I-5-7.1 Service I.S.P | 13 |
| I-5-7.2 Service Planning et programme..... | 13 |
| II - Unité de Platform ING dans la zone de carburant (Z4)..... | 14 |
| II-1 Unité de Platforming | 14 |
| II -1.1 Description du procédé [2] | 14 |
| II-1.1.1 Section de prétraitement de naphta (Hydrobon) (Annexe I)..... | 14 |
| II-1.1.2 Section reforming (Annexe I)..... | 16 |
| 1. Les différents procédés de reformage catalytique | 17 |
| 2. Procède semi- régénératifs (à lit fixe) et régénératifs (à lit mobile) cyclique :..... | 17 |
| 3. Description du process | 18 |
| 4. Caractéristiques physico-chimiques du reformage | 20 |
| 6. Caractéristiques des catalyseurs | 27 |
| 7. Compostions du catalyseur de platforming R86 : | 27 |
| 8. Les fonctions du catalyseur R-86 : | 29 |
| 9. Désactivation du catalyseur : | 30 |
| 10. La régénération du catalyseur : | 30 |
| 11. Désactivation du catalyseur : | 31 |
| III - La régénération | 32 |
| III -1. Procédé de régénération du catalyseur R-86 de l'unité de Reformage catalytique d'Arzew : | 33 |
| <i>Platform ING Régénération Burning Wave</i> | 35 |
| <u>Partie II : Pratique</u> | |
| I -Calcul de performance du catalyseur d'UOP R86 avant regnération..... | 40 |
| I-1. Calcul du bilan matière et rendements des produits : | 40 |
| I-1.1 Débits massiques des constituants liquides : | 40 |

| | |
|--|----|
| I-1.2 Débits massiques des constituants gazeux : | 41 |
| I-1.3 Rendements des produits : | 41 |
| I-1.4 Résultats des calculs : | 42 |
| I-2 Calcul des taux de conversion et des rendements des familles d'hydrocarbures : | 44 |
| I-2.1 Taux de conversion des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs de la section de reforming : | 45 |
| I-2.1. a Taux de conversion total des familles hydrocarbures lors du | 45 |
| I-2.1. b Taux de conversion des familles hydrocarbures dans chaque réacteur : [11] | 46 |
| I-2.2 Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur : | 50 |
| I-3 Calcul des paramètres de fonctionnement de la section de reforming : | 53 |
| I-3.1 Le rapport hydrogène/hydrocarbure (H₂/HC) : | 54 |
| I-3.2 La vitesse spatiale VVH : | 55 |
| I-3.3 Le rapport Eau/Chlore : | 56 |
| I-3.4 Teneur en chlore sur le catalyseur R86 : | 58 |
| II-Etude de la régénération du Catalyseur R86 | 60 |
| II-1 Calcul de la quantité du Chlore à injecter pendant la régénération du Catalyseur R86 | 60 |
| II-1.1 Conditions opératoires de la régénération | 60 |
| II-1.2 La phase de combustion | 61 |
| II-1.2.1 Injection du TCE pendant la phase de combustion : | 61 |
| II-2 Oxydation, chloration (Oxychloration) | 66 |
| II- 2.1 Injection du TCE pendant la Phase d'oxydation | 67 |
| II-2.2 Calcul de la quantité de Carbone brûlé par l'air dans la phase de combustion | 68 |
| II-2.2.1 Calcul du débit d'oxygène injecté pour brûler le coke | 68 |
| III -Calcul des performances du catalyseur R86 après régénération | 70 |
| III-1. Résultats des calculs : | 70 |
| III-2. Calcul des taux de conversion et des rendements des familles d'hydrocarbures .. | 74 |
| III-2.1 Taux de conversion des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs de la section de reforming | 75 |

| | |
|---|----|
| III-2.1. a Taux de conversion total des familles hydrocarbures lors du reformage de l'unifinat en reformat (Ttotal) : | 75 |
| III-2.1. b Taux de conversion des familles hydrocarbures dans chaque réacteur : | 76 |
| III-2.2 Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur : | 80 |
| III-3 Calcul des paramètres de fonctionnement de la section de reforming..... | 82 |
| III-3.1 Le rapport hydrogène/hydrocarbure (H ₂ /HC)..... | 82 |
| III-3.2 La vitesse spatiale VVH..... | 83 |
| III- 3.3 Le rapport Eau/Chlore :..... | 84 |
| III-3.4 Teneur en chlore sur le catalyseur R86 | 86 |
| IV-Comparaison des Performances du Catalyseur R86 Avant et Après Régénération | 87 |
| CONCLUSION GÉNÉRALE | 90 |
| RÉSUMÉ..... | 91 |
| Références..... | 94 |
| Annexes : | 96 |

Liste des tableaux

| N° | TABLEAUX | P |
|-----------------------|--|-----------|
| Tableau I-1 | Les capacités annuelles de production des différentes unités | 06 |
| Tableau II -1 | Fiche technique de catalyseur UOP R86 | 28 |
| Tableau III.1 | Différentes phases de réactions | 34 |
| Tableau IV-1 | Données de base pour les constituants liquides. | 40 |
| Tableau IV -2 | Données de base pour les constituants gazeux. | 41 |
| Tableau IV-6 | Taux de conversion total des familles d'hydrocarbures. | 42 |
| Tableau IV-7 | Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur. | 43 |
| Tableau IV-8 | Taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur | 45 |
| Tableau IV-9 | Taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur | 46 |
| Tableau IV-10 | Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur | 47 |
| Tableau IV-11 | Le rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps | 48 |
| Tableau IV-12 | La vitesse spatiale en fonction du temps. | 49 |
| Tableau IV-13 | Le rapport Eau/Chlore en fonction du temps. | 51 |
| Tableau IV-14 | Le teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps | 54 |
| Tableau III- 1 | Les conditions opératoires de la régénération | 55 |
| Tableau III- 2 | La tension de vapeur d'eau en fonction de la température dans la phase de combustion | 56 |
| Tableau III- 3 | Le Rapport de la tension de vapeur absolue sur la pression absolue du séparateur ($P_{H_2O} / P_{absolue}$) dans la phase de combustion. | 57 |
| Tableau V-4 | La quantité d'eau du gaz de recyclage dans la phase de combustion. | 59 |
| Tableau V- 5 | Le poids de chlorure dans la phase de combustion | 61 |
| Tableau V-6 | Le poids de chlorure organique | 62 |
| Tableau V- 7 | Résultats des paramètres d'injection du TCE pendant la phase d'oxydation. | 63 |
| Tableau V-8 | Résultats de calcul de la quantité de carbone brûlé pendant la phase de combustion. | 64 |

| | | |
|----------------------|--|-----------|
| Tableau VI-1 | Données de base pour les constituants liquides | 65 |
| Tableau VI-2 | Données de base pour les constituants gazeux | 66 |
| Tableau VI-3 | Bilan matière de la section hydrobon | 67 |
| Tableau VI-4 | Bilan matière de la section reforming | 70 |
| Tableau VI-5 | La Composition en paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques (PONA) dans la charge et dans le reformat. | 71 |
| Tableau VI- 6 | Taux de conversion total des familles d'hydrocarbures. | 71 |
| Tableau VI-7 | Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur | 72 |
| Tableau VI-8 | Taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur | 73 |
| Tableau VI-9 | Taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur. | 75 |
| Tableau VI-10 | Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur | 75 |
| Tableau VI-11 | Le rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps | 77 |
| Tableau VI-12 | La vitesse spatiale en fonction du temps. | 78 |
| Tableau VI-13 | Le rapport Eau/Chlore en fonction du temps. | 79 |
| Tableau VI-14 | Le teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps | 80 |

Liste des figures

| N° | FIGURES | P |
|---------------------|---|-----------|
| Figure I.1 | la situation géographique de la raffinerie d'Arzew. | 04 |
| Figure I-2 | La Organisation De La Raffinerie d'Arzew | 05 |
| Figure I-3 | Plant de la raffinerie RA1Z | 07 |
| Figure II -1 | Schéma du coke à haute température | 24 |
| Figure III.1 | Schéma de circuit de régénération section catalytique de l'unité 12 | 33 |
| Figure III.2 | Vagues brûlantes de régénération | 35 |
| Figure III.3 | Cycle activation – régénération | 38 |
| Figure IV-1 | L'évolution du rendement de reformat en fonction du temps. | 44 |
| Figure IV-2 | Le taux de conversion total des familles d'hydrocarbures. | 46 |
| Figure IV-3 | Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur. | 47 |
| Figure IV-4 | Le taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur. | 49 |
| Figure IV-5 | Le taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur. | 50 |
| Figure IV-6 | L'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le premier réacteur. | 52 |
| Figure IV-7 | L'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le deuxième réacteur | 52 |
| Figure IV-8 | L'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le troisième réacteur. | 53 |
| Figure IV-9 | L'évolution du rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps. | 55 |
| Figure IV-10 | L'évolution de la vitesse spatiale en fonction du temps. | 56 |
| Figure IV-11 | L'évolution du rapport Eau/Chlore en fonction du temps. | 58 |
| Figure IV-12 | L'évolution du teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps. | 59 |
| Figure V- 1 | L'évolution de la combustion des trois réacteurs en mois de janvier 2024 | 60 |
| Figure V- 2 | La tension de vapeur d'eau (TV) en fonction de la température | 62 |

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Figure V- 3 | Le rapport de la tension de vapeur d'eau absolue / Pression absolue du séparateur | 63 |
| Figure V- 4 | L'eau du gaz de recyclage en livre môles / heure | 64 |
| Figure V- 5 | Le poids de chlorure dans la phase de combustion | 65 |
| Figure V- 6 | Le poids de chlorure organique dans la phase de combustion | 66 |
| Figure V- 7 | Le rapport eau-chlorure en fonction de l'âge du catalyseur | 67 |
| Figure VI-1 | L'évolution du rendement de reformat en fonction du temps. | 74 |
| Figure VI-2 | Le taux de conversion total des familles d'hydrocarbures. | 76 |
| Figure VI-3 | Le taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur | 77 |
| Figure VI-4 | Le taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur. | 78 |
| Figure VI-5 | Le taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur. | 79 |
| Figure VI-6 | L'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le premier réacteur. | 80 |
| Figure VI-7 | L'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le deuxième réacteur. | 81 |
| Figure VI-8 | L'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le troisième réacteur. | 81 |
| Figure VI-9 | L'évolution du rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps. | 83 |
| Figure VI-10 | L'évolution de la vitesse spatiale en fonction du temps | 84 |
| Figure VI-11 | L'évolution du rapport Eau/Chlore en fonction. | 85 |
| Figure VI-12 | L'évolution du teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps. | 87 |

Introduction Générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction Générale :

Dans un contexte mondial marqué par une demande croissante en produits pétroliers de haute qualité et une pression constante pour améliorer l'efficacité énergétique des procédés industriels, les raffineries sont appelées à optimiser en permanence leurs opérations. Parmi les unités clés d'une raffinerie figure l'unité de reforming catalytique, dont le rôle principal est de transformer les coupes naphthas en essences à haut indice d'octane et en hydrogène, élément crucial pour d'autres unités du complexe de raffinage.

Le bon fonctionnement de cette unité repose essentiellement sur la performance du catalyseur utilisé. Le catalyseur R86, largement employé dans les unités de reforming semi-régénératif, est un catalyseur noble à base de métaux tels que le platine et le rhénium, supportés sur une alumine spécifique. Comme tout catalyseur, sa durée de vie et son efficacité sont limitées par l'accumulation de dépôts, notamment de coke, qui réduit progressivement son activité. La régénération périodique du catalyseur est donc indispensable pour restaurer ses propriétés et prolonger sa durée de service. La raffinerie d'Arzew, l'une des installations majeures du raffinage en Algérie, procède régulièrement à des campagnes de régénération de ses catalyseurs afin de garantir une production conforme aux exigences techniques et économiques.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude, qui porte sur l'évaluation de la performance de la régénération du dernier cycle du catalyseur R86. Cette étude vise à analyser l'efficacité de la régénération effectuée, à travers l'examen des paramètres de fonctionnement post-régénération, la comparaison avec les cycles précédents, et l'identification des éventuelles pertes de performance. Elle permet également de formuler des recommandations pour améliorer les futures opérations de régénération et, par conséquent, optimiser les coûts d'exploitation et les rendements de l'unité de reforming.

Partie I :

Théorique

I-Présentation de la raffinerie d'Arzew

I-1 Historique

La raffinerie d'Arzew est considérée comme un important complexe industriel réalisé dans le cadre du premier plan dans les années **70**, elle occupe une superficie de **150** jusqu'à **170** hectares de la zone industrielle sur le plateau **d'El Mohgoun** à environ **40** kilomètres d'**Oran** et environ **5 km** de la mer méditerranée.

La raffinerie a été construite dans le cadre du premier plan quinquennal **1970-1973** par un groupe japonais (Société Japonaise JAPAN GASOLINE CORPORATION). En **1984** d'autres unités ont été rajoutées.

I-2 Situation et rôle

La raffinerie est située dans la zone industrielle d'Arzew sur le plateau d'El-mohgoun à 2Km d'Arzew et occupe une surface de 150 Hectares.

Elle a pour principales taches :

Le traitement (raffinage) du pétrole brut venant de disert à travers la RTO (Sonatrach, TIC région Ouest), et le brut réduit importé.

Satisfaire la demande nationale et internationale en carburants, combustibles, lubrifiants, bitumes, et de plus en plus, en produits de base pour la pétrochimie (naphta, kérosène, fiouls).[1]

I-3 Localisation géographique

La raffinerie d'ARZEW (RA1Z) occupe une superficie de 150 hectares de la zone industrielle sur le plateau d'EL MAHGOUN à l'est d'Oran, à environ 5 Km de la mer méditerranée.

Le site d'implantation du complexe peut être divisé par deux axes Nord/Sud et Est/Ouest [1].

Le département de production P1 occupe la partie Nord/ Ouest et le département de production P2 occupe la partie Sud/ Ouest. La zone s'étendant du Nord/ Est au Sud/ Est réservée presque exclusivement au stockage des différents produits, aux mélanges et à l'expédition.

La raffinerie est située sur le plateau d'EL-MOUHGOUN à 40 Kms d'Oran et à 400 kms de la capitale.

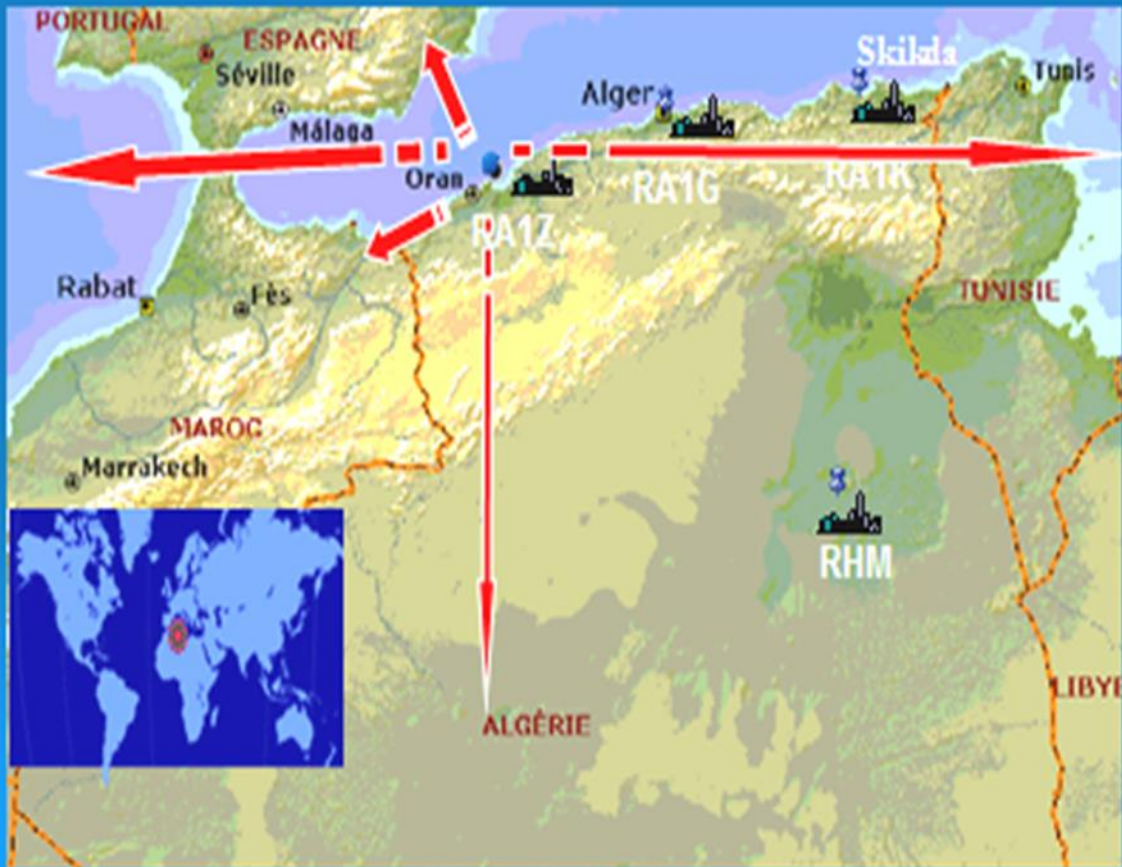


Figure I.1 :la situation géographique de la raffinerie d'Arzew.

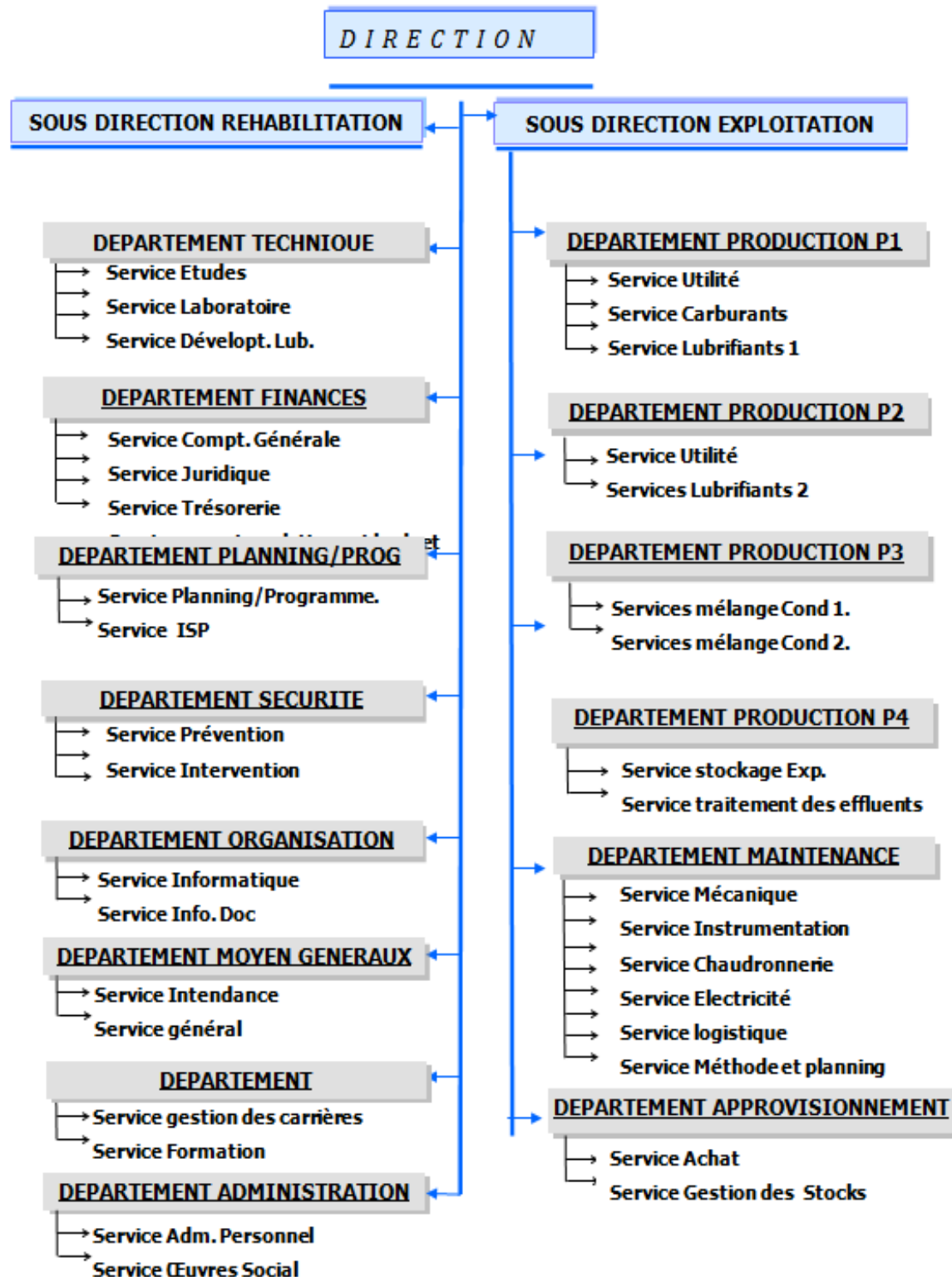


Figure I.2 : la Organisation De La Raffinerie d'Arzew.

I-4 Capacité de traitement et de production

La raffinerie d'Arzew traite en moyenne 3.75 millions de tonnes par an de pétrole brut et 190960 de tonnes de brut réduit importé (BRI) pour la production de bitumes[1].

Tableau I.1: Les capacités annuelles de production des différentes unités .

| Nature du produit | Quantité | Unité |
|--------------------------|-----------------|---------------------|
| Propane | 26 762 T | Zone 4/Unité13 |
| Butane | 121 581 T | Zone 4/Unité13 |
| Kérosène | 153 569 T | Zone 4/Unité11 |
| Gas-oil | 1 422 139 T | Zone 4/Unité11 |
| Fuel | 865 099 T | Diverses unités |
| Essence Normale | 72 000 T | Zone28 |
| Essence Super | 392 184 T | Zone28 |
| Naphta | 428 361 T | |
| Huiles de base | 14 605 T | Zone 7/Zone5 |
| Huiles finies | 127 100 T | Zone6 et Unité 3000 |
| Graisses | 3 600 T | Zone6 et Unité 3000 |
| Bitumes | 149 113 T | Zone 10 |

I-5 Présentation des principales installations de RA1Z [1]

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production le P1, P2, P3 et P4, chaque département est constitué de plusieurs zones ayant des activités spécifiques, comme indique la figure I.2

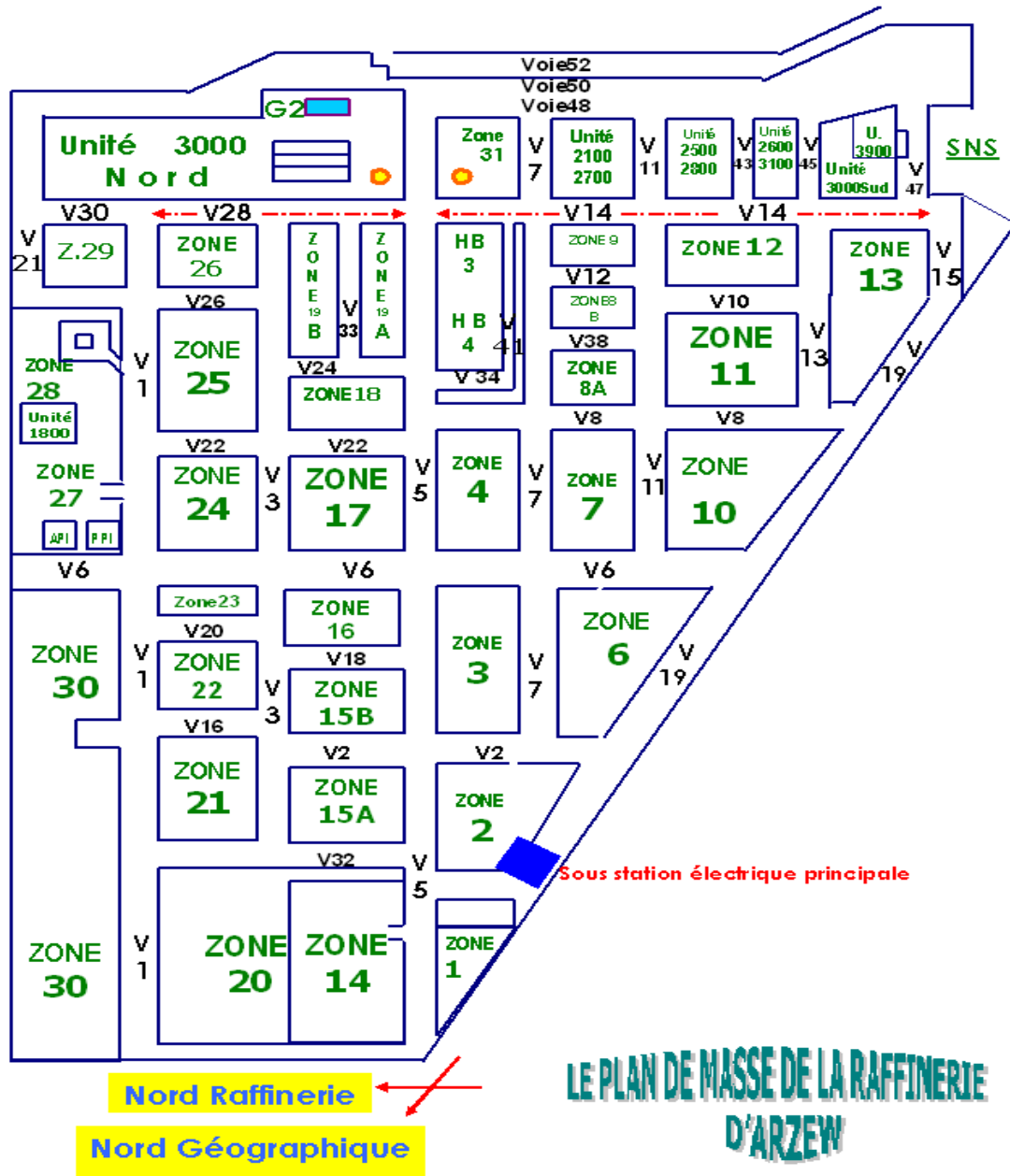


Figure I.3 : Plant de la raffinerie RA1Z [1].

I-5-1 Département de production p1 [1]

Ce département concerne la production des carburants, des lubrifiants et les bitumes en traitant le pétrole brut de Hassi-Messaoud comme charge et le brut réduit importé (BRI) pour la production des bitumes. Elle est constituée des zones suivantes :

I-5-1.1 zones 03

Cette zone est construite pour l’Alimentation des autres zones en : air, vapeur, eau, électricité et gaz qui sont très importants pour les unités de traitement. Elle se divise en plusieurs unités :

Unité 31 Production de vapeur d’eau à haute pression qui sert au strippage, et comme energie motrice des turbos générateurs.

Unité 32 Production de l’eau distillée qui est utilisé comme eau d’alimentation pour les chaudière.

Unité 33 Distributions d’eau de refroidissement, utilisée pour les opérations de refroidissement des produits.

Unité 34 Production d’électricité qui sert à alimenter les unités de traitement.

Unité 35 Gaz de combustion au niveau des chaudières et des fours .

Unité 36 Productions d’air service et d’air instrument.

Unité 67 Réseaux d’incendie.

I-5-1.2 Zone 04 (Les carburants)

C’est le point de départ du procédé de raffinage du pétrole brut. Elle comprend 5 unités:

Unité 11 c’est l’unité de distillation atmosphérique (Topping).Elle a comme rôle la séparation par distillation atmosphérique des différents composants contenus dans le pétrole selon leurs densités, du plus léger au plus lourd. Il s’agit :

- Du gaz de pétrole liquéfié (LPG)
- Du naphta léger LSRN
- Du naphta lourd HSRN
- Du kérosène

- Du gasoil léger et lourd
- Le résidu atmosphérique (BRA).

Unité 12 (Reforming catalytique) : elle traite le naphta lourd (HSRN) provenant de la distillation atmosphérique dans le but de produire une base d'essence à indice d'octane élevé (plat format).

Unité 13 (traitement du gaz) : elle traite le gaz obtenu de l'unité 11, 12 et 17 en le séparant en produits purs, tel que le propane et le butane (C_3H_8 , C_4H_{10}).

Unité 17 (l'isomérisation) : elle traite le naphta léger (LSRN) provenant de la distillation atmosphérique, afin d'améliorer leur l'indice d'octane.

Unité 18 (l'unité du système de l'huile chaude) : le rôle de cette unité est de fournir la chaleur (par l'utilisation d'un fluide caloporteur) pour les unités 11 et 17.

I-5-1.3 Zone 07 (Les lubrifiants)

Cette zone a pour but la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA) venant du topping (unité 11), sa capacité de production est de 50 000 T/an. Elle comprend les unités suivantes :

Unité 20 stockage des huiles semi fini.

Unité 21 unité de distillation sous vide.

Unité 22 unité de désasphaltage au propane.

Unité 23 unité de l'extraction au furfurool.

Unité 24 unité de déparaffinage des huiles au MEC/toluène.

Unité 25 unité de l'Hydrofinishing.

I-5-1.4 Zone 10 (production de bitumes)

Cette zone concerne la production des bitumes routiers et oxydé, elle comprend 2 unités :

Unité 14 c'est l'unité de Flash sous vide. Elle traite un mélange de Brut réduit importé (BRI) l'asphalte qui est récupéré de l'unité 22. Ce mélange est fractionné sous vide en gasoils et en produit visqueux obtenu en fond de colonne, lequel est traité dans la section soufflage à l'air pur pour obtenir des bitumes routiers.

Unité 15 c'est l'unité de Semi Blowing (soufflage). Dans cette unité on procède à l'oxydation de la charge (Bitume routier + Gasoil) afin d'obtenir du bitume oxydé, conditionné dans des sacs de 25 Kg.

I-5-2 Département de production p2

La réalisation de ce département fut suite aux demandes importantes en lubrifiants, elle comprend trois principales zones :

I-5-2.1 Zone 05 (Les huiles de base)

Elle a les mêmes tâches que la zone 7. En plus de ça il y a une unité 150 de l'huile caloporteur.

I-5-2.2 Zone 19 (Les utilités)

Elle assure le bon fonctionnement de la chaîne de production des huiles de base (zone 05), elle comprend les unités suivantes :

Unité 1100 production de vapeur.

Unité 1200 production de l'énergie électrique.

Unité 1300 tour de refroidissement des eaux.

Unité 1400 gaz de combustion.

Unité 1500 production d'air comprimé (air instrument et air de service).

Unité 1600 traitement et production d'eau distillé et déminé.

Unité 1700 réseau de torche P2.

Unité 280 production de gaz inerte.

I-5-3 Département de production p3 [1]

Une nouvelle réorganisation des départements de production a ajouté un troisième département qui comprend les zones suivantes :

I-5-3.1 Zone 06 (Production des huiles finies)

Elle est conçue pour le mélange et le conditionnement des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans cette 1^{ère} chaîne de production. Les mélanges des huiles de base, sont réalisés avec des additifs pour améliorer les caractéristiques. La gamme des lubrifiants se compose de : huile pour moteur, huile industrielle, huile de graissage. Huile hydraulique, huile de coupe, graisses industrielles.

Elle comprend les unités suivantes :

Unité 3000 (Production des huiles finies et des graisses), elle est destinée à fabriquer des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans les unités 100 à 500 et des additifs importés. Les grades d'huiles fabriquées sont :

Huiles pour moteurs (Essence, Diesel, Huiles pour transmission).

Huiles industrielles [hydraulique (TISKA), turbines (TORBA), engrenage (FODDA), compresseur (TORADA), et huiles diverses].

Unité 3900 (Production des huiles finies) Elle est réalisée en 1997, elle assure les mêmes tâches de l'unité U3000.

I-5-4 Département de production p4[1]**I-5-4.1 Zone 28 (stockage et expédition)**

C'est une zone de stockage des matières premières, des mélanges, des expéditions et des produits semi-finis et finis, ainsi que le pétrole brut.

I-5-4.2 Zone 30 (chargements de produits finis)

Cette zone est spécialisée dans le chargement des carburants (essences, gaz oil ...) dans les camions.

I-5-4.3 Zone 27 (Station de traitement des effluents)

Le rôle de cette zone est récupérer les eaux usées et les traiter. Elle est composée de deux bassins de séparation et de décantation physique.

I-5-5 Laboratoire de contrôle[1]

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme bien défini à un contrôle de qualité rigoureux au niveau du laboratoire.

Avant tout transfert ou expédition de produit fini, un certificat de qualité attestant la conformité de ce produit aux spécifications arrêtées est établi.

Le laboratoire contrôle aussi la qualité des eaux, les rejets et procède aux analyses des différents échantillons spéciaux.

I-5-6 Département de sécurité industrielle [1]

Étant donné les dangers, et les risques continuels qui peuvent se présenter dans une raffinerie de pétrole tel qu'explosions, incendies, intoxications, et électrocution. Le rôle du département de sécurité dans ce contexte est primordial pour la préservation du patrimoine humain et matériel. Il comporte 3 services :

I-5-6.1 Service surveillance [1]

Il est chargé d'assurer une bonne surveillance au sein de la raffinerie, en effectue une vérification du matériel entrant et sortant de l'entreprise, ainsi que le mouvement de l'ensemble du personnel.

I-5-6.2 Service prévention[1]

Assure les travaux de maintenance, les animations (photos et conseils sensibilisant sur les lieux de travail), l'hygiène de l'unité, et les statistiques des accidents de travail (en utilisant l'arbre des causes).

I-5-6.3 Service intervention[1]

Assure l'entretien des équipements de lutte contre l'incendie (fixe et mobile), la formation du groupe d'intervention de réserve (GIR), la gestion des produits extincteurs, les travaux de maintenance (ne jours de repos et fériés, quand l'inspecteur n'est pas présent), l'exécution du planning de sauvetage journalier et du programme d'exercices des plans d'attaques contre les incendies.

I-5-7 Département de planning et programme [1]

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme. Il comporte 2 services :

I-5-7.1 Service I.S.P

Réception et expédition des produits pétroliers

I-5-7.2 Service Planning et programme

La gestion des mouvements des produits est l'activité qui garantit une marche continue des installations de production.

Les objectifs du service planning et programme sont :

- L'établissement des bilans matière de toutes les unités de productions.
- L'établissement des prévisions de fonctionnement des installations en vue d'approvisionner le marché en produits finis.
- Faire les bilans des différentes expéditions et conditionnement dans le but d'éviter toute rupture de stock.

II - Unité de Platform ING dans la zone de carburant (Z4)

La zone **04** existe depuis la construction de la raffinerie d'Arzew. Cette unité a été conçue pour répondre à la progression importante et sans cesse croissante de la consommation en carburant du marché national.

Les unités de fabrication que l'on rencontre dans cette zone comportent :

- Unité de distillation fractionnée atmosphérique (topping : unité **11**) ;
- Unité de reformage catalytique (platforming : unité **12**) ;
- Unité de récupération des GPL (Gas-plant : unité **13**) ;
- Unité d'isomérisation (unité **17**).

II-1 Unité de Platforming

II -1.1 Description du procédé [2]

La fonction originale du procédé de reforming est de valoriser le naphta lourd (HSRN), provenant de la distillation atmosphérique avec un faible indice d'octane. Pour obtenir un mélange de carburant à indice d'octane élevé en favorisant catalytiquement des groupes spécifiques de réactions chimiques.

L'installation se divise en deux sections :

- Section hydrobon
- Section platforming

II-1.1.1 Section de prétraitement de naphta (Hydrobon) (Annexe I)

1. Utilité de l'hydrotraitement dans le reforming

Compte tenu des exigences du catalyseur, la charge de reformage catalytique doit impérativement subir un traitement d'élimination des impuretés : soufre, azote, métaux (**As, Pb, Cu, Fe, Ni...**) ; il s'agit d'un traitement à l'hydrogène qui permet d'éliminer le soufre et l'azote sous forme d'hydrogène sulfuré « **H₂S** » et d'ammoniac « **NH₃** » volatils et en même temps à assurer les oléfines et de piéger les métaux ; pour obtenir des produits de haute qualité, c'est l'unité « **Hydrobon** » qui est destinée à transformer et à éliminer ses composants.

Le traitement à H_2 peut être appliqué à toute la coupe gaz avec essences de la distillation atmosphérique, ce qui permet d'éliminer le soufre de toutes les coupes légères ou réservées à l'essence lourde juste en amont du reformage.

2. Description du process

Le Naphta lourd est mélangé à un gaz riche en hydrogène qui s'écoule de l'unité de platforming passe à travers les échangeurs de chaleur de la charge combinée **12E1A/B/C** et entre dans le four **12F1**. La charge d'alimentation chauffée dans le four jusqu'à la température requise est envoyée vers le réacteur d'hydrobon **12C1** où se produisent la désulfuration, la dénitrification ainsi que l'élimination des métaux.

Le réacteur d'Hydrobon **12C1** est chargé avec le catalyseur **S120** de type **CO-MO** sur le support d'alumine.

Le four est divisé par une paroi centrale en deux sections :

Un est équipée des serpentins de charge et l'autre équipée des serpentins de rebouillage de stripper **12C2**.

L'effluent du réacteur est envoyé à travers **12E1 A/B/C** et aéroréfrigérants **12E2 A/B** vers le séparateur d'hydrobon **12D1**. La pression de service du séparateur est réglée à **17,6 kg/cm²** sous contrôle de la **PICV 4A**. La quantité de gaz riche en hydrogène sortant de l'unité d'hydrobon est envoyée vers les unités d'hydrofinishing **U.25** et **U.500** et le reste est envoyé vers le ballon tampon du fuel gaz **12D8** duquel il est fourni aux fours d'hydrobon et de platforming **12F1**, **12F2** et **12 F3**. Une partie de fuel gaz est envoyée vers le ballon d'équilibre du fuel gaz **35D1**, se trouvant dans les installations d'utilités.

Une injection d'eau distillée est prévue périodiquement de la sortie du **12E1C** vers **12D1**, afin de dissoudre les chlorures d'ammonium formés au niveau du **12C1**.

Le **Filmant RFC305** est injecté dans la conduite de tête du stripper **12C2** comme inhibiteur de corrosion.

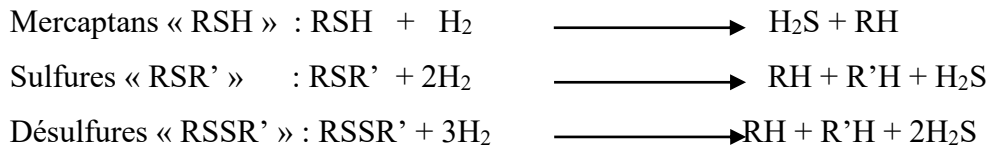
Tout le liquide sortant de la tête du stripper **12C2** excepté celui du reflux est envoyé vers la **11C5** de l'unité de topping pour être retraité. Après être chauffé dans le four **12F1 (12TIC2)**, le fond du stripper **12C2** est envoyé vers la section platforming. Le réservoir **T203** est prévu pour

stocker la charge hydrotraitée (**unifinat**) utilisée lors du démarrage de l'unité d'Hydrobon platforming. Les gaz de tête (**12FR3**) sont envoyés vers **11C7**. La capacité de l'unité d'Hydrobon est de **56 m³/h**.

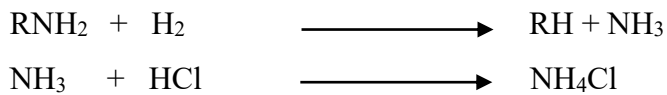
3. Principales réactions d'hydrotraitement

Au niveau du réacteur **12C1**, des réactions d'hydrogénation ont lieu sur le site catalytique, ces principales réactions :

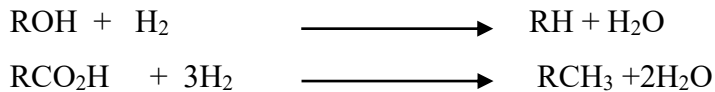
4. Désulfuration



5. Dénitrification



6. Hydrogénation des hydrocarbures oxygénés



7. Hydrogénation des oléfines

La pression partielle d'hydrogène aux conditions (**T, P**) du réacteur, permet la saturation des oléfines et des dioléfines sans toucher aux aromatiques.

8. Elimination des métaux

Les métaux sont éliminés sous forme de dépôts sur le catalyseur, sans pour autant influencer son activité ; car il a été conçu pour supporter ces dépôts.

II-1.1.2 Section reforming (Annexe I)

Le reforming est un procédé catalytique où on emploie un catalyseur sélectif afin de transformer en présence de l'hydrogène, l'unifinat en produit de base de meilleure qualité pour la fabrication des essences. La capacité de l'unité de platforming est de **56 m³/h**. Les réacteurs de reforming **12C3**, **12C4** et **12C5** sont chargés avec le catalyseur **R86** bimétallique à base de Platine et Rhénium sur le support d'alumine **Al₂O₃**.

1. Les différents procédés de reformage catalytique

Plusieurs procédés commerciaux sont disponibles dans le monde entier, mais les procédés semi-régénératifs et les procédés en continu sont complètement dominés par la technologie UOP et Axens (ou IFB). Les principales différences entre les procédés commerciaux de reformage sont la procédure de régénération du catalyseur, le type de catalyseur et dans la conception des équipements.

2. Procédé semi-régénératifs (à lit fixe) et régénératifs (à lit mobile) cyclique :

En première analyse le schéma de principe des divers types de reformage semi-régénératifs ou régénératif cycliques est sensiblement le même. Il comporte une série de trois ou quatre réacteurs et des fours alternes. Le plus souvent, la charge est préchauffée tout d'abord par échangeur thermique avec l'effluent, celui-ci est ensuite refroidi, puis détendu, afin de permettre la récupération et en fin stabilise par élimination des constituants légers (C₂, C₃) qu'il contient pour les systèmes régénératifs cycliques, un réacteur supplémentaire dit (swing) est prévu.

Le principe des technologies régénératives introduites par U.O.P et I.F.P est totalement différent.

a) Procédés UOP régénératif :

La technologie UOP platforming est utilisée dans plus de 50% de toutes les installations de reformage avec plus de 750 unités disponibles dans le monde entier [3]. Elle est compatible avec les deux types de reformage, semi-régénérative et continue.

Dans le cas du procédé U.O.P, la section réaction est constituée par quatre réacteurs écoulement radial, disposés en série ; les trois premiers sont empilés le dernier, qui contient la moitié de la quantité globale de catalyseur de l'unité est part :

- Les fours agencés de façon particulière assurent une perte de charge minimale.
- Le système catalytique, introduit en tête des éléments 1 et 4 s'écoule par gravité, il est soutiré en fond des réacteurs 3 et 4, purge des hydrocarbures qu'il retient et envoyé l'aide de deux lits de gaz inerte à la section régénération celle-ci comporte une trémie d'engagement, le régénérateur et un Ballon de stockage avec une circulation par gravité.
- Le catalyseur est renvoyé l'aide de deux nouveaux lits à la section réaction. Un dispositif électronique très élaboré permet un contrôle précis du déroulement des différentes phases de l'opération.

b) Procède IFP régénératif :

Le procédé I.F.P apparente plus aux schémas conventionnels avec quatre réacteurs séparés et intermédiairement le passage de charge au travers d'un four ; la circulation du catalyseur dans un chacun de ces éléments s'effectue par gravité, il passe de l'un à l'autre l'aide de lifts, dont le gaz moteur est prélevé au refoulement du compresseur d'hydrogène de recyclage.

En fond du dernier il est repris par un nouveau lift et envoyé la section régénération [4].

Celle-ci se compose de deux ballons situés en dessus et en dessous du régénérateur proprement dit et d'un système approprié de vannes. Le catalyseur régénère est envoyé toujours par lift en tête du premier réacteur :

- Les différentes séquences de l'opération sont programmées entièrement automatisées.
- Dans le cas de la production d'aromatique, on effectue à la suite du reformage un fractionnement (dépentaniser en particulier), de façon ne conserver que la coupe qui contient les hydrocarbures recherchés.

c) Les procédés de reformage catalytique industriels :

Plusieurs processus de reformage industriels sont disponibles dans le monde entier. Ces processus diffèrent par le type d'opération, le type de catalyseur et la conception de l'ingénierie des processus. Tous les concédants de licence conviennent de la nécessité d'hydrotraiter l'alimentation pour éliminer les poisons du catalyseur de reformage permanents et pour réduire les poisons du catalyseur temporaires à de faibles niveaux. Le premier procédé de reformage catalytique commercial a été introduit aux Etats-Unis en 1939, en raison de la forte demande d'essence et d'aromatique à indice d'octane élevé. Il existe plus de 800 installations commerciales de catalyse, dont la plupart des reformeurs de base sont équipés d'une régénération continue du catalyseur.

3. Description du process

La charge pompée du fond **12C2** par **12G8** venant de l'unité d'hydrobon est mélangée au gaz riche en hydrogène comprimé par le compresseur du gaz de recyclage **12G7** puis passe à travers les échangeurs de chaleur de la charge combinée **12E8A/H** et est envoyée vers le four **12F2**. La

pompe **12G8** d'alimentation s'arrêtera d'elle même dans le cas où les débits de la charge et du gaz de recyclage sont très faibles.

Le four de platforming **12F2** comprend trois chambres de combustions :

La zone de convection est utilisée comme source de chaleur pour le rebouillage du débutaniseur **12C6**. La charge d'alimentation chauffée jusqu'à la température désirée est envoyée dans les trois réacteurs de platforming. Comme les réactions sont endothermiques, il est nécessaire de réchauffer la charge.

La réaction qui se réalise dans le réacteur n°1 **12C3** est principalement la déshydrogénation des Naphtènes, tandis que celles du réacteur n°2 **12C4** sont l'isomérisation et la cyclisation des paraffines, ces derniers suivent la déshydrogénation des naphtènes. Dans le réacteur n°3 **12C5** se produisent les mêmes réactions que celles qui se produisent dans le réacteur n°2 (**12C4**) ainsi que l'hydrocraquage des paraffines. L'effluent du réacteur **12C5** est séparé en liquide et en gaz dans le séparateur du platforming **12D5** dont la pression est réglée à **17,5 kg/cm²**. Le gaz d'hydrogène ainsi séparé est comprimé par le compresseur **12G7** et est utilisé comme gaz de recyclage. Tous les gaz en excès sont envoyés vers l'hydrobon. Le liquide est envoyé vers le débutaniseur **12C6** et les gaz sortant de la tête de la colonne sont refroidis au niveau de l'aéroréfrigérant **12E14** et le condenseur **12E15** et sont récupérés dans le receveur **12D6**.

Une partie de ces gaz condensée est envoyée comme reflux et le reste est récupéré dans l'unité **13**. Du fond de la colonne est soutiré le réformât vers stockage après être refroidi au niveau de l'aéroréfrigérant **12E12** et le condenseur **12E13**.

Afin de maintenir la teneur en chlorure requise du catalyseur il faut injecter du trichloréthylène (**TCE**) dans la charge d'alimentation du platforming pour assurer la fonction acide, de même que l'injection d'eau pour le maintien de la balance eau /chlore du catalyseur.

Le réservoir de stockage d'hydrogène **12D9** est prévu pour le démarrage de l'unité.

La quantité totale du catalyseur chargée dans les trois réacteurs est de l'ordre de **24 tonnes** répartie comme suit :

1. 12C3 : 20% ;
2. 12C4 : 30% ;

3. 12C5 : 50% ;

Plus la charge est légère, plus les conditions de la marche de procédé doivent être plus sévères par suite de la grande proportion en paraffines difficiles à convertir pour cela, on aura :

La température élevée est une basse pression avec un **VVH** basse pour obtenir un reformat avec **NO** élevé et un rendement élevé.

La charge riche en naphènes est une bonne matière première pour le reforming catalytique.

4. Caractéristiques physico-chimiques du reformage

a. La charge

Les charges typiquement manipulées par le Reformage catalytique sont les essences obtenues par la distillation du pétrole brut. Leurs compositions chimiques varient en fonction de la source du brut, mais elles consistent généralement en un mélange d'hydrocarbures contenant de 7 à 9 atomes de carbone. D'autres fractions pouvant être traitées incluent :

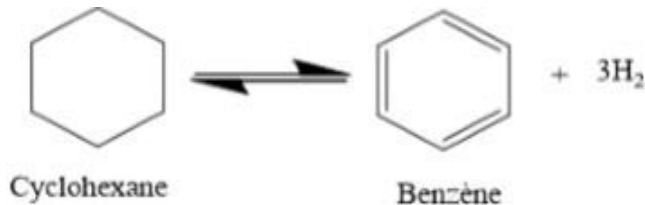
- Fraction d'essence de cokéfaction (après hydrogénation).
- Essence de craquage thermique (après hydrogénation).
- Essence de l'hydrocraquage.

Il est courant de limiter le Point d'Éclair (PF) de la charge de 150 à 180°C, car le reformage catalytique produit une essence ayant un PF supérieur de 10 à 30°C par rapport à celui de la charge, afin de maintenir le PF du reformat à 205°C. Plus la charge est légère, plus les conditions de fonctionnement du procédé doivent être rigoureuses en raison de la forte proportion de paraffines difficiles à convertir. En conséquence :

- Une température élevée à basse pression avec un taux de circulation bas est nécessaire pour obtenir un reformat avec un indice d'octane élevé et un rendement élevé.
- Une charge riche en naphènes est une excellente matière première pour le reforming Catalytique

b. La Nature des réactions mises en jeu dans la section platforming**b.1-La déshydrogénation**

Un exemple de cette réaction est donné ci-dessous, celui de la déshydrogénation du cyclohexane en benzène :



Cette réaction est très endothermique ($\Delta H = 210 \text{ kJ/mol}$) et s'accompagne d'une du nombre de moles ; elle est donc favorisée par un accroissement de la température et un abaissement de la pression. Par ailleurs, la vitesse de la réaction diminue avec l'augmentation du nombre d'atomes de carbone de la charge mais demeure notablement plus élevée que celles des autres réactions, qui augmentent, elles, avec le nombre d'atomes de carbone de la charge.

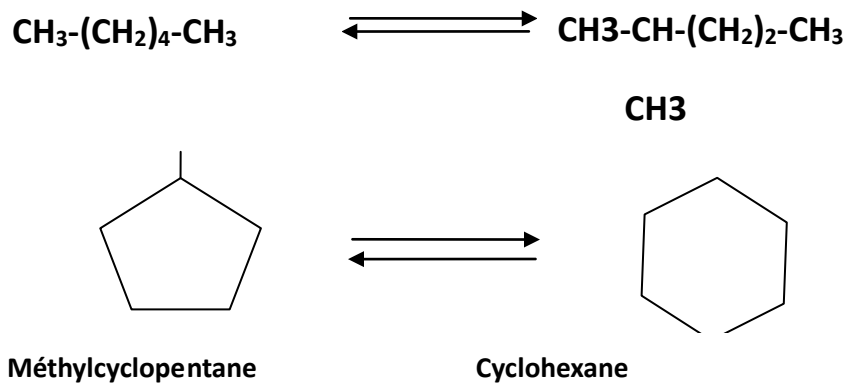
b.2-Isomérisation

L'isomérisation est une opération qui permet de transformer une paraffine linéaire en paraffine isomères dans le but d'augmenter son indice d'octane. La charge d'une unité d'isomérisation est le naphta léger (C5-C6). En chimie organique, on parle d'isomérisation lorsque deux molécules possèdent la même formule brute mais ont des formules développées ou stéréochimiques différentes. Ces molécules, appelées isomères, peuvent avoir des propriétés physiques, chimiques et biologiques différentes. Le composé obtenu est désigné sous le nom d'isomère dans le jargon pétrolier, et qui entre dans la composition des essences.

Le reformage catalytique a pour objectif de transformer les constituants naphténiques en constituants aromatiques à haut indice d'octane servant de base au mélange des essences. La réaction se passe sous basse pression (<10 bar) et à haute température de l'ordre de 550 °C1 avec production d'hydrogène venant des molécules naphténiques.

C'est une réaction endothermique. En effet, les liaisons dans les molécules naphténiques s'ouvrent et libèrent de l'hydrogène et ces molécules donnent naissance à des molécules

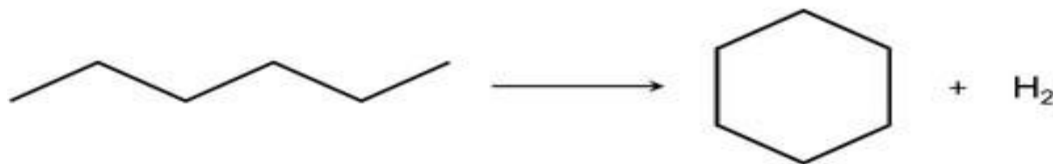
aromatiques dont le benzène. La charge de l'unité peut venir de différentes unités telles que le naphta lourd de la distillation atmosphérique après passage à l'hydrotraitement. L'isomérisation légèrement exothermique ($\Delta H = -10$ à -20 kJ/mol) est très rapide dans les conditions normales de fonctionnement. Par conséquent, il est insensible aux changements de température et de pression, mais il est inhibé par les composés aromatiques formés pendant toute la réaction de reformage. L'équilibre thermodynamique de l'isomérisation est constamment remplacé par les deux réactions décrites ci-dessus [5].



b.3-Cyclisation

Est une réaction chimique qui permet de la modification d'une chaîne linéaire d'atome a forme cyclique et pour un but d'obtenir les aromatiques (BTX) par l'élimination.

De l'hydrogène par exemple : cyclisation de l'hexane à benzène.

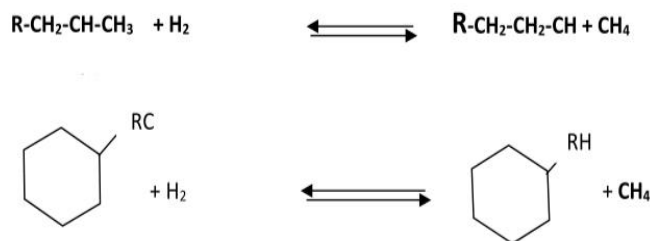


La réaction est très endothermique ($\Delta H = 210$ kJ/mol) et s'accompagne d'une augmentation du nombre de moles ; par conséquent, l'augmentation de température et la diminution de pression la favorisent. De plus, la vitesse de réaction diminue à mesure que le nombre d'atomes de carbone

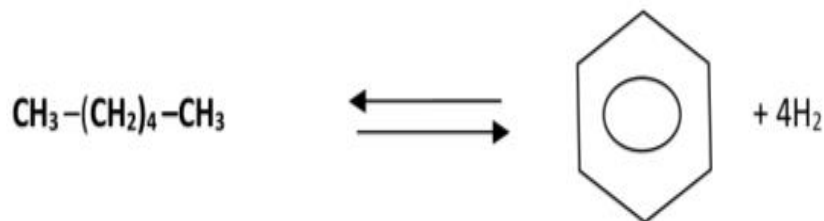
d'alimentation augmente, mais elle est toujours significativement plus élevée que les autres vitesses de réaction qui augmentent avec le nombre d'atomes de carbone d'alimentation [4].

b.4-L'hydrocraquage réaction

Il s'agit d'une réaction exothermique ($\Delta H = -40 \text{ kJ/mol}$), thermodynamiquement complète dans les conditions normales de fonctionnement, mais limitée par la lenteur de la vitesse de réaction. Lorsque la température augmente, cette transformation peut devenir plus importante que l'isomérisation et la déshydrogénation. Au fur et à mesure que la concentration de composés aromatiques augmente, elle devient plus importante [6].



b.5-déshydrocyclisation :



5. Considérations thermodynamiques et cinétiques des réactions secondaires :

-Divers réaction parasites ont lieu. Les plus importantes :

- L'hydrocraquage des paraffines et des naphthènes.
- La formation du coke.
- La déméthylation.

- **L'hydrocraquage des paraffines et des naphènes :**

Le craquage est la coupure des hydrocarbures paraffiniques et l'hydrogène immédiate des oléfines résultantes de ce craquage. Elle est provoquée par la fonction acide du catalyseur et est favorisée par une pression et une température élevée.

- **Cokage**

La formation de coke est liée aux produits lourds insaturés tels que les aromatiques polynucléaires, résultant de la charge ou de la polymérisation d'aromatiques impliqués dans certaines réactions de reformage (déshydrocyclisation, dismutation, etc.).

Des traces d'oléfines lourdes ou de dioléfines peuvent également résulter des réactions du procédé (déshydrocyclisation, alkylation, par exemple) et favoriser la formation de coke. Cela conduit à un impact négatif sur la performance du catalyseur car il se dépose sur le catalyseur, recouvre la surface active et réduit ainsi l'activité du catalyseur.

Selon la spectroscopie par résonance magnétique nucléaire (RMN), le coke est constitué de cycles aromatiques condensés avec quelques groupes méthyles. Une représentation typique d'un coke à haute température est donnée ci-dessous (Fig. 14), avec l'empilement des cycles aromatiques.

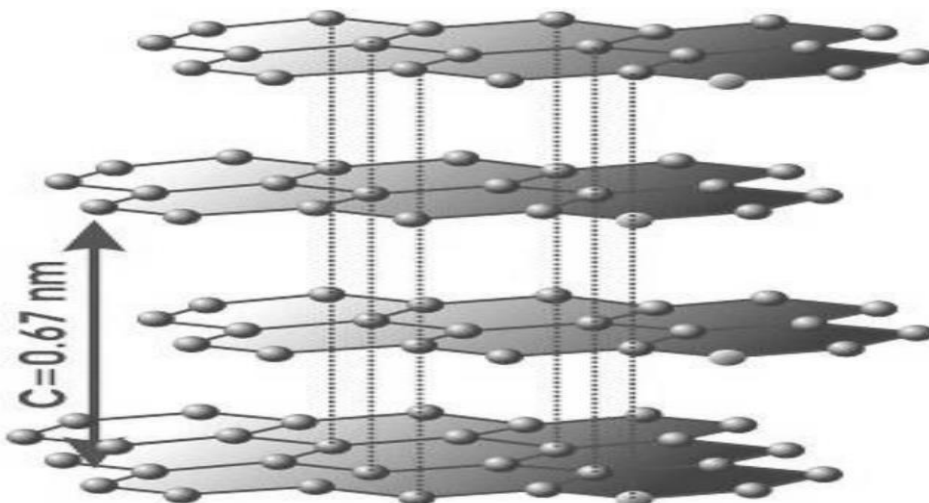
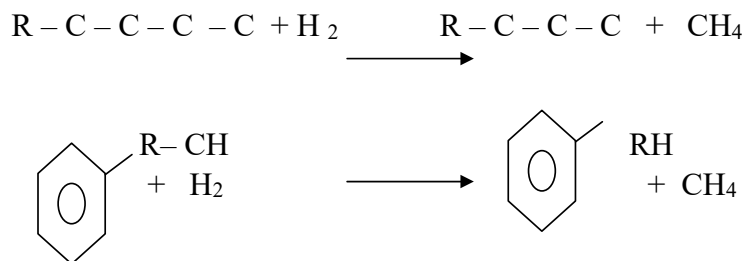


Figure 14 : Schéma du coke à haute température

Dans le reformage, on peut distinguer deux types de coke en fonction de leur température de combustion. Le coke situé sur ou à proximité de la fonction métallique contient relativement plus d'hydrogène et brûle à une température basse d'environ 300°C, alors que le coke sur le support en alumine contient relativement moins d'hydrogène et nécessite une température élevée de 400°C à 500°C pour s'oxyder lors de la régénération. De plus, le coke déposé sur l'alumine n'est pas homogène, en effet même pour une teneur globale en coke élevée sur le catalyseur, il existe des zones sur le support d'alumine exemptes de coke. [7]

o La déméthylation

Dans cette réaction secondaire, la molécule d'hydrocarbure craque en libérant un méthyle sous l'action de l'hydrogène.



Les réactions de déméthylation peuvent avoir lieu surtout au cours du démarrage de l'unité après la régénération du catalyseur car, à ce moment-là, la fonction métal du catalyseur est très active ; cette réaction peut être évitée par l'addition de soufre pendant la régénération.

Elle est favorisée par une température et une pression élevée.

a) Localisation des réactions

La grande endothermicité de la réaction la plus rapide. (Déshydrogénation) et la grande différence de vitesse entre les différentes réactions obligent à opérer dans plusieurs réacteurs afin d'optimiser chacune d'entre elles.

On peut localiser les réactions dans les trois réacteurs comme suit :

- Réacteur -1- :
- Déshydrogénation
- Isomérisation

- Réacteur -2- :

-Déshydrogénation (fin)

-Isomérisation

-Hydrocraquage

-Déshydrocyclisation

- Réacteur -3- :

- Hydrocraquage

-Déshydrocyclisation

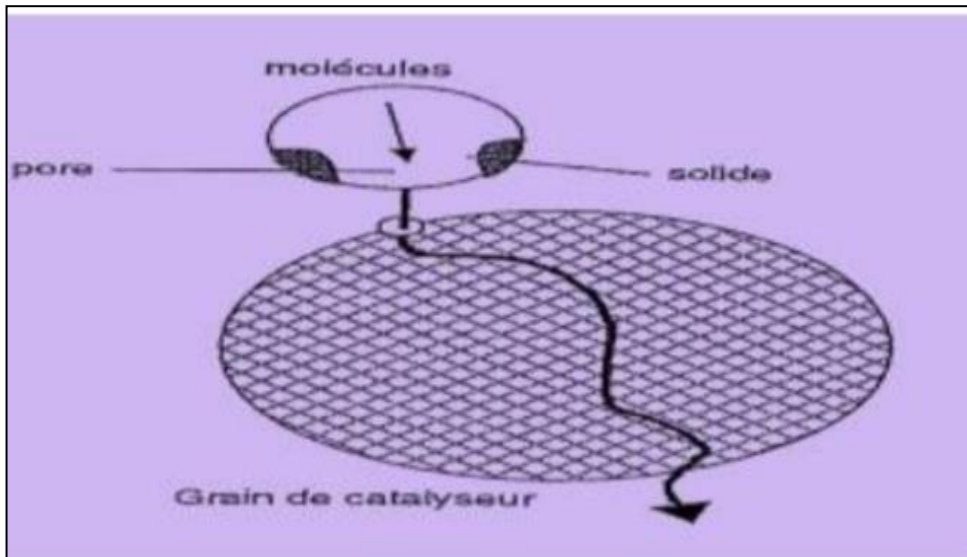
b) Impact des variables opératoires

Les variables opératoires de l'unité étudiées sont modifiées au cours de la marche, comme : la température, la pression totale, la vitesse spatiale, le rapport (H₂/HC).

Il faut bien souligner que la mauvaise manipulation de ces variables provoque une diminution au niveau des performances du catalyseur et par conséquent sur le rendement du reformât et sur la durée du cycle de travail du processus.

c) Catalyseur :

Un catalyseur est un solide qui a la propriété d'accélérer un changement chimique. Thermodynamiquement possible. Les composés de départ et produits de réaction Représente la phase gazeuse ou liquide et, en règle générale, des catalyseurs solides sont présents. Aucun changement après la fin de la réaction. Lorsque le système réactionnel peut évoluer de plusieurs manières Les catalyseurs accélèrent sélectivement l'une de ces voies, si la thermodynamique le permet. Il a Par conséquent, la direction affecte le développement du système parce que ce n'est pas dans l'équation ; les réactions d'accélération sont stœchiométriques et ne peuvent pas être modifiées Thermodynamique, en particulier les changements dans l'énergie libre standard ne changera pas. Ce n'est donc pas une position d'équilibre à aider à atteindre.



6. Caractéristiques des catalyseurs

1- L'activité :

L'activité d'un catalyseur exprime la vitesse de transformation des réactifs dans des conditions opératoires données. Une bonne activité se traduit par une vitesse de réaction élevée permettant soit d'utiliser peu de catalyseurs, soit d'opérer dans des conditions peu sévères et notamment à une température relativement basse.

2- Sélectivité :

Il caractérise la capacité du catalyseur à activer essentiellement la conversion des réactifs en produits désirés parmi tous les catalyseurs possibles. Une sélectivité élevée permet d'obtenir un bon rendement du produit souhaité, minimisant les réactions secondaires

3- Stabilité :

Il est défini par le temps pendant lequel l'activité et la sélectivité du catalyseur restent inchangées. En fait, ces attributs changent plus ou moins avec le temps.

7. Compositions du catalyseur de platforming R86 :

Le catalyseur R86 de l'unité de platforming est un catalyseur bimétallique (Pt + Ru) sur un support d'alumine possédant deux fonctions :

- Une fonction métal dû au platine responsable des réactions de déshydrogénation hydrogénation.
- Une fonction acide due au support (Al_2O_3) assurant les réactions d'isomérisation, cyclisation, polymérisation, craquage.

Platine 0,25 %

C'est l'élément qui assure la fonction hydrogénante-déshydrogénante c'est-à-dire la déshydrogénation des naphthènes et l'hydrogénation des oléfines issues de craquage.

La proportion du platine est établie de tel sort à avoir une valeur optimale de cette fonction et à minimiser la réaction parasite de déméthanisation.

Rhénium 0,40%

Le rhénium assure la même fonction que le platine mais avec une forte tendance vers l'hydrogénation, ce qui augmente la stabilité et la durée de vie du catalyseur on lui conférant une plus grande résistance aux dépôts progressifs du coke.

Le support acide (Al_2O_3)

C'est une alumine du type gamma avec une surface spécifique de $200 \text{ m}^2 / \text{g}$ et une teneur de 1,13% (poids) en chlore.

Afin de maintenir cette acidité optimale de catalyseur, une injection d'un composé chloré (tétrachlorure d'éthylène, TCE) est prévue en amont des réacteurs pour compenser les pertes en chlore au cours de fonctionnement de l'unité, l'excès de chlore est corrigé par l'injection d'eau.

Tableau .2 : Fiche technique de catalyseur UOP R86.

| | |
|-------------------------|---------|
| Campanie | UOP |
| Catalyseurs | R-86 |
| Platine | 0.25 |
| Rhénium | 0.40 |
| Cl ⁻ (% pds) | 1 à 1.2 |
| Diamètre (inch) | 1/16 |

| | |
|------------------------------|-----|
| Densité (kg/m ³) | 657 |
| Soufre (ppm) | 0.5 |
| H ₂ O ppm pds | 1 |
| Vie totale garantie (ans) | 10 |

8. Les fonctions du catalyseur R-86 :

- o **Une fonction hydrogénante-déshydrogénante** : apportée par la présence d'un métal.

Cet élément doit être actif et stable aux températures de réaction (environ 500°C); il favorise la formation d'aromatiques et l'hydrogénation des oléfines intermédiaires, évitent ainsi la cokéfaction.

- o **Une fonction acide** : Fournie par le support oxyde d'aluminium activé. Il détermine l'activité catalytique dans les réactions d'isomérisation et d'hydrocraquage. Pour renforcer l'acidité de l'oxyde d'aluminium, on y ajoute 0.5 à 2% de chlore. Il favorise moins les réactions de craquage et en plus stabilise la haute dispersité du platine par formation d'un complexe avec le platine et l'oxyde d'aluminium. Les propriétés du métal et du support sont maintenues en équilibre durant toute la durée du cycle.



Catalyseur R 86

9. Désactivation du catalyseur :

On observe fréquemment une baisse plus ou moins rapide de l'activité ou de la sélectivité du catalyseur, par disparition ou blocage progressif des centres actifs.

- La perte d'activité est généralement due à trois causes principales :
 - o Les causes physiques.
 - o L'empoisonnement par les impuretés.
 - o L'encrassement par cokage.

10. La régénération du catalyseur :

Lorsque les performances du catalyseur chutent à un niveau non économique, la régénération du catalyseur est nécessaire. Par conséquent, le but de la régénération est de restaurer son activité et sa stabilité.

Lorsque le catalyseur est irréversiblement désactivé, par exemple des dépôts de métaux lourds ou de soufre sur les sites actifs, sa régénération est impossible. Par conséquent, il est nécessaire de modifier la qualité du catalyseur et d'effectuer un traitement de charge en amont du catalyseur.[08]



Catalyseur R 86 avant régénération



Catalyseur R86 après régénération

11. Désactivation du catalyseur :

En règle générale, la nécessité de régénérer le catalyseur survient lorsque l'un des paramètres suivants atteint sa limite :

- La température des réacteurs atteint le seuil de 530°C.
- L'indice d'octane diminue.
- La limite de chauffage est atteinte.
- Le rendement chute jusqu'à atteindre la limite de 65% du volume.

La principale cause de perturbation de ces paramètres est le dépôt de coke sur le catalyseur, ce qui réduit sa surface active.

III - La régénération

L'opération de la régénération du catalyseur est nécessaire l'ors que le catalyseur présente une dégradation de ces performances dû à un dépôt de coke (perte d'activité).

Quand les performances atteignent un niveau inacceptable (température maximal), Le produit conforme aux spécifications n'est plus possible, par exemple, la production d'hydrogène, le rendement en aromatiques et le rendement en reformat liquide. La perte de charge à travers le lit catalytique devient trop élevée durant le fonctionnement normal à cause de dépôts sur le système des pores du catalyseur. il est nécessaire de procéder à la régénération du catalyseur pour lui restituer, au moins partiellement, ses performances initiales. La régénération demandera toujours une quantité substantielle d'oxygène, même après de courtes périodes sur le flux de catalyseur. Les dépôts de carbone sur le catalyseur varieront entre 5 et 25 % pds.

Pendant la régénération du catalyseur de Magnaforming, il y a quatre paramètres majeurs du process qui affecteront le résultat de la régénération :

- La pression.
- Température.
- La vitesse spatiale.
- La teneur en oxygène.

La régénération est faite :

- Soit cyclique grâce à un réacteur supplémentaire dans les procédés à régénération fréquente.
- Soit en discontinu, en arrêtant l'installation, dans les procédés semi régénératifs après une durée de fonctionnement qui peut être de 2 à 3 mois.
- Le procédé à lit circulant est effectué de façon continue.

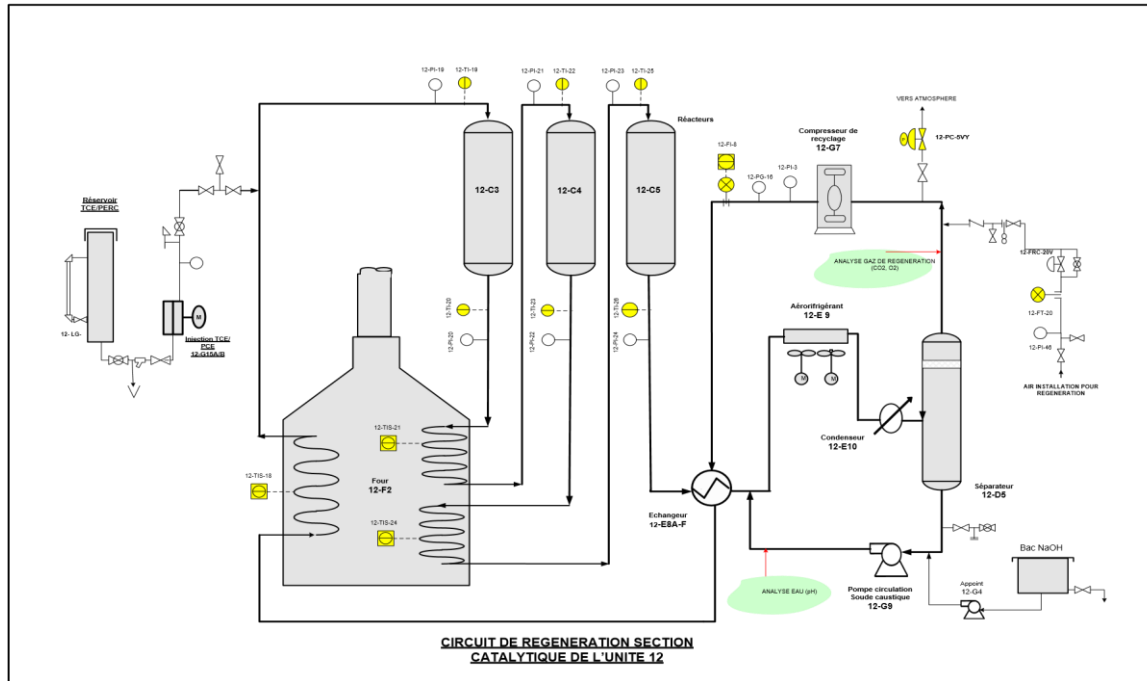


Figure III.5 : Schéma de circuit de régénération section catalytique de l'unité 12.

III -1. Procédé de régénération du catalyseur R-86 de l'unité de Reformage catalytique d'Arzew :

- Arrêt de l'unité.
- Combustion.
- Oxydation.
- Réduction
- Refroidissement
- Purge à l'azote
- Sulfuration et Démarrage

a- Arrêt de l'unité :

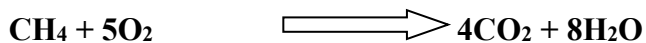
Cette période peut être mise à profit avantageusement non seulement pour libérer l'unité des hydrocarbures liquides mais également pour préparer correctement l'unité et les équipements supplémentaires à la régénération.

Toutes les fournitures et utilités nécessaires (telles que l'azote, l'air, l'hydrogène de réduction, les analyseurs, etc.) doivent être disponibles. Tous les compteurs, manomètres et thermocouples doivent être vérifiés, calibrés et mis en bon état de fonctionnement.

Afin de réduire au maximum la durée de combustion du carbone, il est important de décaper et de vidanger le maximum d'hydrocarbures liquides de tous les points bas du circuit de gaz de régénération. Un lavage à l'eau des condenseurs et du séparateur de produit est recommandé.

b- Combustion du coke :

C'est l'élimination par combustion du coke déposé sur la surface du catalyseur caractérisée par la réaction suivante :



Il y a deux phases de combustion :

Tableau III.8 : Différentes phases de réactions.

| 1^{ère} phase de la combustion : | 2^{ème} phase de la combustion |
|---|--|
| T°C entrées réacteurs 385°C | T°C entrées réacteurs = 510°C |
| [O₂] dans GRM entre 0,6 et 0,8% molaire | [O ₂] dans GRM entre 5 et 8% molaire |
| Neutralisation le gaz acide de circulation en contrôlant le PH au niveau du ballon séparateur PH entre 7.5 et 8.0 (Min 7.5). | Neutralisation le gaz acide de circulation en contrôlant le PH au niveau du ballon séparateur PH entre 7.5 et 8.0 (Min 7.5). |

Une fois l'O₂ atteint la limite de 5,0% molaire, augmenter progressivement les T°C à l'entrée des réacteurs à 510°C à raison de 30°C/h et stabiliser pendant 4 heures dans ce palier.

Une fois que tout le carbone est brûlé, ceci est vérifié par la différence de température (entrée-sortie) de chaque réacteur (DT RX) doit tendre vers zéro, ainsi que la concentration en oxygène entrée et sortie de chaque réacteur devra rester constante. Une fois que la combustion est terminée.

Platform ING Régénération Burning Wave

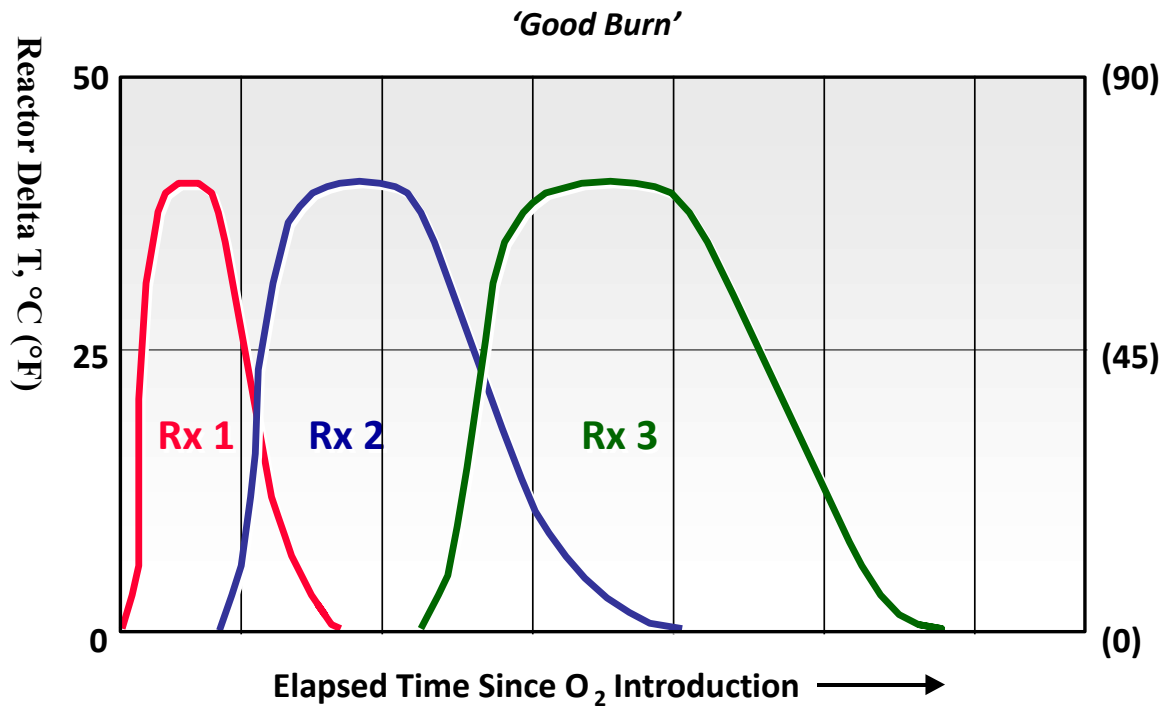


Figure III.6 : Vagues brûlantes de régénération.

c- Oxydation :

Le but de cette phase de l'oxydation, est de redisperser les métaux précieux (Pt, Rh) sur la surface de l'alumine Al_2O_3 afin de restaurer l'activité initiale de la fonction Hydrogénant - déshydrogénant du catalyseur.

L'oxydation est une attaque chimique à haute température des cristallites du platine par l'oxygène et du chlore injecté avec la formation d'espaces métalliques ou oxychlorures qui migrent sur la surface de l'alumine et se fixent sur les sites libres de l'alumine en assurant la dispersion des métaux (cette opération est réalisée lorsque tout le coke déposé a été parfaitement éliminé pendant la combustion).

La régénération, ou l'entretien de l'unité le système doit se trouver dans les conditions suivantes :

- T°C entrées réacteurs = **510°C**
- Teneur en $[O_2]$ du gaz de recyclage = **5,0% à 8% molaire**
- Débit de gaz dans le système = **59000 Nm³/h**
- Circulation maximum de la solution neutralisante **PH = 7.5 à 8.0**

L'oxydation du catalyseur est exigée afin de réaliser l'état d'oxydation désiré des métaux actifs et disperser entièrement le platine.

Ces résultats peuvent seulement être réalisés par l'équilibre approprié du temps, de la température, de la teneur en oxygène, du niveau de chlorure, de l'humidité, et de l'absence de la contamination par le soufre.

Pendant l'oxydation, on doit mesurer les teneurs en HCl à la sortie de chaque réacteur. Il devrait y avoir une forte détection de HCl à chaque sortie de réacteur (supérieure à 50 ppm, détectée par les tubes Dräger) et moins de 5 à 10 ppm de SO₂.

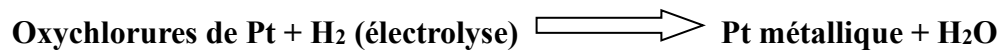
L'achèvement de l'oxydation n'est pas immédiatement évident. Les indications sont :

- (1) Le contenu de HCl est égal à chaque entrée et sortie de réacteur.
- (2) Les échantillons de catalyseur provenant du dernier réacteur sont crème en couleurs.
- (3) Il n'y a aucun problème suspecté de dispersion de platine.

Les métaux et le carbone résiduel sur les sites réactionnels sont brûlés durant cette phase. En plus, elle consiste à disperser le platine sur toute sa surface active. Le schéma de cette opération est donné sur la figure.

d- Réduction :

L'étape de réduction a pour but la transformation des oxychlorures de platine redispersés à la surface de l'alumine pendant l'oxydation en platine métallique (redispersion initiale du métal). Cette transformation est réalisée par la réaction chimique suivante qui consomme de l'hydrogène (pur) comme réactif et produit aussi de l'eau.



La réduction du catalyseur est réalisée en établissant une atmosphère d'hydrogène dans l'unité et puis en soulevant les températures de sortie des réacteurs à un minimum de 482°C. Cette température doit être maintenue pour une heure, ou plus, pour assurer la réduction complète en métal.

Le maintien des températures de sorties des réacteurs à 482°C jusqu'à ce qu'il n'y ait aucune accumulation significative de l'eau dans le séparateur ou les points bas de drain.

Puisque l'eau est un produit de réduction, ceci indique que la réduction est complète. Ceci devrait prendre deux à trois heures.

La présence de l'eau lors de la réduction favorise l'agglomération du platine (mauvaise redispersions) dans ces cas drainé l'eau en continu dans les points bas du circuit.

e- Refroidissement :

Une fois que toute l'eau a été drainer du séparateur

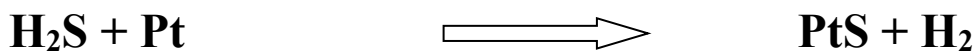
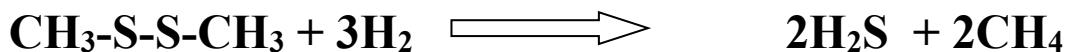
- Réduire la température sorties fours à raison de 30°C/h jusqu'à ce que les températures sorties réacteurs soient inférieures à 205°C.
- Maintenir une circulation maximale de gaz de recyclage à la pression du séparateur de kg/cm² et une concentration d'Oxygène > 5 mol% durant le refroidissement.

f- Purge à l'azote :

Une fois la phase de refroidissement achevée, un soufflage d'azote est effectué pour évacuer pratiquement tout l'hydrogène restant. Cette étape implique le remplacement de l'oxygène par de l'azote, avec une teneur inférieure à 0,3 % en volume, et de 0,1 % en volume de CO₂, afin de prévenir la formation d'un mélange explosif avec l'hydrogène (réduction), tout en réduisant progressivement l'humidité du catalyseur.

g- Sulfuration et Démarrage :

Presulfiding du catalyseur c'est l'étape de l'injection du DMDS (Disulfure de diméthyle) qui vient juste après l'étape de réduction qui se traduit par les réactions chimiques suivantes :



Cette étape est nécessaire pour diminuer temporairement la trop forte activité des métaux (Pt, Rh) qui ont été formés durant la phase de réduction.

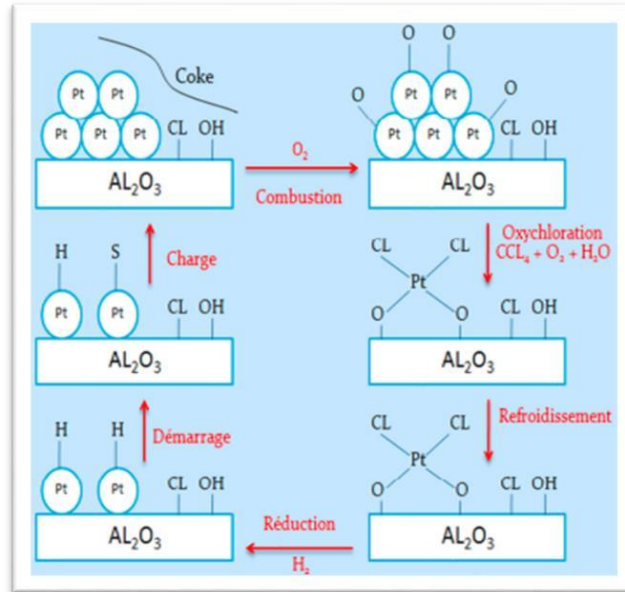


Figure III.7 : Cycle activation – régénération

Partie II :

Pratique

I -Calcul de performance du catalyseur d'UOP R86 avant régénération.**I-1. Calcul du bilan matière et rendements des produits :****I-1.1 Débits massiques des constituants liquides :**

A partir des débits volumiques relevés sur FR, les débits massiques sont calculés en prenant les densités de produits corrigés aux températures réelles : [9]

$$Q_m \text{ (t/h)} = \text{Débit volumique} \times d^{15}_{\text{réelle}} \times \text{facteur de correction (k)} \dots\dots\dots \text{(I-1)}$$

Avec : $k = (d^t_{\text{d, Corrigée}} / d^t_{\text{r, Corrigée}})^{1/2}$

$d^t_{\text{d, Corrigée}} = d^{15}_{\text{design}} - a_1 (t_{\text{design}} - 15)$

$a_1 = 0.001828 - (0.00132/1.0066) \cdot d^{15}_{\text{design}} \cdot dt$

$r, \text{ Corrigée} = d^{15}_{\text{réelle}} - a_2 (t_{\text{réelle}} - 15)$

$a_2 = 0.001828 - (0.00132/1.0066) \cdot d^{15}_{\text{réelle}}$

Q_m : Débit massique du liquide en t/h.

$d^t_{\text{r, Corrigée}}$: densité réelle du liquide à la température du service.

$d^t_{\text{d, Corrigée}}$: densité design du liquide à la température du service.

d^{15}_{design} : densité design du liquide à 15 °C.

$d^{15}_{\text{réelle}}$: densité réelle du liquide à 15°C.

t_{design} : Température design du liquide en °C.

$t_{\text{réelle}}$: Température réelle du liquide en °C.

Tableau I-1 : Données de base pour les constituants liquides. [10]

| | Charge HSRN | Unifinat | Reformat | 12D6 Liq G.P.L Vers U13 |
|--|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| Instrument | 12FRC1 | 12FRC9 | 12FR15 | 12FR13 |
| d^{15}_{design} | 0.722 | 0.738 | 0.782 | 0.50 |
| T_{des} (°C) | 38 | 94 | 38 | 38 |

I-1.2 Débits massiques des constituants gazeux :

$$Q_m(\text{t/h}) = \text{Débit volumique} \times d^{15}_{\text{Sch},r} \times \text{fact de correction}(k') \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{I-2})$$

Avec : $k' = (d_{15\text{design}}/d_{15\text{Sch},r})^{1/2} \times [(P_r + 1,03) / (P_{\text{design}} + 1,03)]^{1/2} \times [(T_{\text{design}} + 273) / (T_r + 273)]^{1/2}$

Q_m : Débit massique du gaz en t/h.

$d^{15}_{\text{Sch},\text{Pro}}$: densité réelle du gaz (densité schilling). d^{15}_{design} : densité design du gaz.

P_r : Pression réelle du gaz en Kg/cm².

P_{design} : Pression design du gaz en Kg/cm².

T_{design} : Température design du gaz en °C.

T_r : Température réelle du gaz en °C.

Tableau I -2 : Données de base pour les constituants gazeux.[10]

| | 12D1 Gaz | 12D2 Gaz Vers 11C7 | 12D6 Gaz | Gaz Vers Hydrobon | Gaz de recyclage |
|--|-------------|-----------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| Instrument | 12FR2 | 12FR3 | 12FR12 | 12FR36 | 12FRAL8 |
| T_{des} (°C) | 38 | 38 | 38 | 68 | 68 |
| d¹⁵_{Sh, des} | 0.231 | 1.24 | 1.09 | 0.345 | 0.345 |
| P_{des} (Kg/cm²) | 17.8 | 10.5 | 34.5 | 24.5 | 24.5 |

I-1.3 Rendements des produits :

A la suite de calcul des débits massiques charge et soutirage, le rendement est déterminé comme suit :

$$\eta = (Q_{\text{produit}} / Q_{\text{charge}}) \times 100 \dots\dots\dots (\text{I-3})$$

I-1.4 Résultats des calculs :

Les tableaux suivants représentent des débits massiques des gaz et des liquides.

Les tableaux suivants représentent le calcul de bilan matière de l'unité de reformage catalytique ainsi que les rendements des produits pendant une période allant de 12/10/2024 au 31/10/2024.

Tableau I-3 : Bilan matière de la section hydrobon (voir l'annexe II).

| | Flux entrant | | Flux sortant | | |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
| | Charge HSRN Tt (-è 12FRC1 | Gaz Vers Hydrobon12FR36 | 12D2 Gaz Vers11C7 12FR3 | 12D1 Gaz 12FR2 | Unifinat 12FRC9 |
| Débit massique (t/hr) | 39.73 | 1.04 | 0.31 | 0.74 | 39.69 |
| Rendement (% pds) | | | | 1.87 | 99.87 |
| Débit massique (t/hr) | 39.46 | 0.99 | 0.32 | 0.70 | 39.43 |
| Rendement (% pds) | | | | 1.77 | 99.90 |
| Débit massique (t/hr) | 39.44 | 0.74 | 0.29 | 0.25 | 38.83 |
| Rendement (% pds) | | | | 13.34 | 98.44 |
| Débit massique (t/hr) | 39.94 | 0.67 | 0.26 | 0.51 | 35.59 |
| Rendement (% pds) | | | | 12.84 | 89.10 |

Tableau I-4 : Bilan matière de la section reforming (voir l'annexe II).

| | | Flux entrant | Flux intermédiaire | Flux sortant | | | |
|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|------------------------|
| | | Unifinat 12FRC9 | Gaz de recyclage 12FRAL8 | 12D 6 Gaz 12F R12 | Gaz Vers Hydrobon 12FR36 | 12D6 Liq G.P.L Vers U13 12FR13 | Reform at 12FR15 |
| 12-17/10/2024 | Débit massique (t/hr) | 39.69 | 16.78 | 0.34 | 1.04 | 2.19 | 33.78 |
| | Rendement (% pds) | | | | 2.63 | 5.53 | 85.02 |
| 17-22-/10/2024 | Débit massique (t/hr) | 39.43 | 17.19 | 0.30 | 0.99 | 2.32 | 33.42 |
| | Rendement (% pds) | | | | 2.52 | 5.88 | 84.68 |
| 22-27/10/2024 | Débit massique (t/hr) | 38.83 | 18.32 | 0.29 | 0.74 | 0.29 | 31.54 |
| | Rendement (% pds) | | | | 1.89 | 6 | 79.97 |
| 27-31/10/2024 | Débit massique (t/hr) | 35.59 | 18.51 | 0.21 | 0.67 | 2.75 | 28.76 |
| | Rendement (% pds) | | | | 1.68 | 6.90 | 71.99 |
| Design | Rendement (%pds) | | | | | | 84 |

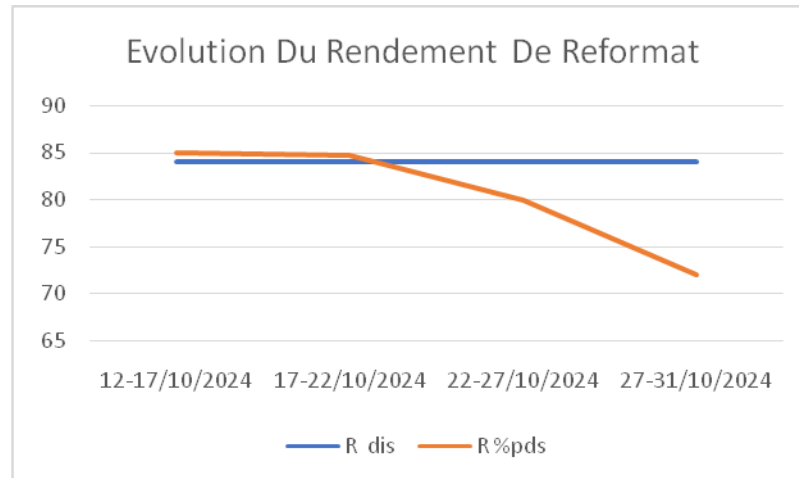


Figure I-1 : représente l'évolution du rendement de reformat en fonction du temps.

- Interprétation des résultats :

Le rendement en reformat d'après l'UOP pour un indice d'octane NO=98 est de 84%, pour notre cas le rendement pour un indice d'octane NO=94 est de 72%, ceci montre que les sites actifs du catalyseur R86 sont saturés et nécessite une régénération pour améliorer sa performance.

I-2 Calcul des taux de conversion et des rendements des familles d'hydrocarbures :

Pour effectuer le calcul, nous avons besoin de la charge en paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques dans l'unifinat et dans le reformat ; cette composition est donnée dans le tableau **I-5**.

Ce calcul permet de voir l'évolution des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur pendant la période allant de 12/10/2024 au 31/10/2024 (**voir Annexe III**).

Le tableau **I-5** représente la composition en paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques (PONA) dans la charge et dans le reformat.

Tableau I-5 : Composition en paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques (PONA) dans la charge et dans le reformat.

| | | P | O | N | A | Débit volumique |
|---------------|----------|-------|------|-------|-------|-------------------|
| | | %Vol | | | | m ³ /h |
| 12-17/10/2024 | Unifinat | 59.62 | 0 | 30.18 | 10.20 | 53.57 |
| | Reformat | 34.04 | 0.10 | 11.16 | 54.70 | 42.77 |
| 17-22/10/2024 | Unifinat | 60.59 | 0 | 29.31 | 10.10 | 53.16 |
| | Reformat | 33.34 | 0.10 | 11.56 | 55 | 42.35 |
| 22-27/10/2024 | Unifinat | 59.99 | 0 | 30.31 | 9.70 | 52.32 |
| | Reformat | 35.36 | 0.10 | 8.33 | 56.22 | 39.77 |
| 27-31/10/2024 | Unifinat | 61.30 | 0 | 29.90 | 8.80 | 47.96 |
| | Reformat | 34.90 | 0.10 | 8.12 | 56.88 | 36.26 |

I-2.1 Taux de conversion des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs de la section de reforming :

I-2.1. a Taux de conversion total des familles hydrocarbures lors du

Reformage de l'unifinat en reformat (Totta) :

Donnée par les formules suivantes :

$$T_{\text{totalP}} = (\Delta P / P_{\text{unifinat}}) * 100 \dots\dots\dots \text{(I-4)}$$

$$T_{\text{totalN}} = (\Delta N / N_{\text{unifinat}}) * 100 \dots\dots\dots \text{(I-5)}$$

$$T_{\text{totalA}} = (\Delta A / A_{\text{reformat}}) * 100 \dots\dots\dots \text{(I-6)}$$

ΔP : Le débit volumique des paraffines transformées.

ΔN : Le débit volumique des naphènes transformées.

ΔA : Le débit volumique en aromatiques transformées.

P_{unifinat} , N_{unifinat} , A_{unifinat} : Les débits volumiques des familles hydrocarbures dans la charge.

Préformat, Nréformat, Aréformat : Les débits volumiques des familles hydrocarbures dans reformat.

Les résultats sont regroupés dans le tableau I-6.

Tableau I-6 : Taux de conversion total des familles d’hydrocarbures.

| | Débit volumique (m ³ /h) | | | Taux de conversion total (%Vol) | | |
|---------------|-------------------------------------|--------|-------|---------------------------------|----------|----------|
| | Δ P | Δ N | Δ A | Ttotal P | Ttotal N | Ttotal A |
| 12-17/10/2024 | -17.38 | -11.39 | 17.93 | -54.42 | -70.48 | 76.64 |
| 17-22/10/2024 | -18.09 | -10.68 | 17.92 | -56.17 | -68.58 | 76.94 |
| 22-27/10/2024 | -17.32 | -12.54 | 17.28 | -55.19 | -79.10 | 77.30 |
| 27-31/10/2024 | -16.74 | -11.39 | 16.40 | -56.95 | -79.46 | 79.53 |

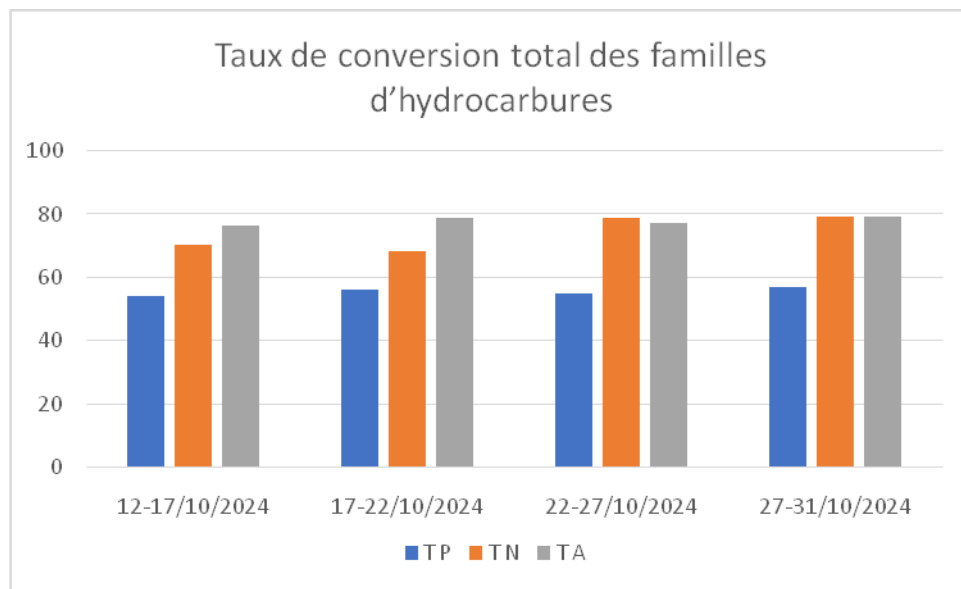


Figure I-2 : représente le taux de conversion total des familles d’hydrocarbures.

I-2.1. b Taux de conversion des familles hydrocarbures dans chaque réacteur : [11]

- **En aromatiques :** donnée par la formule suivante :

$$T_{A1} = (\Delta T 1 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total A}} \dots\dots\dots \text{(I-7)}$$

$$T_{A2} = (\Delta T 2 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total A}} \dots\dots\dots \text{(I-8)}$$

$$T_{A3} = (\Delta T 3 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total A}} \dots \dots \dots \text{(I-9)}$$

T_{A1} , T_{A2} , T_{A3} : Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur.

$\Delta T 1$, $\Delta T 2$, $\Delta T 3$: La différence de température dans chaque réacteur.

$\Delta T \text{ total}$: La somme des différences de température dans chaque réacteur.

Les résultats sont regroupés dans le tableau I-7.

Tableau I-7 : Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur.

| | ΔT total | $\Delta T 1$ | $\Delta T 2$ | $\Delta T 3$ | T_{A1} | T_{A2} | T_{A3} |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| | °C | | | | %Vol | | |
| 12-17/10/2024 | 106 | 72 | 22 | 12 | 52,05 | 15,90 | 8,67 |
| 17-22/10/2024 | 104 | 69 | 25 | 10 | 51,04 | 18,49 | 7,39 |
| 22-27/10/2024 | 92 | 63 | 21 | 8 | 52,93 | 17,64 | 6,72 |
| 27-31/10/2024 | 92 | 64 | 21 | 7 | 55,32 | 18,15 | 6,05 |

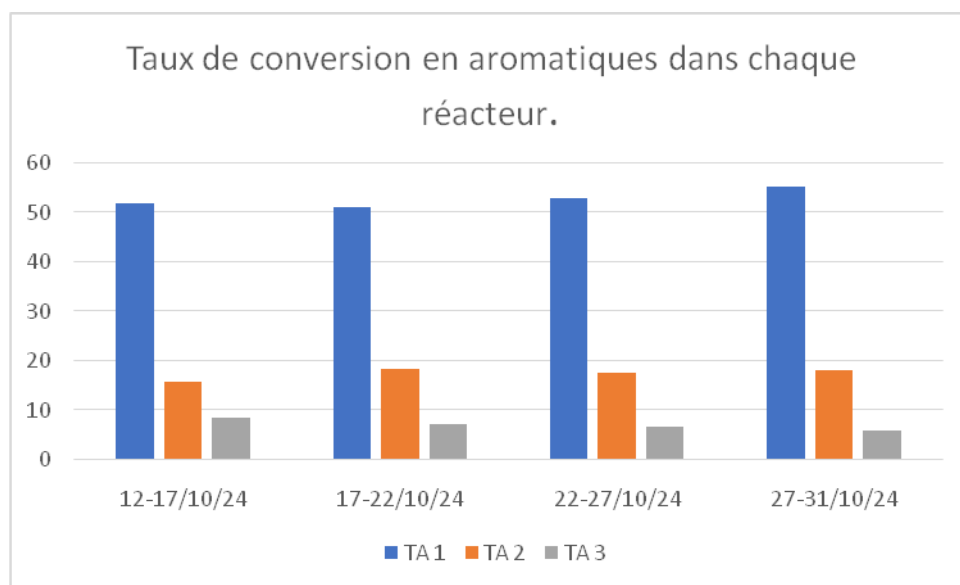


Figure I-3 : Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur.

- Interprétation des résultats :

Cet histogramme représente le taux de conversion des aromatiques dans chaque réacteur, On remarque qu'une grande conversion en aromatique dans le premier réacteur est inférieure au design car la différence de température dans le premier réacteur est inférieure au 70°C sachant que la réaction principale du reformage catalytique qui a une forte endo-thermicité se déroulera dans le premier réacteur, nous résumons que le premier réacteur est saturé.

- **Des naphènes :** donnée par la formule suivante :

$$T_{N1} = (\Delta T 1 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total}} \dots\dots\dots(\text{I-10})$$

$$T_{N2} = (\Delta T 2 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total}} \dots\dots\dots(\text{I-11})$$

$$T_{N3} = (\Delta T 3 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total}} \dots\dots\dots(\text{I-12})$$

T_{N1} , T_{N2} , T_{N3} : Taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur.

Les résultats sont regroupés dans le tableau **I-8**.

Tableau I-8 : Taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur.

| | ΔT total | $\Delta T 1$ | $\Delta T 2$ | $\Delta T 3$ | T_{N1} | T_{N2} | T_{N3} |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| | °C | | | | %Vol | | |
| 12-17/10/2024 | 106 | 72 | 22 | 12 | 47,87 | 14,62 | 7,97 |
| 17-22/10/2024 | 104 | 69 | 25 | 10 | 45,50 | 16,48 | 6,59 |
| 22-27/10/2024 | 92 | 63 | 21 | 8 | 54,16 | 18,05 | 6,87 |
| 27-31/10/2024 | 92 | 64 | 21 | 7 | 55,27 | 18,13 | 6,04 |

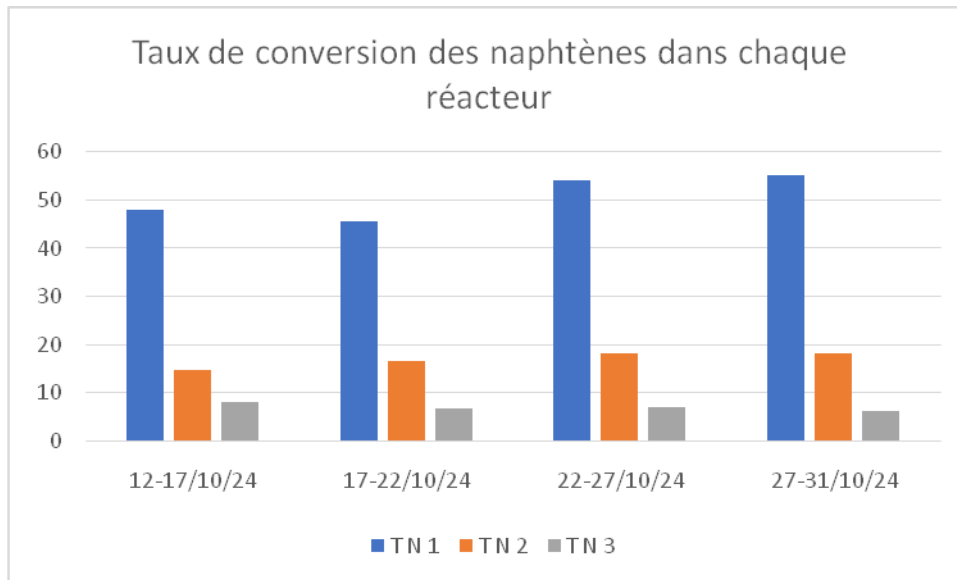


Figure I-4 : représente le taux de conversion des naphthènes dans chaque réacteur.

- Interprétation des résultats :

Cet histogramme représente le taux de conversion des Naphthènes dans chaque réacteur, La valeur du premier réacteur est inférieure au désign implique que le catalyseur a perdu une certaine activité, nous résumons que la réaction désirée n'est pas totalement appliquée.

- **Des paraffines :** donnée par la formule suivante :

$$T_{P1} = (\Delta T 1 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total P}} \dots\dots\dots \text{(I-13)}$$

$$T_{P2} = (\Delta T 2 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total P}} \dots\dots\dots \text{(I-14)}$$

$$T_{P3} = (\Delta T 3 / \Delta T \text{ total}) * T_{\text{total P}} \dots\dots\dots \text{(I-15)}$$

T_{P1} , T_{P2} , T_{P3} : Taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur.

Les résultats sont regroupés dans le tableau I-9.

Tableau I-9 : Taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur.

| | ΔT total | ΔT 1 | ΔT 2 | ΔT 3 | T_{P1} | T_{P2} | T_{P3} |
|---------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| | °C | | | | %Vol | | |
| 12-17/10/2024 | 106 | 72 | 22 | 12 | 36,96 | 11,29 | 6,16 |

| | | | | | | | |
|---------------|-----|----|----|----|-------|-------|------|
| 17-22/10/2024 | 104 | 69 | 25 | 10 | 37,26 | 13,50 | 5,40 |
| 22-27/10/2024 | 92 | 63 | 21 | 8 | 37,79 | 12,59 | 4,79 |
| 27-31/10/2024 | 92 | 64 | 21 | 7 | 39,61 | 12,99 | 4,33 |

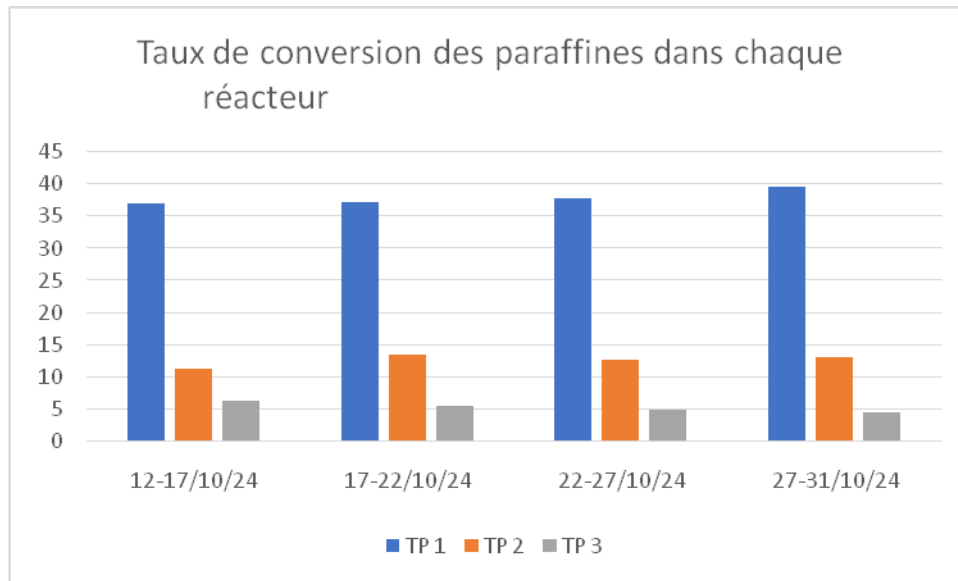


Figure I-5 : représente le taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur.

I-2.2 Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur :

Les rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur sont donnés par les formules suivantes :

○ Pour le premier réacteur

$$\eta_{A1} = ((A_{unifinat} + (TA_1 / T_{totalA}) * \Delta A) / Q_{unifinat}) * 100 \dots\dots\dots(I-16)$$

$$\eta_{N1} = ((N_{unifinat} - (TN_1 / T_{totalN}) * \Delta N) / Q_{unifinat}) * 100 \dots\dots\dots(I-17)$$

$$\eta_{P1} = ((P_{unifinat} - (TP1 / T_{totalP}) * \Delta P) / Q_{unifinat}) * 100 \dots\dots\dots(I-18)$$

○ Pour le deuxième réacteur

$$\eta_{A2} = \eta_{A1} + ((TA_2 / T_{total A}) * \Delta A / Q_{unifinat}) * 100 \dots\dots\dots(I-19)$$

$$\eta_{N2} = \eta_{N1} - ((TN_2 / T_{total N}) * \Delta N / Q_{unifinat}) * 100 \dots\dots\dots(I-20)$$

$$\eta_{P2} = \eta_{P1} - ((T_{P2}/T_{total P}) * \Delta P / Q_{unifinat}) * 100 \dots \dots \dots (I-21)$$

○ Pour le dernier réacteur

$$\eta_{A3} = \eta_{A2} + ((T_{A3}/T_{total A}) * \Delta A / Q_{unifinat}) * 100 \dots \dots \dots (I-23)$$

$$\eta_{N3} = \eta_{N2} - ((T_{N3}/T_{total N}) * \Delta N / Q_{unifinat}) * 100 \dots \dots \dots (I-24)$$

$$\eta_{P3} = \eta_{P2} - ((T_{P3}/T_{total P}) * \Delta P / Q_{unifinat}) * 100 \dots \dots \dots (I-25)$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau I-10.

Tableau I-10 : Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur.

| | 1 ^{ier} Réacteur | | | 2 ^{ème} Réacteur | | | 3 ^{ème} Réacteur | | |
|-------------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|
| | η_{A1} | η_{N1} | η_{P1} | η_{A2} | η_{N2} | η_{P2} | η_{A3} | η_{N3} | η_{P3} |
| | % Vol | | | | | | | | |
| 12- 17/10/2024 | 32,92 | 15,72 | 37,58 | 39,86 | 11,31 | 30,85 | 43,65 | 8,90 | 27,17 |
| 17- 22/10/2024 | 32,46 | 15,97 | 38,01 | 40,56 | 11,14 | 29,83 | 43,81 | 9,21 | 26,56 |
| 22- 27/10/2024 | 32,30 | 13,88 | 37,30 | 39,84 | 8,41 | 29,75 | 42,71 | 6,32 | 26,87 |
| 27- 31/10/2024 | 32,58 | 13,37 | 36,22 | 40,39 | 7,95 | 28,25 | 42,98 | 6,15 | 25,31 |

Les graphes suivants représentent l'écart des rendements des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs :

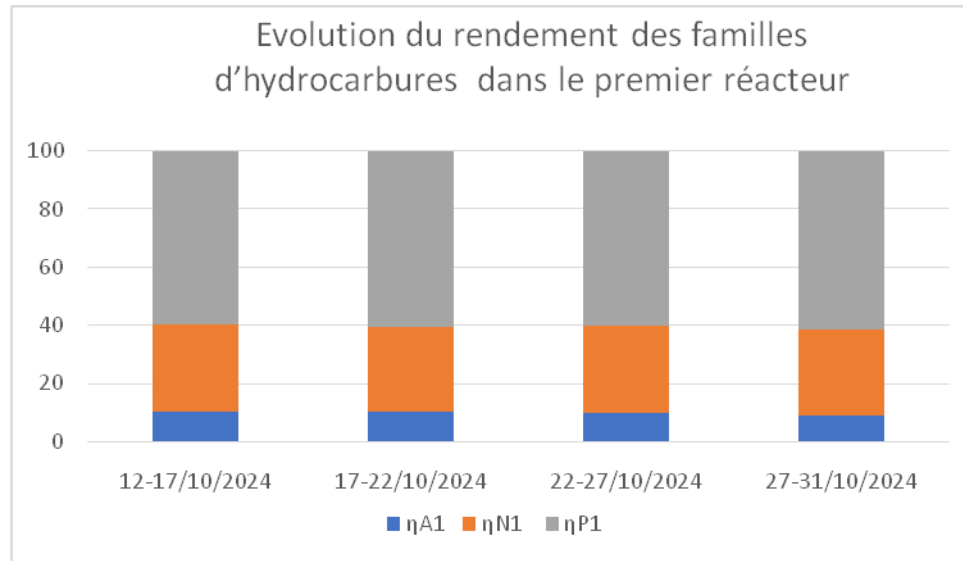


Figure I-6 : représente l'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le premier réacteur.

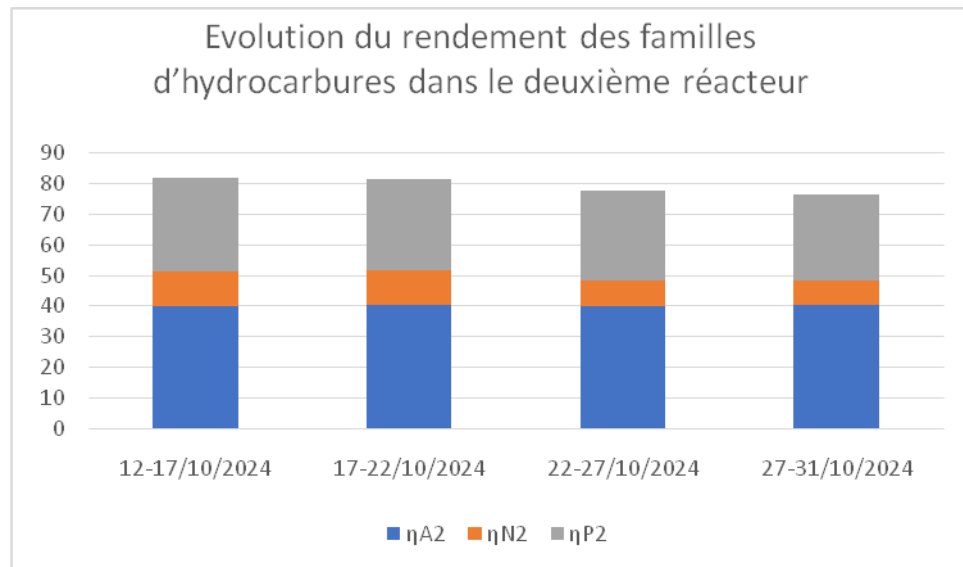


Figure I-7 : représente l'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le deuxième réacteur.

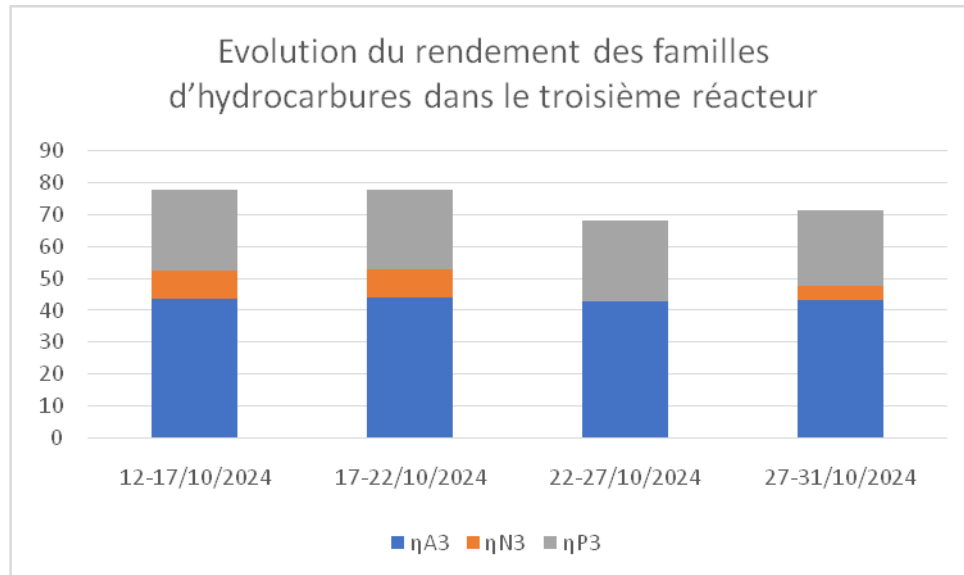


Figure I-8 : représente l'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le troisième réacteur.

- Interprétation des résultats :

Ces histogrammes représentent les rendements des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs, est due aux :

- Rendements élevés des aromatiques par rapport des autres familles indique que la conversion rapide des naphthènes dans le premier réacteur, et l'accroissement en parallèle des aromatiques celui-ci montre que la réaction principale dans ce réacteur est la déshydrogénation des naphthènes en aromatiques qui est favorisée.
- Un rendement élevé des paraffines implique une faible sélectivité du catalyseur ce qui favorise des réactions parasites comme le craquage catalytique, alors nous résumons une faible conversion des paraffines dans les trois réacteurs, ceci s'explique par la faible vitesse de la réaction de déshydro cyclisation des paraffines.

I-3 Calcul des paramètres de fonctionnement de la section de reforming :

Les caractéristiques des charges et produits aux designs sont regroupés dans l'**annexe III**.

I-3.1 Le rapport hydrogène/hydrocarbure (H₂/HC) :

C'est le rapport entre le nombre de moles d'hydrogène recyclé et le nombre de moles d'hydrocarbures de la charge, et donnée par la formule suivante [11] :

$$H_2/HC = (V_{gr} * \%H_2 * M_{CH}) / (22.4 * P_{CH} * V_{CH}) * 100 \dots \dots \dots (I-26)$$

V_{gr} : Débit volumique de gaz de recyclage (m³/h).

V_{CH} : Débit volumique de la charge (m³/h).

M_{CH} : Masse moléculaire de la charge (g/mole).

P_{CH} : Masse volumique de la charge (Kg/m³).

$\%H_2$: Pourcentage volumique d l'H₂ dans le gaz de recyclage.

Les résultats sont regroupés dans le tableau I-11.

Tableau I-11 : Evolution du rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps.

| | V_{gr} (m ³ /h) | V_{CH} (m ³ /h) | M_{CH} (g/mole) | P_{CH} (Kg/m ³) | $\%H_2$ | H_2/HC | Design 3,5 à 6 |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------|----------|-------------------|
| 12-17/10/2024 | 55594,71 | 53,96 | 110 | 0,7433 | 82,16 | 5,59 | |
| 17-22/10/2024 | 56928,91 | 55,64 | 110 | 0,7433 | 82,36 | 5,56 | |
| 22-27/10/2024 | 60683,96 | 52,32 | 110 | 0,7433 | 81,41 | 6,23 | |
| 27-31/10/2024 | 61321,81 | 47,96 | 110 | 0,7433 | 82,28 | 6,95 | |

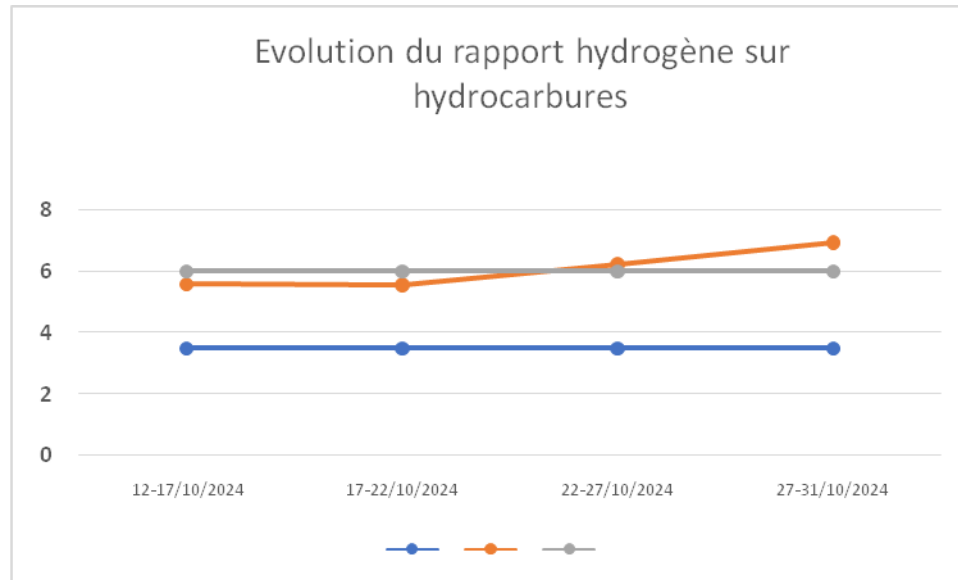


Figure I-9 : représente l'évolution du rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps.

- Interprétation des résultats :

La courbe montre que le rapport hydrogène/hydrocarbure (H₂/HC) est du même ordre que le design.

I- 3.2 La vitesse spatiale VVH :

C'est le rapport entre le débit volumique de la charge et le volume du catalyseur, et donnée par la formule suivante :

$$VVH = G_{Ch} / V_{Cat} \dots\dots\dots (I-27)$$

G_{Ch} : Le débit volumique de la charge en m³/hr.

V_{Cat} : Le volume de catalyseur en m³.

Les résultats sont regroupés dans le tableau **I-12**.

Tableau I-12 : Evolution de La vitesse spatiale en fonction du temps.

| | G _{Ch} (m ³ /h) | V _{CH} (m ³) | VVH (1/h) | Design |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------|---------|
| 12-17/10/2024 | 53,96 | 35,98 | 1,49 | 1.6 h-1 |
| 17-22/10/2024 | 55,64 | 35,98 | 1,54 | |
| 22-27/10/2024 | 52,32 | 35,98 | 1,45 | |
| 27-31/10/2024 | 47,96 | 35,98 | 1,33 | |

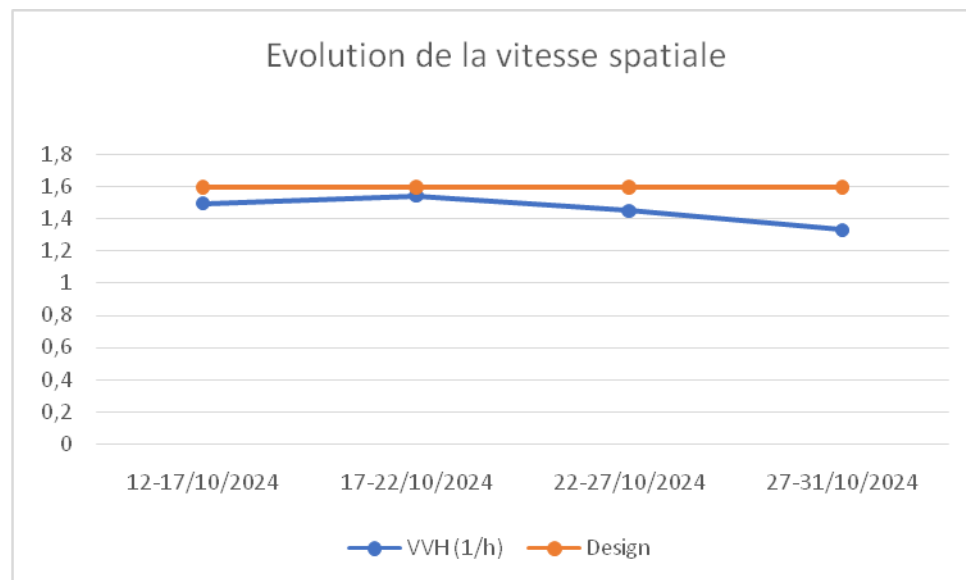


Figure I-10 : représente l'évolution de la vitesse spatiale en fonction du temps.

- Interprétation des résultats :

La courbe montre que la vitesse spatiale est du même ordre que le design.

I-3.3 Le rapport Eau/Chlore :

L'injection d'eau est pour maintenir de la balance eau /chlore dans le catalyseur (Inhibiteur du catalyseur en particulier de la fonction acide), et donnée par la formule suivante

$$\text{Eau/Chlore} = \frac{[(\text{H}_2/\text{HC}) \times \text{XH}_2\text{O} + \text{Inj H}_2\text{O} \times (\text{MM Charge} / \text{MM H}_2\text{O})]}{[(\text{H}_2/\text{HC}) \times \text{XHCl} + \text{Inj TCE} \times (\text{MM Charge} / \text{MM Chlore})]} \quad (\text{I-28})$$

H₂O : Quantité de l'eau dans le gaz de recyclage.

X_{HCl} : Quantité de HCl dans le gaz de recyclage.

Inj TCE : Quantité de TCE (tétrachloroéthyle) injectée dans la charge.

Inj H₂O : Quantité d'eau injectée dans la charge.

MM Charge, MM Chlore et MMH₂O : masses moléculaires.

Les résultats sont regroupés dans le tableau I-13.

Tableau I-13 : Evolution du rapport Eau/Chlore en fonction du temps

| | %Vol | | Ppm | | G/mole | | | H ₂ /HC | H ₂ O/CL |
|---------------|----------|----------------------|------------|-------------------------|--------------|--------------|------------------------|--------------------|---------------------|
| | XH Cl | XH ₂ O | Inj TCE | Inj H ₂ O | MM Charge | MM Chlore | MM H ₂ O | | |
| 12-17/10/2024 | 0,4 | 18,75 | 1,2 | 4 | 110 | 35,5 | 18 | 5,52 | 21,58 |
| 17-22/10/2024 | 0,4 | 11 | 0,6 | 4 | 110 | 35,5 | 18 | 5,51 | 20,93 |
| 22-27/10/2024 | 0,4 | 12,5 | 0,6 | 4 | 110 | 35,5 | 18 | 5,28 | 22,77 |
| 27-31/10/2024 | 0,5 | 11,2 | 0,6 | 4 | 110 | 35,5 | 18 | 5-,27 | 18,57 |
| Design | | | | | | | | | 10 à 20 |

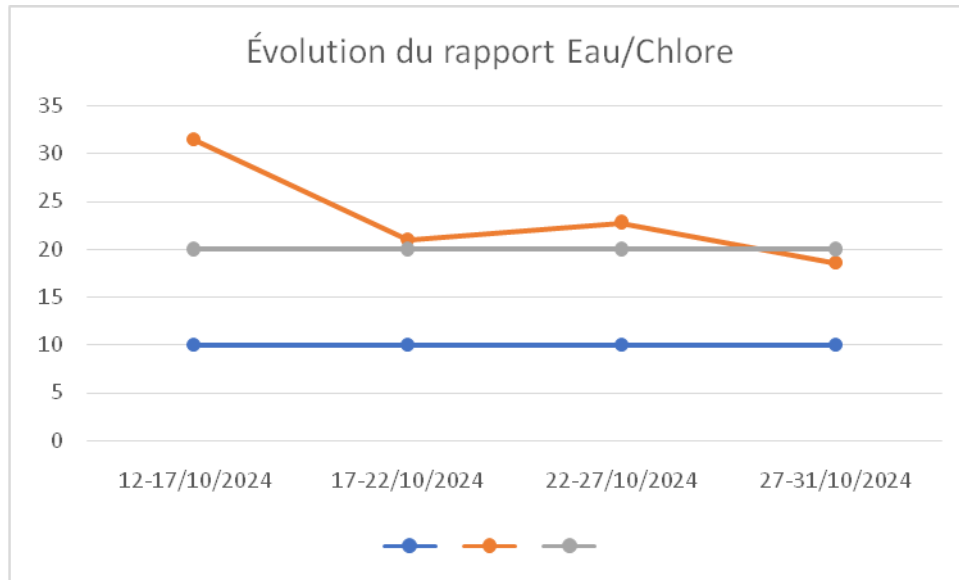


Figure I-11 : représente l'évolution du rapport Eau/Chlore en fonction du temps.

I-3.4 Teneur en chlore sur le catalyseur R86 :

Le chlore exalte la fonction acide du catalyseur, son teneur est donnée par la formule suivante[9]:

$$\% \text{ Cl/Cat} = 1,7 - 0,504 \text{Log} (\text{H}_2\text{O/Chlore}) + 0,0032 * (508 - \text{WABT}) \dots\dots\dots (\text{I-29})$$

WABT : Température moyenne pondérée du lit catalytique (Weighted Average Bed température)

Avec :

$$\text{WABT} = F_i (T_i^e + T_i^s) / 2 \dots\dots\dots (\text{I-30})$$

F_i : La distribution en % massique du catalyseur dans les trois réacteurs. (20% R1, 30% R2, 50% R3)

T_i^e : Température d'entrée dans chaque réacteur. **T_i^s :** Température de sortie dans chaque réacteur.

Tableau I-14 : Evolution du teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps.

Les résultats sont regroupés dans le tableau **I-14**.

| | 1 ^{ère} Réacteur | | | 2 ^{ème} Réacteur | | | 3 ^{ème} Réacteur | | | WABT | H ₂ O/Cl | Cl/Cat (% pds) |
|---------------|---------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|---------|---------------------|----------------|
| | T1e | T1s | F1 | T2e | T2s | F2 | T3e | T3s | F3 | | | |
| | °C | | | | | | | | | | | |
| 12-17/10/2024 | 516 | 444 | 0,2 | 516 | 488 | 0,3 | 517 | 505 | 0,5 | 502,1 | 31,45 | 0,96 |
| 17-22/10/2024 | 516 | 448 | 0,2 | 516 | 491 | 0,3 | 516 | 506 | 0,5 | 502,95 | 20,93 | 1,05 |
| 22-27/10/2024 | 516 | 481 | 0,2 | 516 | 494 | 0,3 | 516 | 507 | 0,5 | 506,95 | 22,77 | 1,01 |
| 27-31/10/2024 | 516 | 452 | 0,2 | 515 | 494 | 0,3 | 515 | 508 | 0,5 | 503,9 | 18,57 | 1,07 |
| Design | | | | | | | | | | 530 max | 10 à 20 | 0.9 à 1.2 |

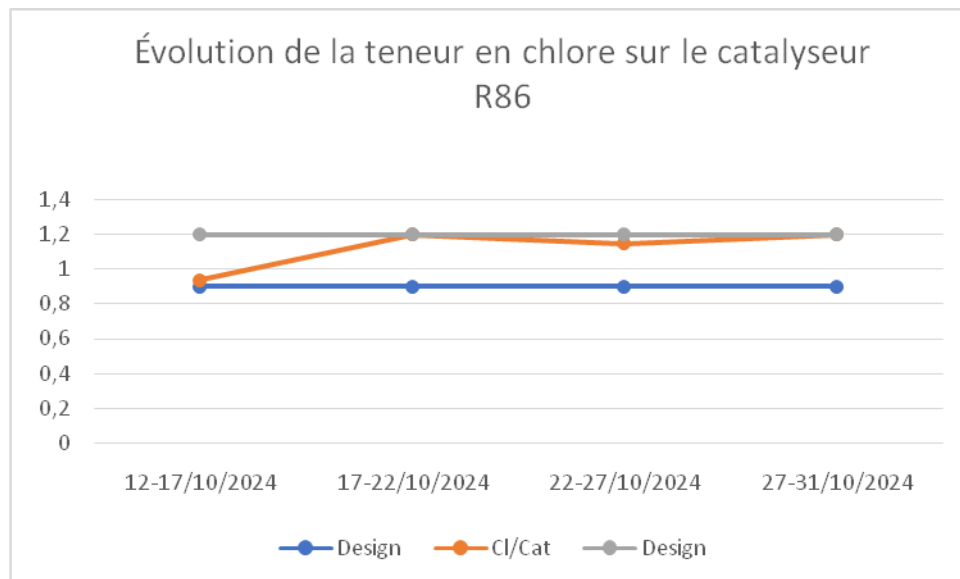


Figure I-12 : représente l'évolution du teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps.

II-Etude de la régénération du Catalyseur R86

II-1 Calcul de la quantité du Chlore à injecter pendant la régénération du Catalyseur R86

La figure II-1 représente l'évolution de la combustion des trois réacteurs en mois de novembre 2024 :

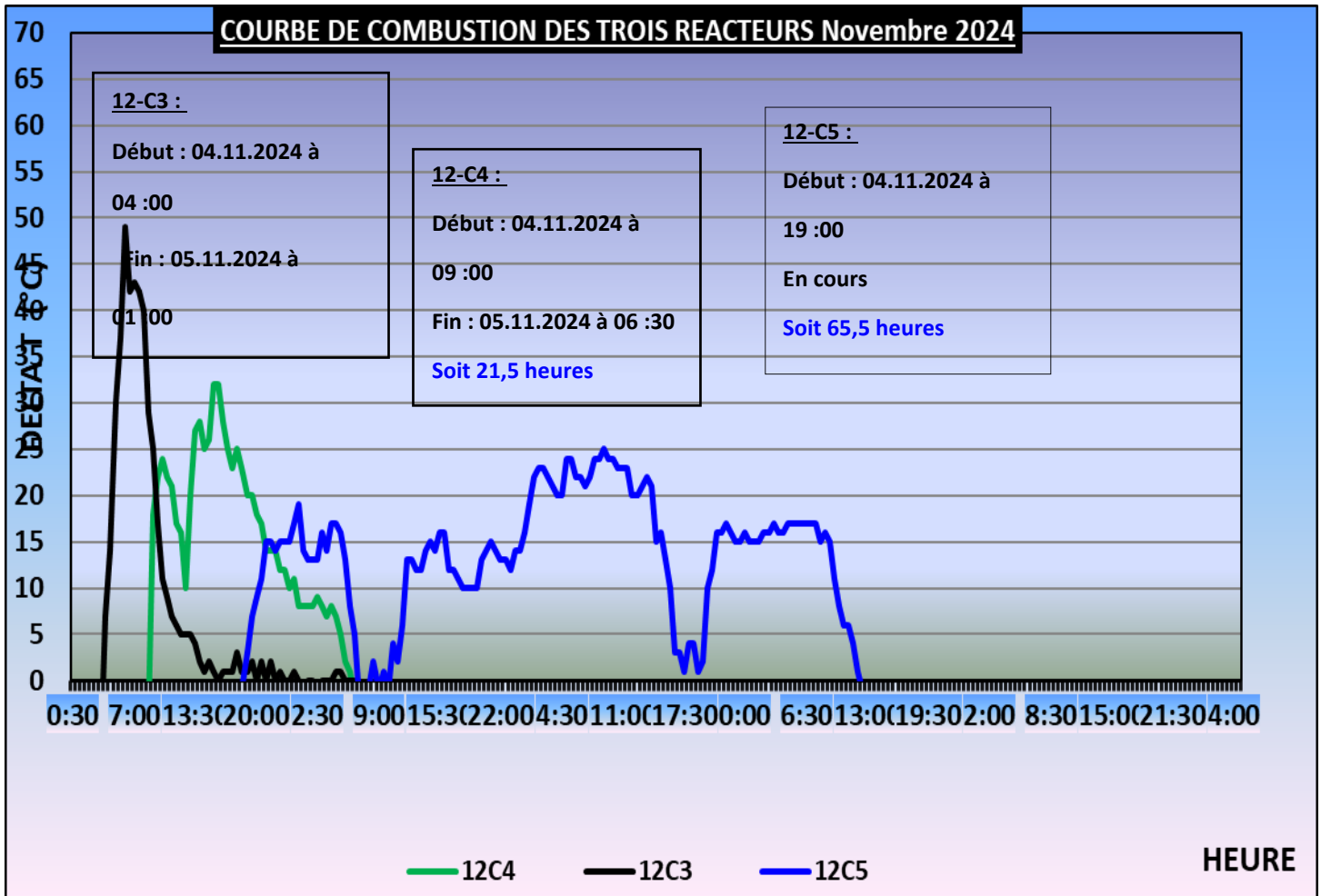


Figure II-1 : L'évolution de la combustion des trois réacteurs en mois de janvier 2024

II-1.1 Conditions opératoires de la régénération

Les résultats sont regroupés dans le tableau II-1.

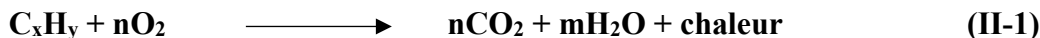
Tableau II-1 : Les conditions opératoires de la régénération.

| Température du ballon 12D5 | | Pression du ballon 12D5 | | Débit de gaz de recyclage | | Période de combustion | Période d'oxydation |
|----------------------------|-----|-------------------------|------|---------------------------|--------|-----------------------|---------------------|
| °F | ° C | Kg/cm ² | PSIA | Nm ³ /h | MMSCFD | Heures | Heures |
| 77 | 25 | 5,5 | 78,2 | 59000 | 50 | 128,5 | 14 |

II-1.2 La phase de combustion

La combustion s'effectuera à une température entrée réacteur de 385°C et une concentration d'oxygène maximum de 0.8mol% au niveau du refoulement du compresseur. Cette étape a pour but de minimiser l'emballement de la température ce qui engendre l'endommagement du catalyseur pendant l'étape d'oxydation.

Cette étape est une opération de régénération essentielle. Il comprend les transformations suivantes ; Le coke se dépose sur le site catalytique sous forme d'acide carbonique ($n\text{H}_2\text{CO}_3$), instable avec dégagement de la chaleur (réaction exothermique). Selon la réaction suivante :



La durée de cette étape dépend de la quantité de coke déposé sur le catalyseur lors de son fonctionnement. Généralement, c'est l'étape la plus longue.

II-1.2.1 Injection du TCE pendant la phase de combustion :

Durant la combustion et l'oxychloration, le gaz de recyclage est saturé en eau dans les conditions du ballon séparateur. À la saturation la pression partielle de l'eau ($\text{PP}(\text{H}_2\text{O})$) dans le gaz de recyclage est égale à la tension de vapeur de l'eau (TVH_2O).

Avec : $\text{PPH}_2\text{O} = \text{TVH}_2\text{O}$ à la température du ballon

Ce calcul permet de voir l'injection du TCE (**trichloro éthylène**) dans la phase de combustion dans chaque réacteur pendant la période de la régénération.

Calcul de la tension de vapeur d'eau :

La figure II-2 permet d'avoir la tension de vapeur d'eau (TV) en fonction de la température à partir des conditions du tableau II-1. Pour avoir la valeur de la tension de vapeur d'eau, on fait la projection de la température du ballon 12D5 sur l'axe des ordonnées et on trouve la valeur souhaitée.

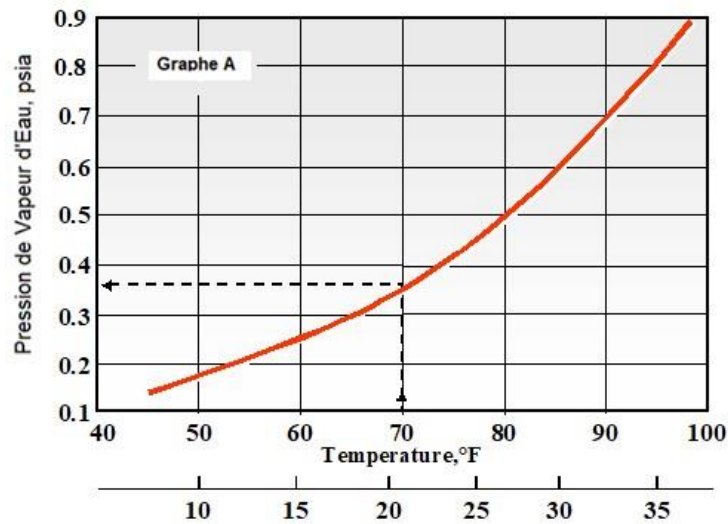


Figure II-2 : La tension de vapeur d'eau (TV) en fonction de la température

Le tableau ci-dessous donne la valeur de la tension de vapeur de l'eau à une température donnée. Les résultats sont regroupés dans le tableau II. 2.

Tableau II-2 : La tension de vapeur d'eau en fonction de la température dans la phase de combustion.

| Température du 12D5 | | TV (H ₂ O) |
|---------------------|-----|-----------------------|
| °F | ° C | PSIA |
| 77 | 25 | 0.47 |

Calcul du rapport de la tension de vapeur de l'eau absolue sur la pression absolue du séparateur (TV (H₂O) absolue / P absolue du séparateur)

La figure II-3 permet d'avoir le rapport de la tension de vapeur d'eau absolue / Pression absolue du séparateur.

Le rapport de la tension de vapeur de l'eau absolue sur la pression absolue du ballon 12D5 est trouvé par la projection du TV (H₂O) sur l'axe des ab-sis.

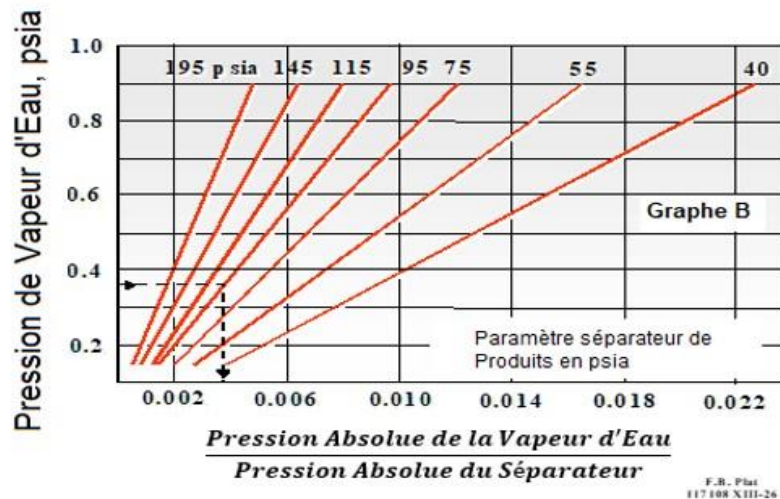


Figure II-3 : Le rapport de la tension de vapeur d'eau absolue / Pression absolue du séparateur

La concentration en eau du gaz de recyclage s'exprime alors par :

$$\text{Concentration en eau du gaz de recyclage} = \frac{(TV_{H_2O} \text{ à } t \text{ du ballon 12D5})}{(P \text{ du ballon 12D5})}$$

Le tableau ci-dessous donne la valeur du rapport de la tension de vapeur absolue sur la pression absolue du séparateur (12D5) (TV (H₂O) absolue / P absolue du séparateur) dans la phase de combustion pendant la période de la régénération. Les résultats sont regroupés dans le tableau II-3.

Tableau II-3 : Rapport de la tension de vapeur absolue sur la pression absolue du séparateur (TV (H₂O) absolue / P absolue du séparateur) dans la phase de combustion.

| Pression du 12 D5 | | TV (H ₂ O) | TV (H ₂ O abs /Pabs(12D5)) |
|-------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| PSIA | Kg/cm ² | PSIA | -- |
| 78,2 | 5,5 | 0,47 | 0,006 |

Calcul de l'eau du gaz de recyclage en livre môles / heure

La figure II.4 permet d'avoir l'eau du gaz de recyclage en livre môles / heure. L'eau du gaz de recyclage est déterminée par la projection du (TV (H₂O) abs /Pabs du (12D5)) sur l'axe des ordonnées pour un débit de 50 MMSCFD, et on trouve la valeur souhaitée.

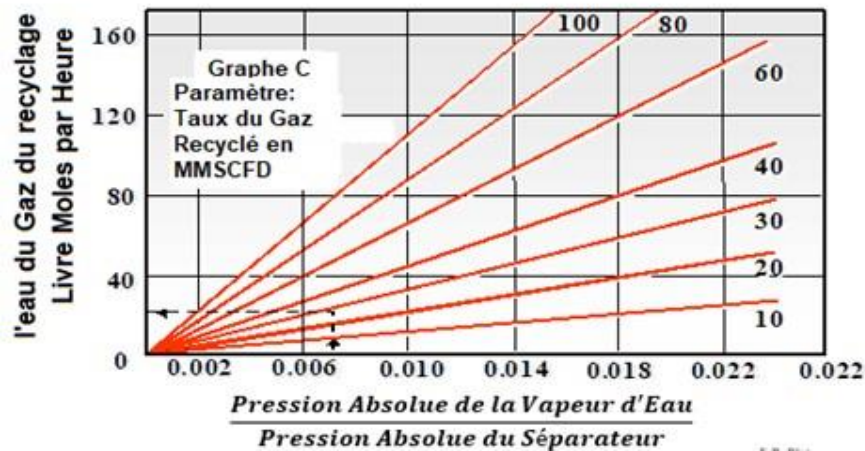


Figure II-4 L'eau du gaz de recyclage en livre môles / heure.

Le tableau ci-dessous donne la valeur de la quantité d'eau du gaz de recyclage dans la phase de combustion pendant la période de la régénération. Les résultats sont regroupés dans le tableau II-4.

Tableau II. 4 : La quantité d'eau du gaz de recyclage dans la phase de combustion.

| Taux de gaz recycle (débit) | | (TV (H ₂ O) abs /Pabs du (12D5)) | Quantité d'eau du gaz de recyclage |
|-----------------------------|--------------------|---|------------------------------------|
| MMSCFD | Nm ³ /h | -- | (Lb moles/h) |
| 50 | 59000 | 0,006 | 38 |

Calcul du poids de chlorure

La figure II.5 permet d'avoir Le poids de chlorure dans la phase de combustion. Pour obtenir le poids de chlorure, il faut faire une projection de la Quantité d'eau du gaz de recyclage sur le rapport H_2O / Cl et sur l'axe des abscisses puis on trouve le poids de chlorure.

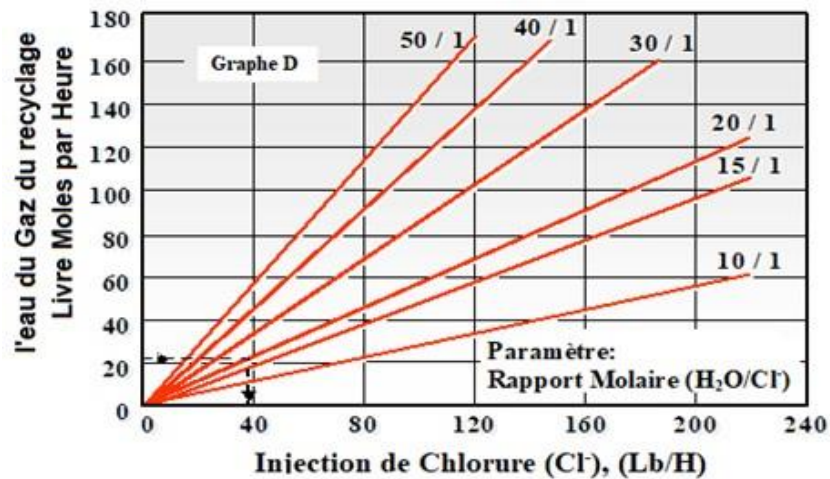


Figure II-5 : Le poids de chlorure dans la phase de combustion

Le tableau ci-dessous donne la valeur du poids de chlorure dans la phase de combustion pendant la période de la régénération. Les résultats sont regroupés dans le tableau II.5.

Tableau II. 5 : Le poids de chlorure dans la phase de combustion.

| Quantité d'eau du gaz de recyclage (Livre moles /Heure (Lb moles/h)) | Rapport H_2O / Cl | Poids de chlorure (lb/h) (Livre/h) |
|--|---------------------|------------------------------------|
| 38 | 20/1 | 60 |

Calcul du poids de chlorure organique

La figure II.6 permet d'avoir Le poids de chlorure organique dans la phase de combustion. La valeur du poids de chlorure organique est obtenue par la projection du poids de chlorure sur l'axe des ordonné avec l'utilisation du TCE.

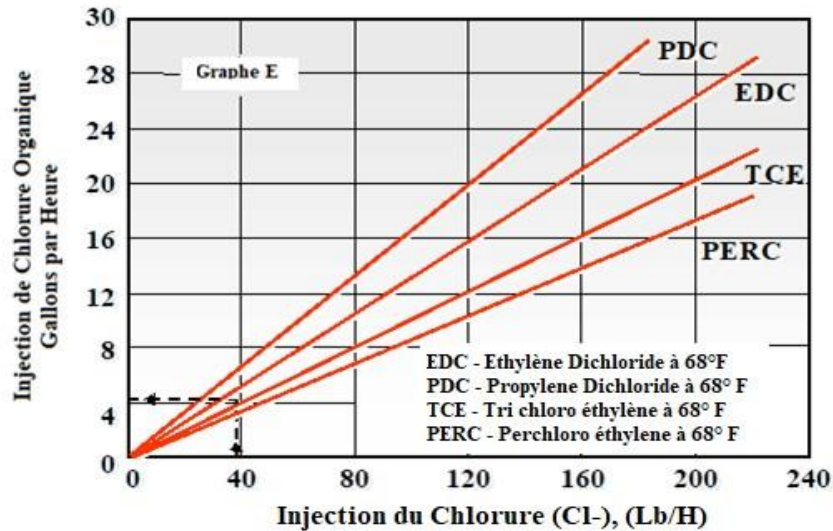


Figure. II-6 : Le poids de chlorure organique dans la phase de combustion

Le tableau ci-dessous donne la valeur du poids de chlorure organique dans la phase de combustion pendant la période de la régénération. Les résultats sont regroupés dans le tableau II-6.

Tableau II. 6 : Le poids de chlorure organique.

| Poids des chlorures (lb/h) | Injection de Chlore | | Descente LG Cm/h | Le niveau du ballon (LG) 1 cm LG = 2,75 litres |
|-------------------------------|---------------------|-------|---------------------|--|
| | gallon/h | (L/h) | | |
| 60 | 7 | 26,46 | 9,6 | |

II-2 Oxydation, chloration (Oxychloration)

L'oxydation du catalyseur est nécessaire, afin d'accomplir la phase de combustion, et activer les sites réactionnels et maintenir une dispersion totale sur la surface du catalyseur. Les métaux et le carbone résiduel sur les sites réactionnels sont brûlés durant cette phase. En Plus, elle consiste à disperser le platine sur toute sa surface active.

II- 2.1 Injection du TCE pendant la Phase d'oxydation

En utilisant les conditions d'oxydation citées dans le tableau (II-1), on détermine l'injection de TCE de la même façon en phase de combustion. D'après la figure exigences approximatives du rapport eau-chlorure en fonction de l'âge du catalyseur on déduit que le cycle du catalyseur est de 10 [12].

La figure II-7 permet d'avoir le rapport eau-chlorure en fonction de l'âge du catalyseur. Nous constatons de la figure ci-dessus que la surface d'échange en fonction de la croissance de la durée de vie du catalyseur.



Figure II- 7 : Le rapport eau-chlorure en fonction de l'âge du catalyseur

Les résultats de l'injection de TCE sont calculés à partir des figures précédentes qui sont regroupés dans le tableau II-7 suivants :

Tableau II. 7 : Résultats des paramètres d'injection du TCE pendant la phase d'oxydation.

| | | |
|-----------------------|--------------------|------|
| Température du 12D5 | °F | 77 |
| | °C | 25 |
| TV (H ₂ O) | PSIA | 0.47 |
| Pression du 12D5 | PSIA | 78 |
| | Kg/cm ² | 5.5 |

| | | |
|--|----------------------|-------|
| TV (H ₂ O) abs /Pabs du (12D5)) | 0.006 | |
| Taux de gaz recyclé (Débit) | MMSCFD | 50 |
| | Nm ³ /h | 59000 |
| Quantité d'eau du gaz de recyclage | Lb moles/h | 38 |
| Rapport H ₂ O/Cl ⁻ | 11/1 | |
| Poids de chlorure | Lb/h | 120 |
| Injection de Chlore | L/h | 45.36 |
| Descente LG | Cm/h | 16.5 |
| Le niveau du ballon (LG) | 1cm LG = 2.75 litres | |

II-2.2 Calcul de la quantité de Carbone brûlé par l'air dans la phase de combustion

La combustion du coke, nécessite l'apport d'une certaine quantité d'oxygène (débit d'air). Dans cette étape on va déterminer la quantité d'oxygène nécessaire, et la quantité du Carbone brûlé.

II-2.2.1 Calcul du débit d'oxygène injecté pour brûler le coke

Durée totale de la combustion dans les trois Réacteurs = 128,5 heures.

$$Q_{\text{air}} = 30009 \text{ Nm}^3$$

$$Q_{\text{oxygene}} = 30009 * 0,21$$

$$Q_{\text{oxygene}} = 6301.9 \text{ Nm}^3$$

Quantité de TCE injectée :

$$Q_{\text{volumique}} = 1955.5 \text{ litres}$$

$$Q_{\text{massique}} = 1955.5 * 1,466$$

$$Q_{\text{massique}} = 2866.8 \text{ Kg}$$

$$\text{Moles de TCE} = 2866.8 / 131,4$$

Moles de TCE = 21.82 Kmoles.

Quantité de carbone brûlé :

Nombre de moles d'O₂ consommées par TCE

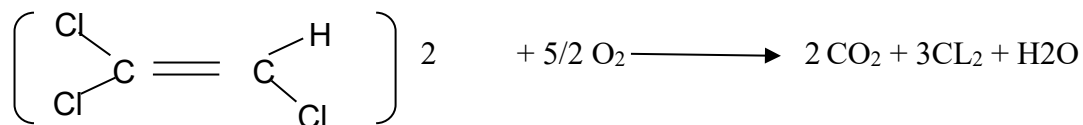
N.B: Il faut 5/4 moles d'O₂ pour brûler 01 moles de TCE (Réaction chimique)

Quantité d'O₂ consommé par TCE = 27.27 Kmoles

Nombre de moles d'O₂ consommées par le coke :

Q oxygene = 6301.9 Nm³

N.B: Il faut 5/4 moles d'O₂ pour brûler 01 moles de TCE (Réaction chimique)



NO₂(TCE)=27.27 *5/4

NO₂ (TCE) = 34.08 Kmoles

NO₂ (coke) = (Q oxygene /22,414) - NO₂ (TCE) = 253.9 Kmoles.

Nombre de moles d'O₂ pour brûler le coke :



NO₂ (carbone) =NO₂ (coke) * 0,8 = 203.11 Kmoles.

Pourcentage de carbone sur catalyseur :

Poids s total du catalyseur = 23840,8 Kg

% C = ((NO₂ (carbone)*12) /poids du catalyseur) *100 = 10.2 %

Quantité de carbone brûlé :

Q carbone brûlée = 10.2*23840.8/100

Q carbone brûlée = 2437.3 Kg

Les résultats de calcul de la quantité totale du Carbone brûlé pendant le cycle (20222023), la quantité du Chlore à injecter et d'oxygène consommée pour brûler tout le coke formé.

De même le poids du catalyseur et le nombre de moles d'oxygène pour brûlé le coke sont calculés à partir des formules précédentes. Les résultats sont regroupés dans le tableau III.8 suivants :

Tableau II. 8 : Résultats de calcul de la quantité de carbone brûlé pendant la phase de combustion.

| Q air | Q Oxygène | Q Volumique (TCE) | Q Massique (TCE) | n TCE | noxygène (TCE) | n oxygène (Coke) | n oxygène (Carbone) | P _{Cat} | C | Q Carbones brûlés |
|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|-------|----------------|------------------|---------------------|------------------|------|-------------------|
| Nm ³ | Nm ³ | L | Kg | Kmol | Kmol | Kmol | Kmol | Kg | % | Kg |
| 30009 | 6301.9 | 1955.5 | 2866.8 | 21.82 | 38.08 | 253.9 | 203.11 | 23840,8 | 10.2 | 2437.3 |

Nous avons constaté que la grande quantité du coke brûlé est située dans le premier réacteur, les réactions les plus lentes se passent dans le deuxième et le troisième réacteur qui opère à des conditions plus sévères.

III -Calcul des performances du catalyseur R86 après régénération

III-1. Résultats des calculs :

Les tableaux suivants représentent le calcul des débits massiques des gaz et des liquides ainsi que les rendements des produits pendant une période allant de 01/02/2024 au 25/03/2024.

Tableau III- 1 : Données de base pour les constituants liquides.

| | Charge HSRN | Unifinat | Reformat | 12D6 Liq G.P.L Vers U13 |
|-----------------|----------------|----------|----------|----------------------------------|
| Instrument | 12FRC1 | 12FRC9 | 12FR15 | 12FR13 |
| d^{15} désign | 0,722 | 0,738 | 0,782 | 0,788 |
| T_{des} (°C) | 38 | 38 | 38 | 38 |

Tableau III-2 : Données de base pour les constituants gazeux.

| | 12D1 Gaz | 12D2 Gaz Vers 11C7 | 12D6 Gaz | Gaz Vers Hydrobon | Gaz de recyclage |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| Instrument | 12FR2 | 12FR3 | 12FR12 | 12FR36 | 12FRAL8 |
| T_{des} (°C) | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| $d^{15}Sh, des$ | 0,231 | 1,24 | 1,09 | 0,345 | 0,345 |
| P_{des} (Kg/cm ²) | 17,8 | 10,5 | 34,5 | 24,5 | 24,5 |

Les tableaux suivants représentent le bilan matière de l'unité de reformage catalytique :

Tableau III- 3 : Bilan matière de la section hydrobon.

| | | Flux entrant | | | Flux sortant | |
|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|
| | | Charge HSRN 12FRC1 | Gaz Vers Hydrobon 12FR36 | 12D2 Gaz Vers 11C7 12FR3 | 12D1 Gaz 12FR2 | Unifinat 12FRC9 |
| 21- 26/11/2024 | Débit massique (t/hr) | 40.60 | 2.91 | 0.43 | 1.98 | 40.56 |
| | Rendement (% pds) | | | | 4.8 | 99,99 |
| 26- 01/11/12/2024 | Débit massique (t/hr) | 40.46 | 2.97 | 0.45 | 2.06 | 40.40 |
| | Rendement (% pds) | | | | 5 | 99,80 |
| 01- 05/12/2024 | Débit massique (t/hr) | 40.08 | 3.27 0.45 | | 2.13 | 40.06 |
| | Rendement (% pds) | | | | 5.3 | 99.96 |
| 05- 10/12/2024 | Débit massique (t/hr) | 39.95 | 4.16 | 0.41 | 2.12 | 38,7 |
| | Rendement (% pds) | | | | 5.3 | 96,99 |

Tableau III- 4 : Bilan matière de la section reforming.

| | | Flux entrant | Flux intermédiaire | Sortant | | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|
| | | Unifinat 12FRC9 | Gaz de recyclage 12FRAL8 | 12D6 Gaz 12FR1 2 | Gaz Vers Hydrobon 12FR36 | 12D6 Liq G.P.L Vers U13 12FR13 | Refor mat 12FR 15 |
| 21-26/11/2024 | Débit massique (t/hr) | | 12.69 | 1.98 | 2.91 | 2.00 | |
| | Rendement (% pds) | | | | | 4.9 | 82,9 |
| 26- 01/11/12/202 4 | Débit massique (t/hr) | 41.29 | 12.21 | 2.06 | 2.97 | 1.81 | 34 |
| | Rendement (% pds) | | | | | 4.4 | 82.36 |
| 01-05/12/2024 | Débit massique (t/hr) | 40.06 | 13.48 | 2.13 | 3.27 | 2.73 | 31.93 |
| | Rendement (% pds) | | | | | 6.8 | 80 |
| 05-10/12/2024 | Débit massique (t/hr) | 40.14 | 12.64 | 2.12 | 3.14 | 1.99 | 32 |
| | Rendement (% pds) | | | | | 5 | 81.70 |
| | | | | | | | |
| Design | Rendement (%pds) | 84 | | | 84 | 84 | 84 |

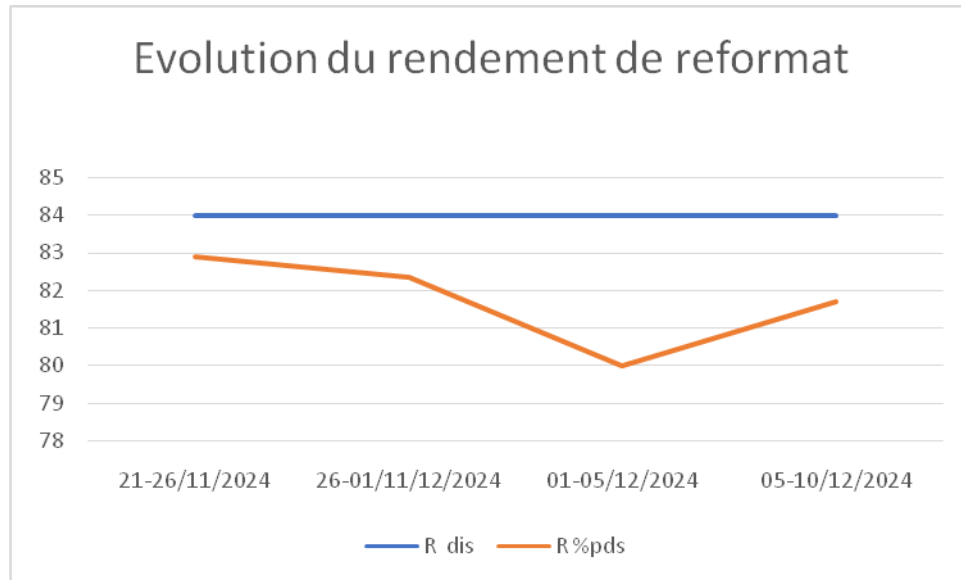


Figure III-1 : représente l'évolution du rendement de reformat en fonction du temps.

Interprétation des résultats : Ce graphe représente l'évolution du rendement de reformat en fonction du temps, ce rendement d'après l'UOP pour un indice d'octane NO=98 est de 84%, pour notre cas le rendement pour un indice d'octane NO=94 est de 81,7% après une régénération catalytique, ceci montre que le catalyseur R86 est neuf et active

III-2. Calcul des taux de conversion et des rendements des familles d'hydrocarbures

Ce calcul permet de voir l'évolution des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur pendant la période allant de 21/11/2024 au 10/12/2024.

Le tableau 5 représente la composition en paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques (PONA) dans la charge et dans le reformat.

Tableau III- 5 : Composition en paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques (PONA) dans la charge et dans le reformat.

| | | P | O | N | A | Débit volumique |
|------------------|----------|-------|-----|-------|-------|-------------------|
| | | %Vol | | | | m ³ /h |
| 21-26/11/2024 | Unifinat | 60,85 | 0 | 30,05 | 9,1 | 54,74 |
| | Reformat | 33,90 | 0,1 | 9,5 | 56,5 | 43,3 |
| 26-01/11/12/2024 | Unifinat | 61,35 | 0 | 29,05 | 9,6 | 54,53 |
| | Reformat | 33,2 | 0,1 | 10 | 56,7 | 43,03 |
| 01-05/12/2024 | Unifinat | 61,17 | 0 | 29,61 | 9,62 | 54,04 |
| | Reformat | 33,93 | 0,1 | 9,61 | 56,36 | 40,41 |
| 05-10/12/2024 | Unifinat | 60,49 | 0 | 30,11 | 9,4 | 52,02 |
| | Reformat | 33,45 | 0,1 | 9,56 | 56,89 | 40,57 |

III-2.1 Taux de conversion des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs de la section de reforming

III-2.1. a Taux de conversion total des familles hydrocarbures lors du reformage de l'unifinat en reformat (Ttotal) :

Les résultats sont regroupés dans le tableau 6.

Tableau III- 6 : Taux de conversion total des familles d'hydrocarbures.

| | Débit volumique (m ³ /h) | | | Taux de conversion total (%Vol) | | |
|---------------|-------------------------------------|--------|------|---------------------------------|---------|---------|
| | Δ P | Δ N | Δ A | TtotalP | TtotalN | TtotalA |
| 21-26/11/2024 | -26.95 | -20.55 | 47.4 | -44.29 | -68.38 | 83.89 |
| 26- | -28.15 | -19.05 | 47.1 | -45.88 | -65.57 | 83.3 |

| | | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|------|
| 01/11/2024 | | | | | | 6 |
| 01-05/12/2024 | -27.24 | -20 | 46.74 | -44.53 | -67.54 | 82.9 |
| 05-10/12/2024 | -27.04 | -20.55 | 47.49 | -44.70 | -68.24 | 83.4 |
| | | | | | | 7 |

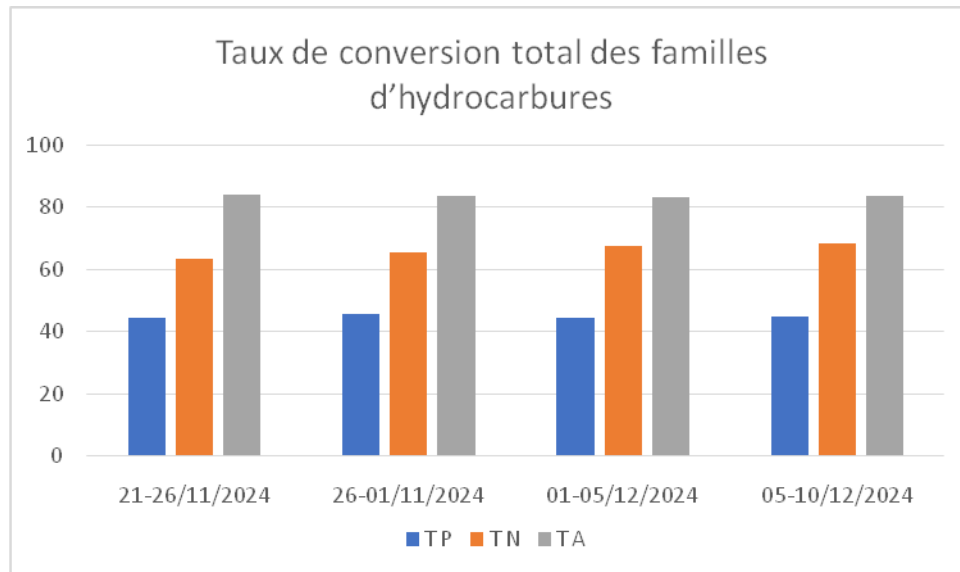


Figure III- 2 : représente le taux de conversion total des familles d'hydrocarbures.

Interprétation des résultats : Ce graphe représente le taux de conversion total des familles d'hydrocarbures, une conversion moyenne des naphthènes, et l'accroissement en parallèle des aromatiques et une conversion moyenne des paraffines dues au premier démarrage de l'unité après régénération.

III-2.1. b Taux de conversion des familles hydrocarbures dans chaque réacteur :

Les résultats sont regroupés dans le tableau 7.

➤ En aromatiques

Tableau III- 7 : Taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur

| | ΔT total | ΔT 1 | ΔT 2 | ΔT 3 | T_A 1 | T_A 2 | T_A 3 |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|---------|
| | °C | | | | %Vol | | |
| 21-26/11/2024 | -132 | -77 | -35 | -20 | 48.94 | 22.24 | 12.71 |
| 26-01/11/2024 | -133 | -77 | -35 | -21 | 48.26 | 21.93 | 13.16 |
| 01-05/12/2024 | -132 | -77 | -36 | -19 | 48.38 | 22.62 | 11.93 |
| 05-10/12/2024 | -135 | -79 | -36 | -20 | 48.85 | 22.26 | 12.37 |

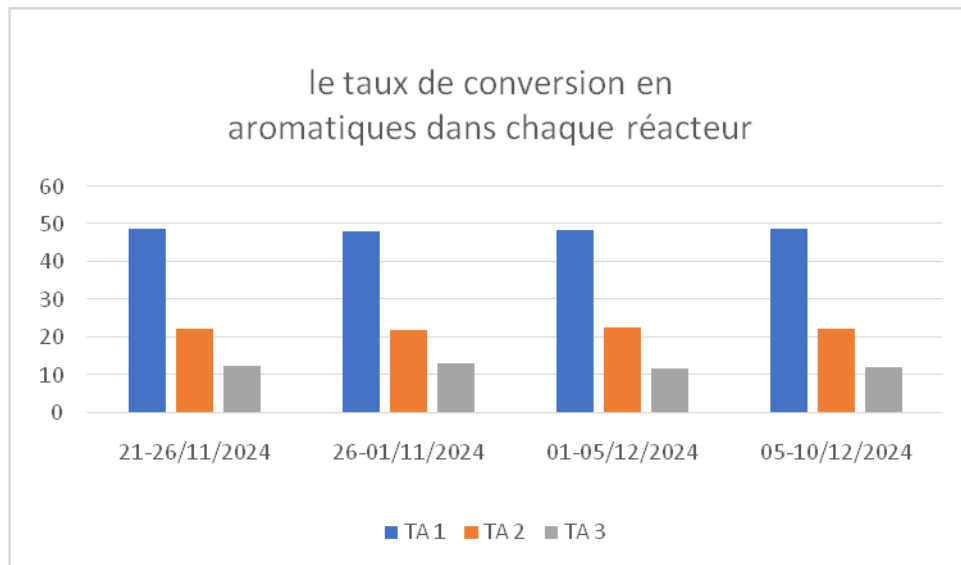


Figure III- 3 : représente le taux de conversion en aromatiques dans chaque réacteur.

Interprétation des résultats : Cet histogramme représente le taux de conversion des aromatiques dans chaque réacteur, 48 % de la répartition de la conversion en aromatique a été effectué dans le premier réacteur alors nous remarquons que la différence de température est supérieure au 77°C ce qui résulte le bon déroulement de la réaction principale de déshydrogénation des naphthènes en aromatique qui a une forte endo-thermicité.

➤ **Des naphènes :**

Les résultats sont regroupés dans le tableau 8.

Tableau III-8 : Taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur.

| | ΔT total | ΔT 1 | ΔT 2 | ΔT 3 | T_N 1 | T_N 2 | T_N 3 |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|---------|
| | °C | | | | %Vol | | |
| 21-26/11/2024 | -132 | -77 | -35 | -20 | -39.89 | -18.13 | -10.36 |
| 26-01/11/2024 | -133 | -77 | -35 | -21 | -37.96 | -17.25 | -10.35 |
| 01-05/12/2024 | -132 | -77 | -36 | -19 | -39.40 | -18.42 | -9.72 |
| 05-10/12/2024 | -135 | -79 | -36 | -20 | -39.93 | -10.11 | |

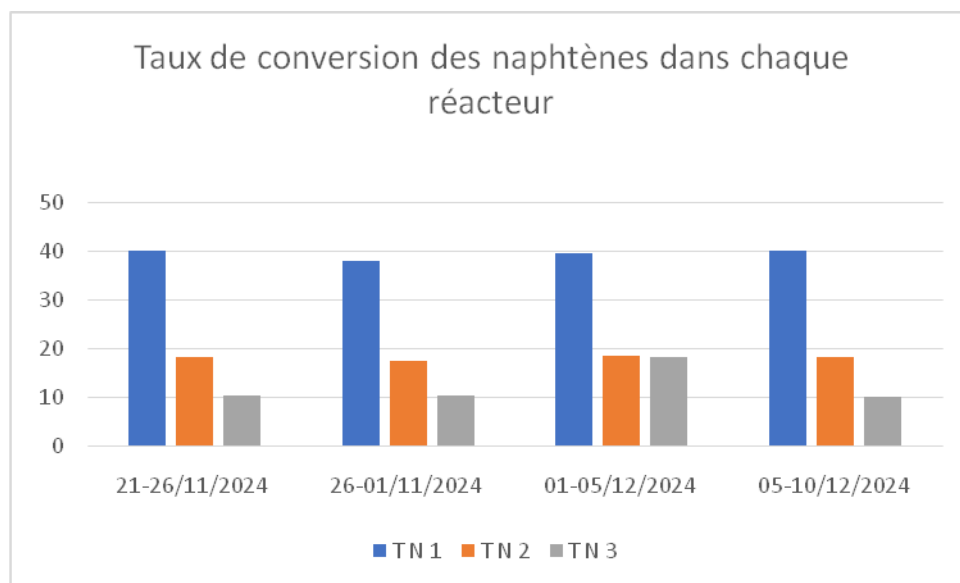


Figure III- 4 : représente le taux de conversion des naphènes dans chaque réacteur.

Interprétation des résultats : Cet histogramme représente le taux de conversion des Naphènes dans chaque réacteur, nous remarquons que l'évolution de la conversion des naphènes avec le temps est remarquable ce qui signifie que le catalyseur est sélectif et actif.

➤ **Des paraffines :**

Les résultats sont regroupés dans le tableau III- 9.

Tableau III-9 : Taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur

| | ΔT total | ΔT 1 | ΔT 2 | ΔT 3 | T _P 1 | T _P 2 | T _P 3 |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| | °C | | | | %Vol | | |
| 21-26/11/2024 | -132 | -77 | - 35 | -20 | -32,78 | -14,90 | -8,51 |
| 26-01/11/2024 | -133 | - 77 | - 35 | -21 | -33,17 | -15,07 | -9,04 |
| 01-05/12/2024 | - 132 | - 77 | -36 | -19 | -34,13 | -15,96 | -8,23 |
| 05-10/12/2024 | - 135 | - 79 | -36 | - 20 | -33,30 | -15,17 | -8,43 |

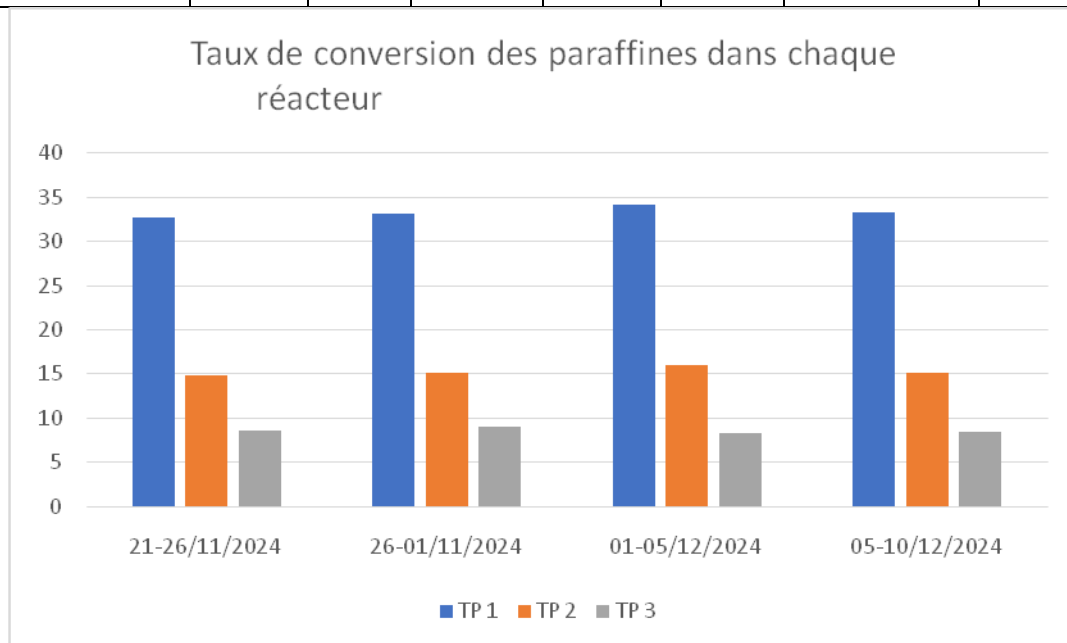


Figure III-5 : représente le taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur.

-Interprétation des résultats : Cet histogramme représente le taux de conversion des paraffines dans chaque réacteur, nous résumons que la conversion s'évolue avec le temps après la régénération, 33% de la conversion aura lieu du premier réacteur.

III-2.2 Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur :

Les résultats sont regroupés dans le tableau 10 :

Tableau III-10 : Rendements des familles d'hydrocarbures dans chaque réacteur.

| | 1ier Réacteur | | | 2ème Réacteur | | | 3ème Réacteur | | |
|---------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | η_{A1} | η_{N1} | η_{P1} | η_{A2} | η_{N2} | η_{P2} | η_{A3} | η_{N3} | η_{P3} |
| | % Vol | | | | | | | | |
| 21-26/11/2024 | 29,70 | 16,88 | 40,89 | 39,06 | 10,88 | 31,83 | 44,41 | 7,46 | 26,65 |
| 26-01/11/2024 | 29,94 | 21,30 | 40,99 | 39,19 | 15,72 | 31,74 | 44,74 | 12,38 | 26,19 |
| 01-05/12/2024 | 28,60 | 16,38 | 40,28 | 37,46 | 10,26 | 30,52 | 42,14 | 7,06 | 25,37 |
| 05-10/12/2024 | 29,85 | 20,38 | 40,34 | 39,15 | 14,34 | 31,16 | 44,33 | 10,28 | 26,73 |

- Les graphes suivants représentent l'écart des rendements des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs

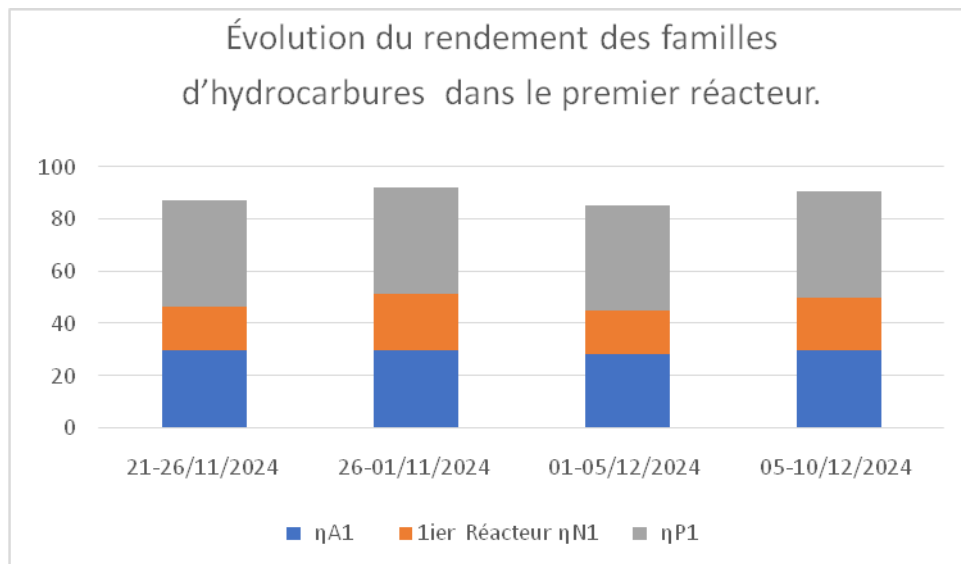


Figure III-6 : représente l'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le premier réacteur.

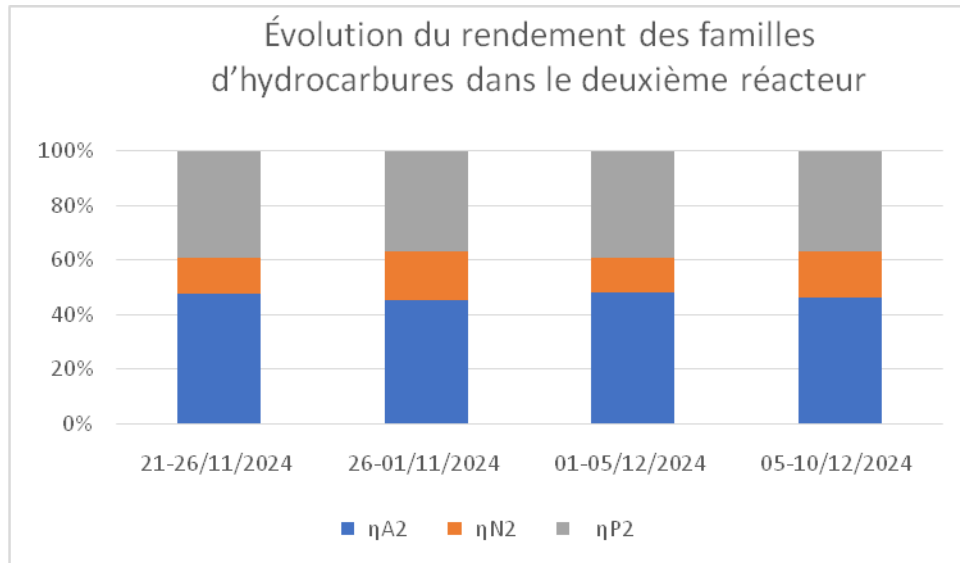


Figure III-7 : représente l'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le deuxième réacteur

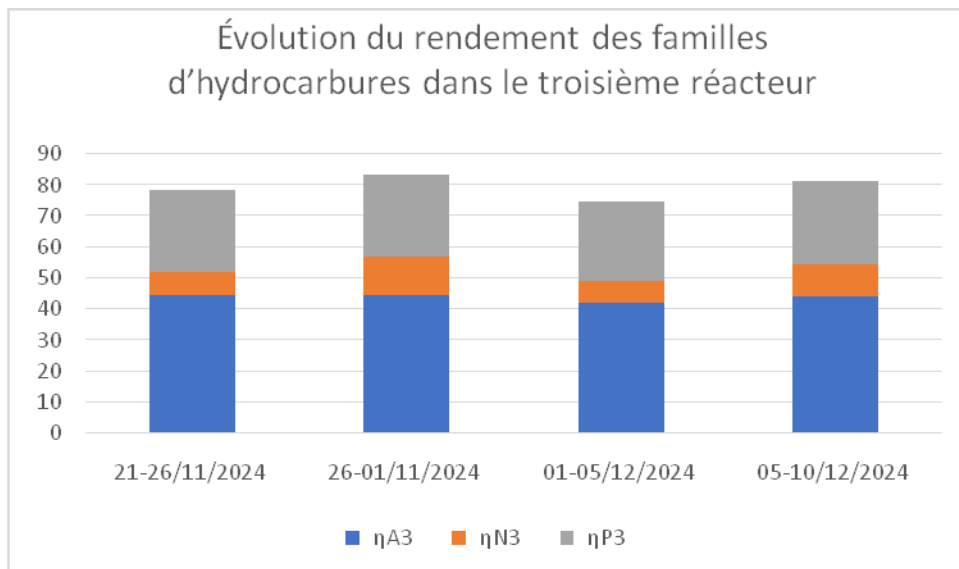


Figure III-8 : représente l'évolution du rendement des familles d'hydrocarbures dans le troisième réacteur

-Interprétation des résultats : Ces histogrammes représentent les rendements des familles d'hydrocarbures dans les trois réacteurs, est due aux

Evolution remarquable des rendements en naphènes en fonction du temps dans chaque réacteur et l'accroissement en parallèle des aromatiques celui-ci montre que la réaction principale dans ce réacteur est la déshydrogénation des naphènes en aromatiques qui est favorisée après régénération du catalyseur ce que signifie qui est actif et sélectif. - Un rendement presque stable des paraffines signifie une absence totale des réactions parasites comme le craquage catalytique, alors nous résumons que la conversion des paraffines dans les trois réacteurs s'effectue en bon déroulement.

III-3 Calcul des paramètres de fonctionnement de la section de reforming

III-3.1 Le rapport hydrogène/hydrocarbure (H_2/HC)

Les résultats sont regroupés dans le tableau 11.

Tableau III- 11 : Evolution du rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps.

| | $V_{gr}(m^3/h)$ | V_{CH} (m^3/h) | M_{CH} (g/mole) | P_{CH} (Kg/m^3) | % H_2 | H_2/HC | Design 3,5 à 6 |
|---------------|-----------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|---------|-------------|-------------------|
| 21-26/11/2024 | 42044 | 55,66 | 110 | 0,73495 | 82 | 4,138677161 | |
| 26-01/11/2024 | 40440 | 55,74 | 110 | 0,73495 | 82,39 | 3,993976985 | |
| 01-05/12/2024 | 44630 | 54,06 | 110 | 0,73495 | 82,37 | 4,543670025 | |
| 05-10/12/2024 | 41870 | 54,02 | 110 | 0,73495 | 82,3 | 4,262212406 | |

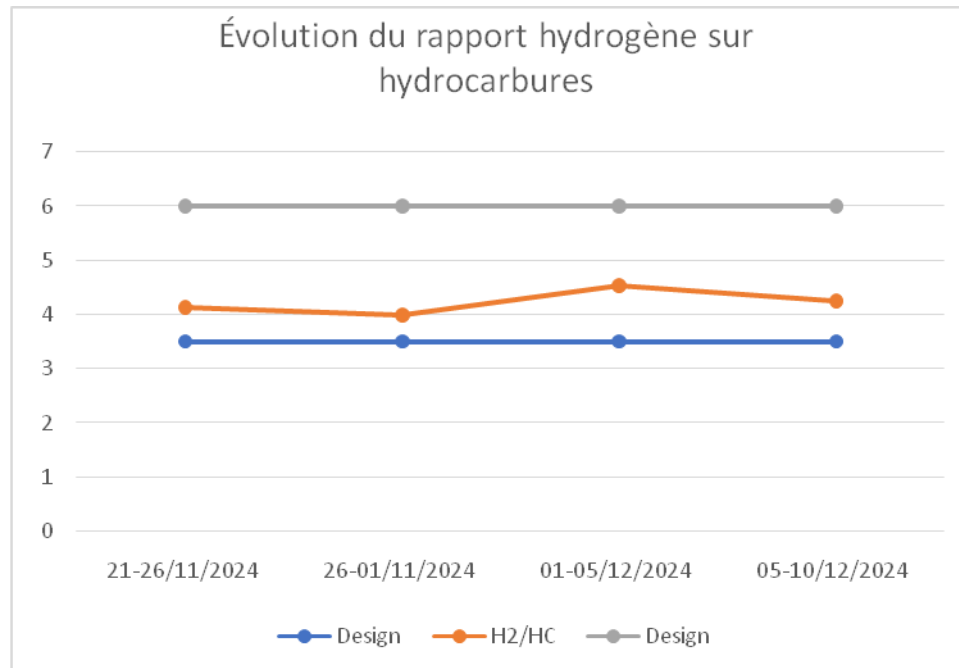


Figure III- 9 : représente l'évolution du rapport hydrogène sur hydrocarbures en fonction du temps.

Interprétation des résultats : La courbe montre que le rapport hydrogène/hydrocarbure (H2/HC) est du même ordre que le design.

III-3.2 La vitesse spatiale VVH

Les résultats sont regroupés dans le tableau 12.

Tableau III -12 : Evolution de La vitesse spatiale en fonction du temps.

| | $G_{CH}(m^3/h)$ | $V_{CH}(m^3)$ | VVH (1/h) | Design 1.6 h-1 |
|---------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|
| 21-26/11/2024 | 55,66 | 35,98 | 1,546970539 | |
| 26-01/11/2024 | 55,74 | 35,98 | 1,549193997 | |
| 01-05/12/2024 | 54,06 | 35,98 | 1,50250139 | |
| 05-10/12/2024 | 54,02 | 35,98 | 1,501389661 | |

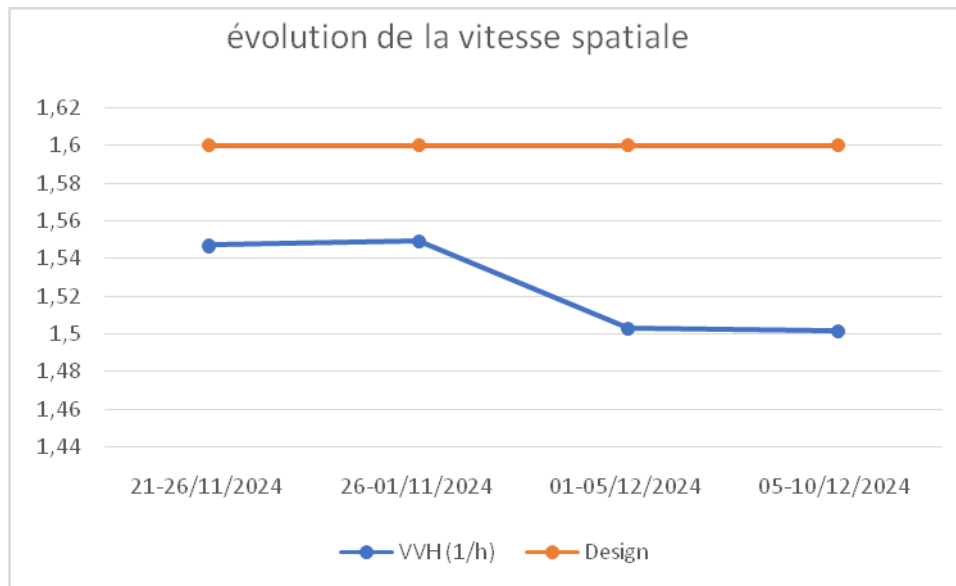


Figure III-10 : représente l'évolution de la vitesse spatiale en fonction du temps

Interprétation des résultats : La courbe montre que la vitesse spatiale est du même ordre que le design.

III- 3.3 Le rapport Eau/Chlore :

Les résultats sont regroupés dans le tableau 13.

Tableau III-13 : Evolution du rapport Eau/Chlore en fonction du temps.

| | %Vol | | Ppm | | g/mole | | | H ₂ /HC | H ₂ O/CL |
|---------------|------|-------------------|---------|----------------------|-----------|-----------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | XHCl | XH ₂ O | Inj TCE | Inj H ₂ O | MM Charge | MM Chlore | MM H ₂ O | | |
| 21-26/11/2024 | 0,3 | 10 | 0,8 | 04 | 110 | 35,5 | 18 | 4,138677161 | 17,6942975 |
| 26-01/11/2024 | 0,3 | 08 | 1 | 04 | 110 | 35,5 | 18 | 3,993976985 | 13,12522386 |
| 01-05/12/2024 | 0,2 | 09 | 1 | 04 | 110 | 35,5 | 18 | 4,543670025 | 16,30450878 |
| 05-10/12/2024 | 0,2 | 06 | 1 | 04 | 110 | 35,5 | 18 | 4,262212406 | 12,65939966 |
| Design | | | | | | | | | 10-20 |

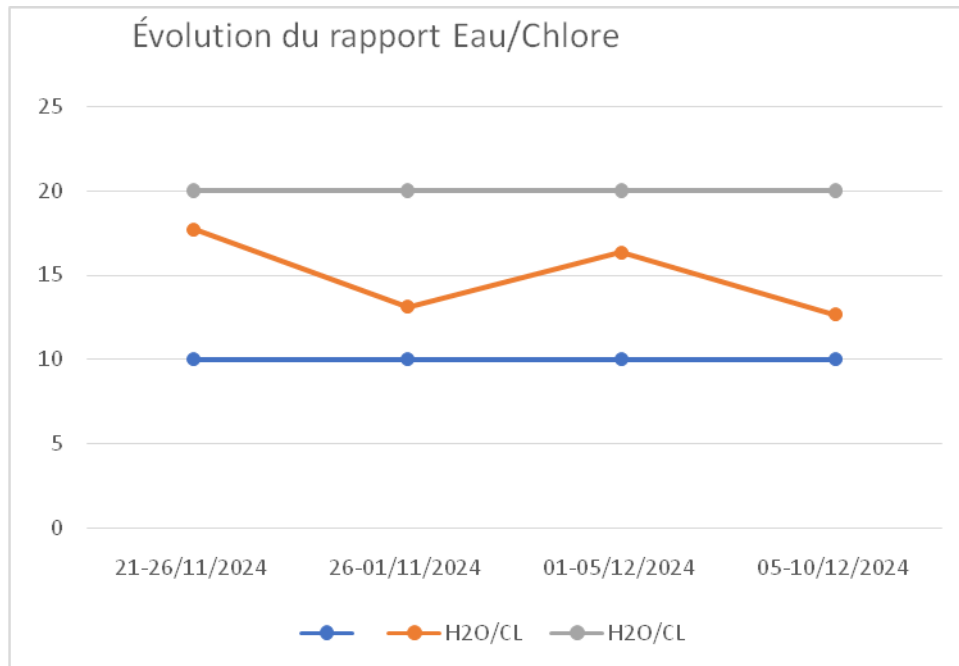


Figure III-11 : représente l'évolution du rapport Eau/Chlore en fonction

-Interprétation des résultats : Cette courbe représente l'évolution du rapport eau/chlore en fonction de temps, nous remarquons que ces résultats des deux mois sont du même ordre que le design, sauf le premier point, la balance a dépassé le design à cause des conséquences du démarrage de l'unité de reformage catalytique et la répartition totale du TCE le long des lits catalytiques.

III-3.4 Teneur en chlore sur le catalyseur R86

Les résultats sont regroupés dans le tableau 14.

Tableau III -14 : Evolution du teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps.

| | 1ère Réacteur | | | 2ème Réacteur | | | 3ème Réacteur | | | WABT | H ₂ O/Cl | Cl/Cat (% pds) |
|---------------|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|--------|---------------------|----------------|
| | T1e | T1s | F1 | T2e | T2s | F2 | T3e | T3s | F3 | | | |
| | °C | | | | | | | | | | | |
| 21-26/11/2024 | 504 | 427 | 0,2 | 504 | 469 | 0,3 | 504 | 484 | 0,5 | 486,05 | 17,69 | 1,14 |
| 26-01/11/2024 | 506 | 429 | 0,2 | 506 | 471 | 0,3 | 506 | 485 | 0,5 | 487,8 | 13,12 | 1,20 |
| 01-05/12/2024 | 506 | 429 | 0,2 | 506 | 470 | 0,3 | 506 | 487 | 0,5 | 488,15 | 16,30 | 1,15 |
| 05-10/12/2024 | 506 | 427 | 0,2 | 506 | 470 | 0,3 | 506 | 486 | 0,5 | 487,7 | 12,65 | 1,20 |

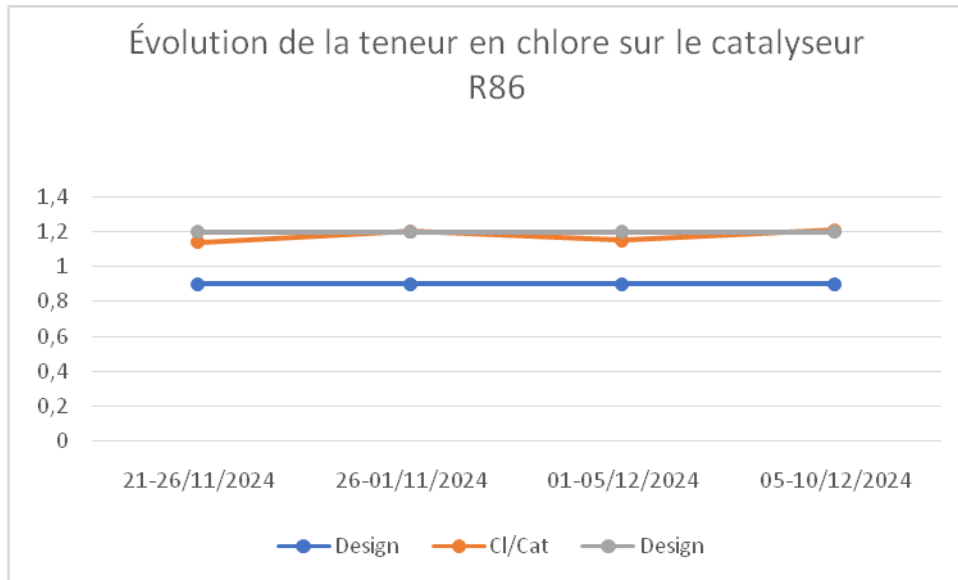


Figure III-12 : représente l'évolution du teneur en chlore sur le catalyseur R86 en fonction du temps.

-Interprétation des résultats :

Cette courbe représente l'évolution du rapport chlore sur le catalyseur R86 en fonction de temps, nous remarquons que ces résultats sont acceptables par rapport au design. L'évolution de ces résultats en fonction du temps signifie une bonne répartition du chlore le long des lits catalytique.

IV-Comparaison des Performances du Catalyseur R86 Avant et Après Régénération

1. Rendement global en Reformat :

- **Avant régénération :** ~72 % (Indice d'octane NO = 94)
- **Après régénération :** ~81,7 % (Indice d'octane NO = 94)
- **Design (UOP, NO = 98) :** 84 %
- **Conclusion :** Gain de ~10 %, indiquant une réactivation réussie des sites catalytiques.

2. Taux de Conversion des Familles d'Hydrocarbures (PONA) Conclusion :

- **Après régénération :** la conversion des naphènes et paraffines est plus stable, avec une meilleure production d'aromatiques.

3. Température dans les Réacteurs (ΔT total)

- **Avant régénération :** $\Delta T1 \sim 64-72$ °C
- **Après régénération :** $\Delta T1 \sim 77-79$ °C
- **Conclusion :** Une différence de température plus élevée favorise la réaction de déshydrogénation des naphènes dans le 1er réacteur.

4. Paramètres Opérationnels Conclusion :

Les paramètres sont revenus dans la plage de conception après régénération. **5.**

Régénération et Réactivation :

- **Quantité de carbone brûlé :** ~ 2437 kg
 - **Teneur en chlore stabilisée :** $\sim 1,2$ %
 - **Poids Injection de TCE :** contrôlée et progressive pendant combustion et oxychloration
- **Conclusion :** Régénération bien conduite, catalyseur réactivé, structure acide rétablie

CONCLUSION **G**ÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de la performance de la régénération du dernier cycle du catalyseur R86 menée au niveau de la raffinerie d'Arzew a permis d'évaluer l'efficacité des opérations de remise en état du catalyseur dans un contexte industriel exigeant. Cette analyse a mis en évidence l'importance cruciale de la régénération dans le maintien de l'activité catalytique, la production d'essence à haut indice d'octane et la génération d'hydrogène, éléments fondamentaux pour la continuité et la rentabilité des opérations de reforming catalytique. Les résultats obtenus montrent que la régénération a permis de restaurer une partie significative de la performance initiale du catalyseur, bien que certains indicateurs révèlent des signes de dégradation irréversible liés à l'accumulation de cycles, à la perte de surface active ou à d'éventuels empoisonnements.

La comparaison avec les cycles précédents a permis de mieux comprendre l'évolution du comportement du catalyseur au fil du temps et d'identifier les limites de la régénération dans le cadre de la stratégie de gestion du cycle de vie du catalyseur. Cette étude souligne également la nécessité d'un suivi rigoureux des paramètres opératoires, d'une maîtrise précise des conditions de régénération, ainsi que d'une évaluation continue des performances post-régénération. Elle ouvre la voie à des recommandations concrètes pour optimiser les futures régénérations, prolonger la durée de vie du catalyseur et renforcer la rentabilité de l'unité. En somme, la régénération du catalyseur R86 reste un levier stratégique de performance industrielle. Une meilleure compréhension de ses effets et limites permet à la raffinerie d'Arzew d'envisager des approches plus durables et plus efficaces pour la gestion de ses catalyseurs dans le cadre d'un raffinage moderne et compétitif.

ملخص

الإصلاح التحفيزي هو عملية كيميائية تُستخدم لتحويل جزء من الزيت يُعرف بـ"النافتا الثقيلة" إلى بنزين عالي الجودة. خلال هذه العملية، يتعرض المحفز المستخدم إلى فقدان فعاليته بسبب تراكم فحم الكوك عليه، وهو عبارة عن رواسب كربونية. هذا التراكم يؤدي إلى تعطيل عمل المحفز مع مرور الوقت.

ولتفادي هذا التعطيل، يتم إجراء عملية تجديد تهدف إلى إزالة هذه الرواسب الكربونية وإعادة تنشيط المحفز حتى يستعيد أداءه الأصلي. في هذا البحث، قمنا بدراسة أداء وحدة الإصلاح التحفيزي في مصفاة أرزيو، مع التركيز على مقارنة كفاءة وحدة الإصلاح قبل وبعد عملية التجديد، وتحليل مدى فعالية هذا التجديد في تحسين جودة البنزين، خاصة من ناحية رفع رقم الأوكتان. المحفز الذي تمت دراسته هو من نوع UOP R-86، وهو محفز متخصص في الإصلاح التحفيزي عالي الأداء.

الكلمات المفتاحية: الإصلاح التحفيزي، فحم الكوك، التجديد، رقم الأوكتان.

ABSTRACT

Catalytic reforming is a chemical process used to convert a portion of petroleum, known as "heavy naphtha", into high-quality gasoline. During this process, the catalyst gradually loses its activity due to the buildup of coke, which is a carbon deposit. Over time, this accumulation leads to the deactivation of the catalyst.

To prevent this deactivation, a regeneration process is carried out to remove the carbon deposits and restore the catalyst's original activity and performance. In this study, we evaluated the performance of the catalytic reforming unit at the Arzew refinery, specifically comparing the reforming section's efficiency before and after regeneration, and assessing the feasibility of regeneration to enhance gasoline quality, particularly by improving the octane number.

The studied catalyst is of the UOP R-86 type, a high-performance catalyst for catalytic reforming.

RÉSUMÉ

Le reformage catalytique est un procédé chimique utilisé pour transformer une partie du pétrole, appelé "naphta lourd", en essence de haute qualité. Au cours de ce processus, le catalyseur perd progressivement son efficacité en raison de l'accumulation de coke, un dépôt de carbone. Cette accumulation entraîne la désactivation du catalyseur avec le temps.

Pour éviter cette désactivation, on procède à une régénération, qui vise à éliminer ces dépôts de carbone et à réactiver le catalyseur afin qu'il retrouve ses performances initiales. Dans cette étude, nous avons évalué les performances de l'unité de reformage catalytique de la raffinerie d'Arzew, en comparant plus précisément l'efficacité de la section de reformage avant et après régénération, et en examinant la faisabilité de cette opération pour améliorer la qualité de l'essence, notamment en augmentant l'indice d'octane.

Le catalyseur étudié est de type UOP R-86, un catalyseur performant pour le reformage catalytique.



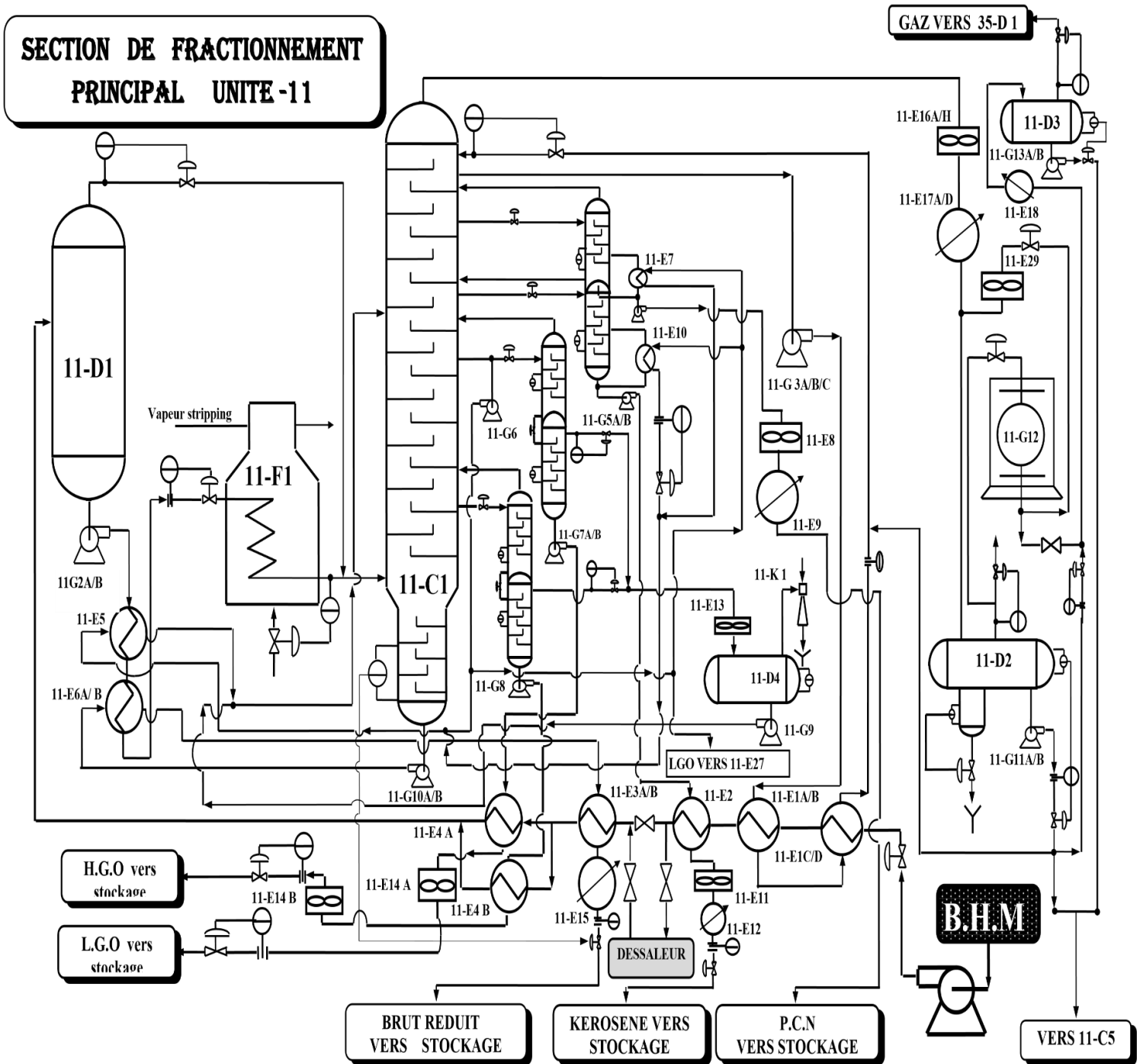
Références

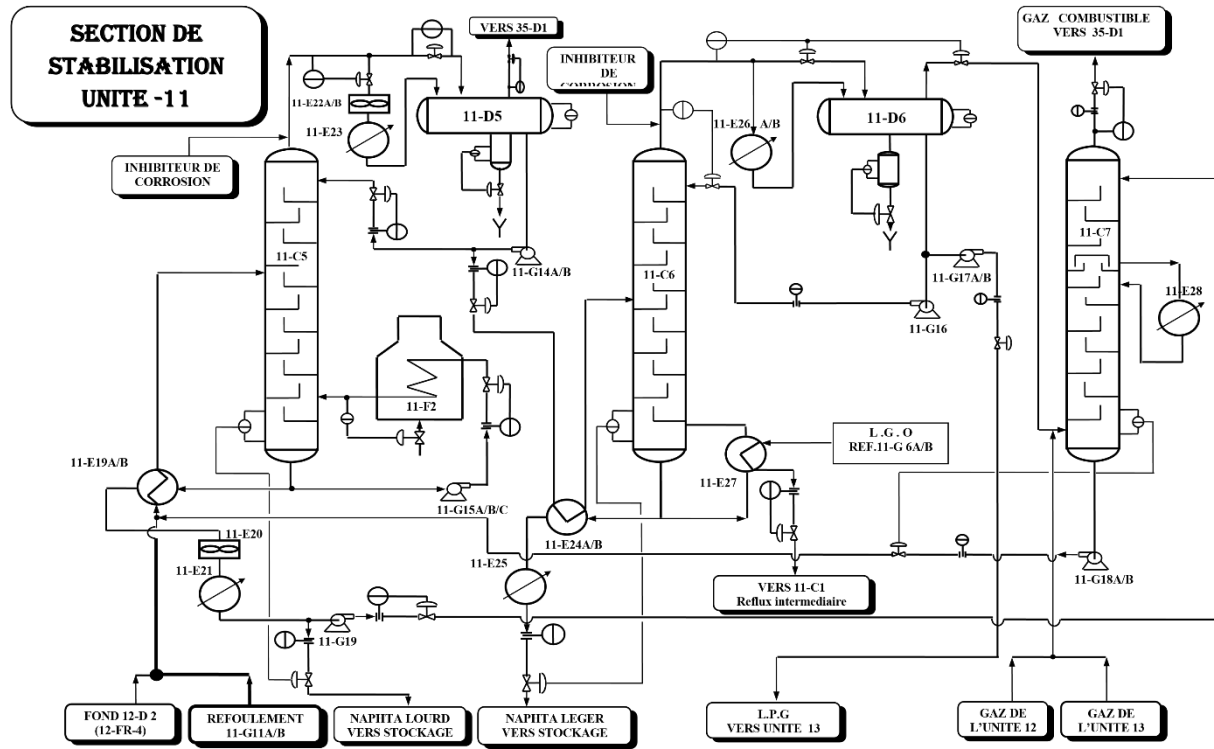
Références

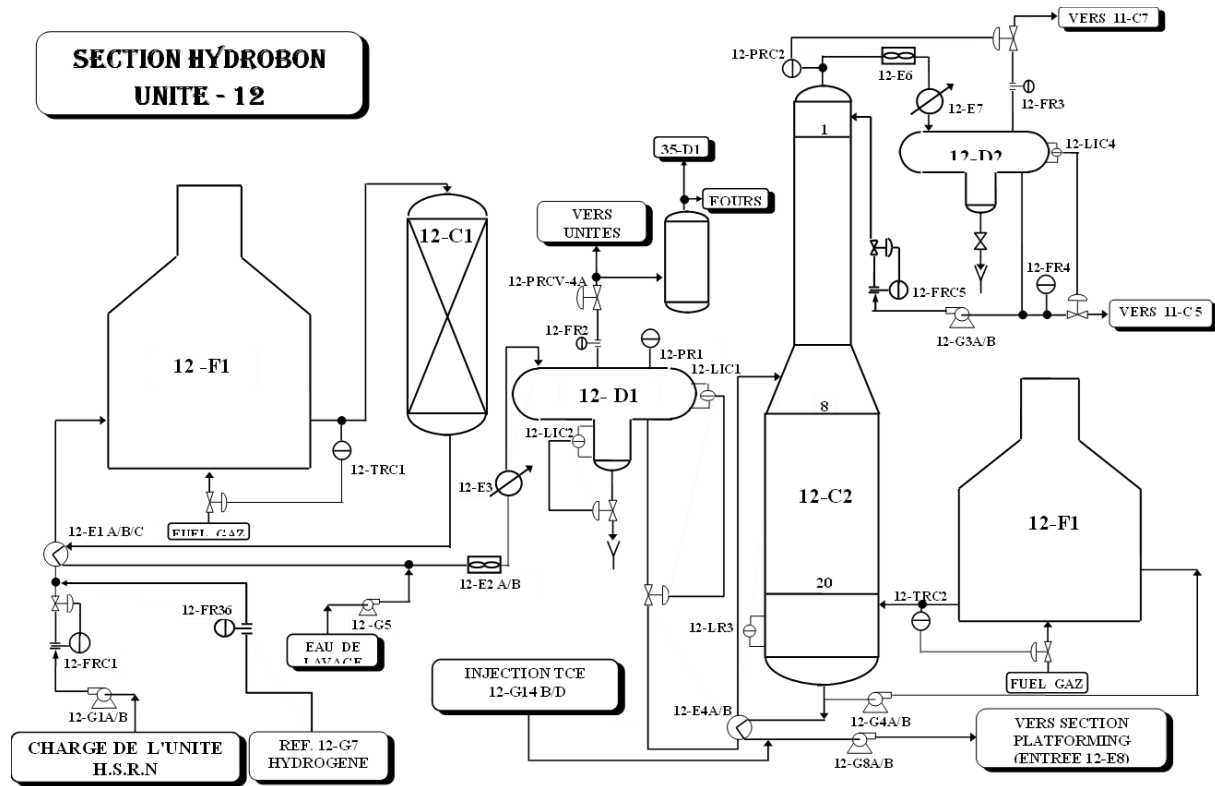
- [1] Département Technique (service de planning).
Raffinerie d'Arzew (RA1Z).
- [2] Manuel opératoire de la zone de carburant.
Raffinerie d'Arzew.
- [3] manuel opératoire de l'unité de traitement de RMH.
- [4] document interne de l'unité RHM 2 cis HMD.
- [5] ALILOU ' l'augmentation de capacité de traitement dans l'unité de distillation atmosphérique de la raffinerie d'Alger mémoire d'ingénieur d'état Université de boumerdés (2005).
- [6] mark p .lapinski et Al catalytic reforming petroleum processing.springer international publishing Swit zerland (2015).
- [7] springer hand Book et petroleum technology _springer international publishing (2017).
- [8] BOUBERGOUG Adel régénération du catalyseur UOP R86 du reforming catalytique mamoire master université badji Mokhtar annaba (2016).
- [9]: UOP. *Platforming fixed-bed platforming-general operating Manual*. Raffinerie d'Arzew (RA1Z).
- [10] : Manuel opératoire de l'unité reformage catalytique. Raffinerie d'Arzew (RA1Z).
- [11]: UOP. *Platforming fixed-bed platforming-general operating Manual*. Raffinerie d'Arzew (RA1Z).

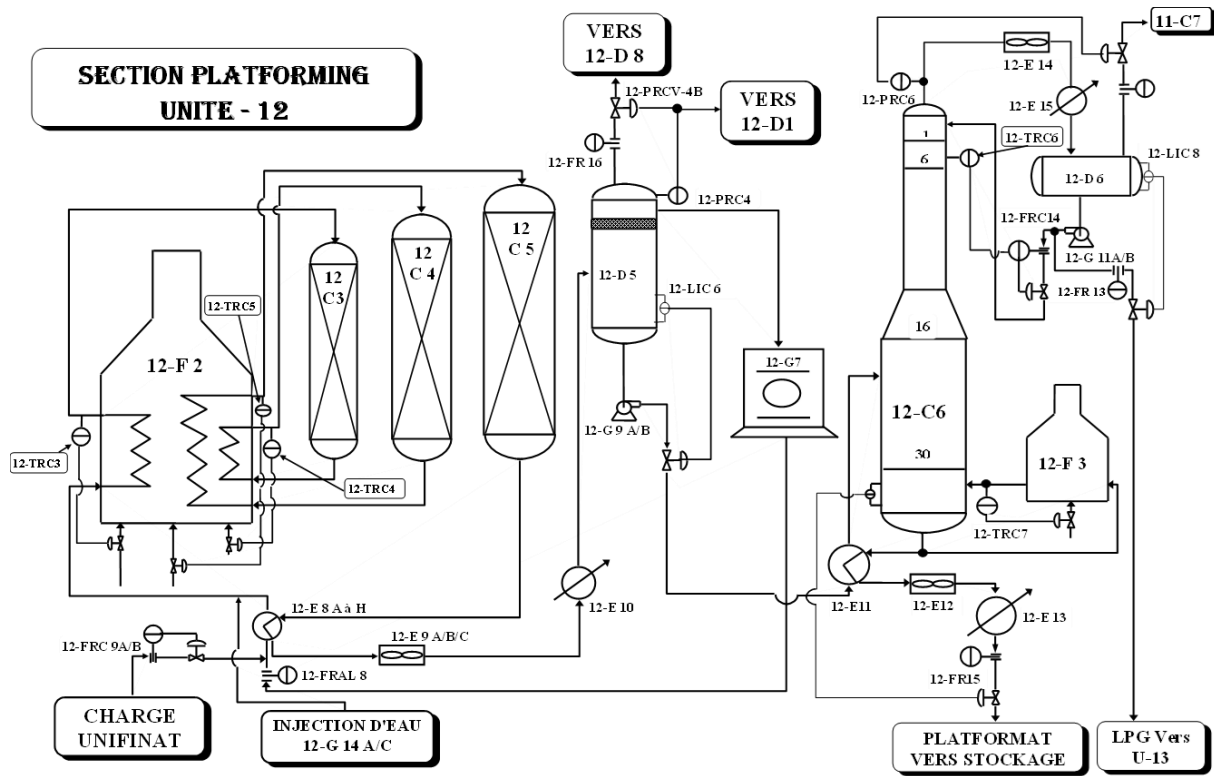
Annexes

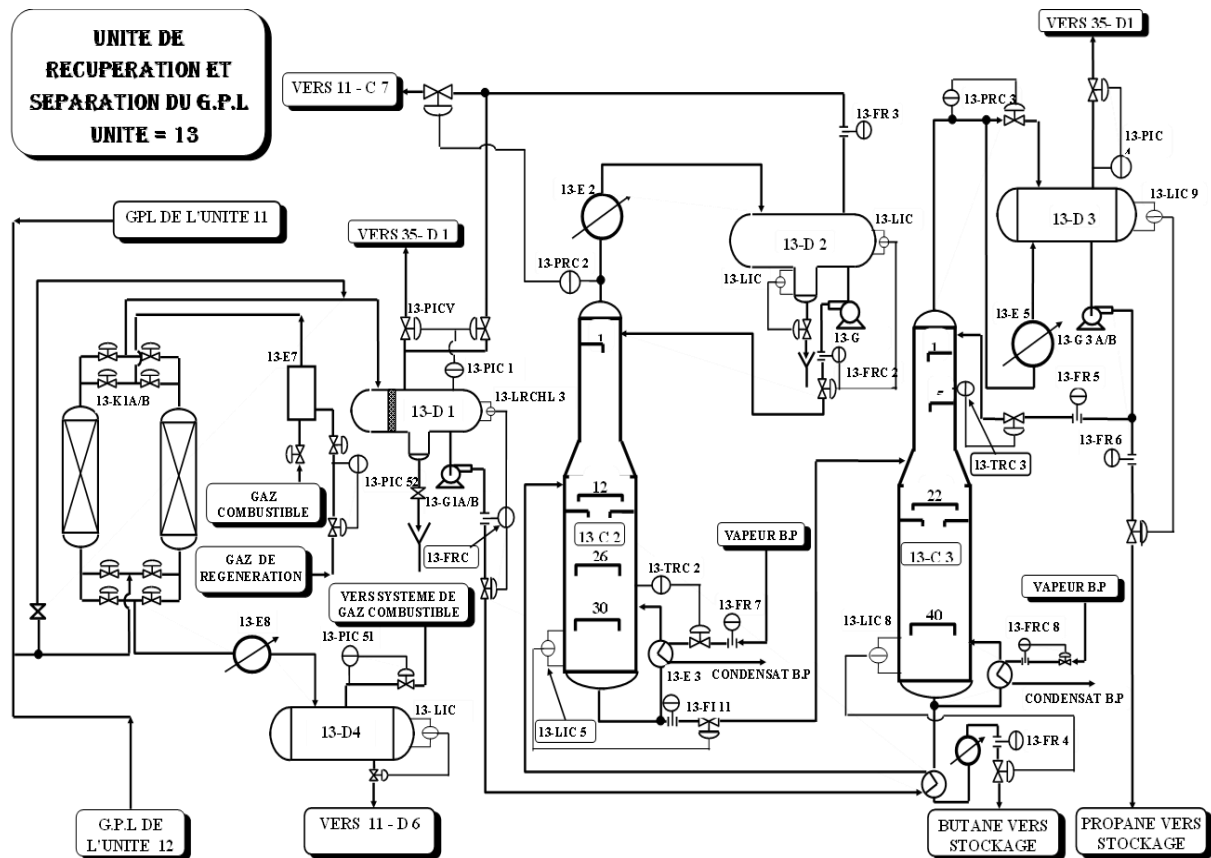
Annexes :01











Annexes 02



sonatrach

BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
 Division Exploitation Raffinage
 Raffinerie d'Arzew
 Département Laboratoire

Date & Heure : 14-10-2024 07H08
 Quart : QD J1
 Destinataire : ZONE 4 TL/P/PYTE

| UNITES | Norme | | | | | | | | UNITE 12 | | | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|----------|---------|---------|--------|
| | | ASTM | CH U11 | LSRN1 | HGRN1 | KERO. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Densité à 15°C Kg/m3 | D1298 | 0,8091 | | | | | | | | 0,7418 | 0,7408 | 0,7382 |
| | D4052 | | | | | | | | | | | |
| Couleur Saybolt / ASTM | D153/D501 | | | | | +30 | | | | -30 | -30 | -0,5 |
| T.V.R. Gr/cm ³ | D333 | 840 | | | | | | | | 730 | 730 | 330 |
| S.S.W % V | D1793 | TRACES | | | | | | | | | | |
| Docier Test | D461 | | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement P.M °C | D43 | | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement °C | D47 | | | | | | | | | | | |
| P. de séparation de cristaux °C | D1513 | | | | | | | | | | | |
| Acidité Karasène Mg/KO/kg | D1042 | | | | 0,011 | | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cSt | D445 | | | | | | | | | | | |
| Distillats P1 °C | | | | | | | | | 84 | 83 | 80 | |
| 5 % V | | | | | | | | | 703 | 702 | 71 | |
| 10 % V | | | | | | | | | 707 | 706 | 86 | |
| 20 % V | | | | | | | | | 712 | 710 | 84 | |
| 30 % V | | | | | | | | | 718 | 714 | 756 | |
| 50 % V | | | | | | | | | 726 | 723 | 722 | |
| 70 % V | | | | | | | | | 734 | 733 | 726 | |
| 90 % V | | | | | | | | | 764 | 763 | 761 | |
| 95 % V | | | | | | | | | 780 | 781 | 786 | |
| 97 °C | | | | | | | | | 787 | 787 | 783 | |
| Perte / Réside | | | | | | | | | 1,811,0 | 1,811,0 | 1,203,6 | |

Via Officier de Quart

PI CHALABI A

Raffinerie d'Arzew - Laboratoire de contrôle qualité
 Tel C/Maitre quart 5176
 Tel Chef de Section 5175
 Tel Chef de Service 5172

[*]Selon le Manuel de spécification M-Prod-17
 Avertissement : La reproduction de ce document est strictement
 interdite sans autorisation du Laboratoire

BA-LAB-Q01



سوناتراش
sonatrach

BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
Division Exploitation Raffinage
Raffinerie d'Arzew
Département Laboratoire

Date & Heure : 04/12/2024 06H30
 Quart : QC J2
 Destinataire : Zone 04/TE/ PP / TL

| UNITES | Norme | UNITE 11 | | | | | | | UNITE 12 | | |
|----------------------------------|-----------|---------------|-------|-------|--------------|-----|-----|-----|---------------|---------------|----------------|
| | | CHARGE U11 | LBRN2 | HBRN2 | KERO. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Designat./ Analysees | ASTM | | | | | | | | | | |
| Densité à 15°C Kg/m3 | D1288 | 0,8036 | | | | | | | 0,7430 | 0,7432 | 0,7898 |
| | D4062 | | | | | | | | | | |
| Couleur Saybolt / ASTM | D156D1500 | | | | +30 | | | | +30 | +30 | <0,5 |
| T.V.R Gr/Cm ² | D828 | 706 | | | | | | | 160 | 160 | 360 |
| S.S.W % V | D1786 | TRACES | | | | | | | | | |
| Doctor Test | D484 | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement PM °C | D88 | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement °C | D87 | | | | | | | | | | |
| P. de disparition de cristaux °C | D7163 | | | | | | | | | | |
| Additif Kérosène Mg/KOH/gr | D8242 | | | | 0,012 | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cST | D446 | | | | | | | | | | |
| Distillation Pt °C | D88 | | | | | | | | 96 | 96 | 40 |
| 5 % V | | | | | | | | | 106 | 106 | 70 |
| 10 % V | | | | | | | | | 109 | 108 | 82 |
| 20 % V | | | | | | | | | 112 | 111 | 94 |
| 30 % V | | | | | | | | | 116 | 116 | 106 |
| 50 % V | | | | | | | | | 126 | 126 | 126 |
| 70 % V | | | | | | | | | 137 | 136 | 141 |
| 90 % V | | | | | | | | | 162 | 162 | 166 |
| 95 % V | | | | | | | | | 161 | 160 | 164 |
| Pt °C | | | | | | | | | 167 | 166 | 162 |
| Perte / Résidu | | | | | | | | | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | 1,2/0,8 |

Observation :

Visa C/Maitre de Quart



BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
 Division Exploitation Raffinage
 Raffinerie d'Azouf
 Département Laboratoire

Date & Heure : 29-nov-24
 Quart : Q A 07H08
 Destinataire :

| UNITES | Notée | UNITE 11 | | | | | | | UNITE 12 | | |
|---------------------------------|-------|----------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|----------|---------|---------|
| | | CH 11 | LSRN2 | H5RN2 | KERO | LGO | HGO | BRA | CH 12 | UNIF | PLAT |
| Densité à 15°C g/cc | D038 | 0,8035 | | | | | | | 0,7402 | 0,7406 | 0,7911 |
| Conten. Sulfur / ASTM | D0820 | | | | +30 | | | | 30 | 30 | <0,5 |
| T.S.R. S/Ce ¹ | D033 | 705 | | | | | | | 140 | 140 | 400 |
| Notes d'unité | | | | | | | | | | | |
| S.S.P. % V | D119 | TRACES | | | | | | | | | |
| Conten. Test | D49 | | | | | | | | | | |
| P. d'Acide H ₂ °C | D85 | | | | | | | | | | |
| P. d'Acidimétrie °C | D87 | | | | | | | | | | |
| P. de déposition de cristaux °C | D180 | | | | | | | | | | |
| Acidité-Catalane mg/Only | D330 | | | | 0,011 | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cSt | D48 | | | | | | | | | | |
| Distillation H °C | D88 | | | | | | | | 94 | 94 | 52 |
| 3 % V | | | | | | | | | 103 | 104 | 66 |
| 10 % V | | | | | | | | | 108 | 109 | 82 |
| 20 % V | | | | | | | | | 112 | 113 | 100 |
| 30 % V | | | | | | | | | 116 | 116 | 112 |
| 40 % V | | | | | | | | | 123 | 124 | 127 |
| 50 % V | | | | | | | | | 137 | 137 | 145 |
| 60 % V | | | | | | | | | 147 | 148 | 169 |
| 80 % V | | | | | | | | | 157 | 158 | 178 |
| 95 °C | | | | | | | | | 168 | 168 | 192 |
| Produit / Résidu | | | | | | | | | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | 1,2/0,8 |

Observation : D2= D5= D6= REJ= Via C/Maire de Quart

HYGIÈNE

| | |
|---|---|
| Raffinerie d'Azouf - Laboratoire de contrôle qualité Tel C/Quartier : 5136 Tel Chef de Section : 5175 Tel Chef de Service : 5132 | BA-149-001 (*) Selon le niveau de spécification (4-Prod -1) Avertissement : La reproduction de ce document est strictement interdite sans autorisation du Laboratoire |
|---|---|



سوناطراك
sonatrach

BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
 Division Exploitation Raffinage
 Raffinerie d'Arzew
 Département Laboratoire

Date & Heure : 23-11-2024 07H00
 Quart : QD J1
 Destinaire : ZONE 4 TL/PP/TE

| UNITES | Norme | | | | | | | | UNITE 12 | | |
|-----------------------------------|------------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|---------|----------|--------|--------|
| | | CH U11 | LBRN1 | HBRN1 | KERO. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Designat / Analyses | ASTM | | | | | | | | | | |
| Densité à 15°C Kg/m ³ | D1288 | 0,8068 | | | | | | | 0,7392 | 0,7314 | 0,7903 |
| | D4062 | | | | | | | | | | |
| Couleur Saybolt / ASTM | D1560/1590 | | | | | | | | +30 | +30 | <0,5 |
| T.V.R Gr/Cm ² | D825 | 740 | | | | | | | 150 | 120 | 370 |
| B.S.W % V | D1788 | TRACES | | | | | | | | | |
| Docteur Test | D484 | | | | | | | | | | |
| P. d'éclair PM °C | D83 | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement °C | D97 | | | | | | | | | | |
| P. de disparition de orificaux °C | D7163 | | | | | | | | | | |
| Acidité Kéroène MgKOH/gr | D6242 | | | | 0,012 | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cST | D445 | | | | | | | | | | |
| Distillation PI °C | D88 | | | | | | | | 95 | 96 | 52 |
| 5 % V | | | | | | | | | 102 | 102 | 68 |
| 10 % V | | | | | | | | | 106 | 107 | 79 |
| 20 % V | | | | | | | | | 110 | 112 | 86 |
| 30 % V | | | | | | | | | 112 | 114 | 94 |
| 50 | | | | | | | | | 122 | 122 | 122 |
| 70 % V | | | | | | | | | 134 | 135 | 139 |
| 80 % V | | | | | | | | | 148 | 150 | 160 |
| 85 % V | | | | | | | | | 156 | 157 | 175 |
| PT °C | | | | | | | | | 168 | 168 | 193 |
| Perte / Résidu | | | | | | | | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | 1,20,8 | |

Via Maître de Quart

| | |
|---|----------------------------|
|  | BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04 |
|---|----------------------------|

Activité RPC
 Division Exploitation Raffinage
 Raffinerie d'Arzew
 Département Laboratoire

| | |
|----------------|------------------|
| Date & Heure : | 30-10-2024 07H00 |
| Quart : | QD J1 |
| Destinataire : | ZONE 4 TL/PP/TE |

| UNITES | Norme | | | | | | | | UNITE 12 | | | |
|----------------------------------|-------------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|----------|---------|---------|---------|
| | | ASTM | CH U11 | L8RN1 | H8RN1 | KERO. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Densité à 15°C Kg/m3 | D1288 | 0,8056 | | | | | | | | 0,7434 | 0,7416 | 0,7934 |
| | D4862 | | | | | | | | | | | |
| Couleur Saybolt / ASTM | D1500/D1501 | | | | | | | | | +30 | +30 | <0,5 |
| T.V.R Gr/Cm ² | D323 | 720 | | | | | | | | 125 | 135 | 330 |
| B.S.W % V | D1783 | TRACES | | | | | | | | | | |
| Doctor Test | D494 | | | | | | | | | | | |
| P. d'éclair PM °C | D98 | | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement °C | D97 | | | | | | | | | | | |
| P. de disparition de cristaux °C | D7163 | | | | | | | | | | | |
| Acidité Kérosène MgKOH/gr | D3242 | | | | 0,013 | | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cST | D445 | | | | | | | | | | | |
| Distillation PI °C | D86 | | | | | | | | | 96 | 96 | 51 |
| 5 % V | | | | | | | | | | 105 | 103 | 75 |
| 10 % V | | | | | | | | | | 110 | 109 | 84 |
| 20 % V | | | | | | | | | | 115 | 114 | 96 |
| 30 % V | | | | | | | | | | 118 | 118 | 109 |
| 50 % V | | | | | | | | | | 126 | 124 | 126 |
| 70 % V | | | | | | | | | | 138 | 136 | 144 |
| 90 % V | | | | | | | | | | 154 | 152 | 166 |
| 95 % V | | | | | | | | | | 161 | 160 | 184 |
| Pf °C | | | | | | | | | | 168 | 167 | 190 |
| Perte / Résidu | | | | | | | | | | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | 1,2/0,8 |

Visa C/Maître de Quart



BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
 Divisione Exploitation Raffinage
 Raffinerie d'Arzew
 Departement Laboratoire

Date & Heure : 24/10/2024 06H30
 Quart : QC J1
 Destinataire : Zone 04/TE/ PP / TL

| UNITES | Norme | UNITE 11 | | | | | | | UNITE 12 | | |
|----------------------------------|------------|---------------|-------|-------|--------------|-----|-----|---------|---------------|---------------|----------------|
| | | CH11 | LSRN2 | HSRN2 | KERO. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Designat / Analyses | ASTM | | | | | | | | | | |
| Densité à 15°C Kglm3 | D1298 | 0,8076 | | | | | | | 0,7421 | 0,7423 | 0,7925 |
| | D4052 | | | | | | | | | | |
| Couleur Saybolt / ASTM | D156/D1500 | | | | +30 | | | | +30 | +30 | <0,5 |
| T.V.R Gr/Cm ² | D323 | 640 | | | | | | | 135 | 130 | 350 |
| B.S.W % V | D1796 | Traces | | | | | | | | | |
| Docteur Test | D464 | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement PM °C | D93 | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement °C | D97 | | | | | | | | | | |
| P. de disparition de cristaux °C | D7153 | | | | | | | | | | |
| Acidité Kérosène MgKOH/g | D3242 | | | | 0,012 | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cSt | D445 | | | | | | | | | | |
| Distillation Pl °C | D86 | | | | | | | | 94 | 94 | 61 |
| | | 5 % V | | | | | | | 103 | 103 | 76 |
| | | 10 % V | | | | | | | 108 | 108 | 84 |
| | | 20 % V | | | | | | | 111 | 112 | 96 |
| | | 30 % V | | | | | | | 115 | 116 | 106 |
| | | 50 % V | | | | | | | 123 | 124 | 124 |
| | | 70 % V | | | | | | | 134 | 134 | 139 |
| | | 90 % V | | | | | | | 151 | 152 | 158 |
| | | 95 % V | | | | | | | 157 | 158 | 163 |
| | | Pl °C | | | | | | | | 168 | 167 |
| Parte / Résidu | | | | | | | | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | 1,2/0,8 | |

Observation :

Visa C/Maitre de Quart



سوناطراك
sonatrach

BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
Division Exploitation Raffinage
Raffinerie d'Arzew
Département Laboratoire

Date & Heure : 06/12/24 6H30
Quart : QA J2
Destinataire : ZONE 4 TL/PP/TE

| UNITES | | Norme | | | | | | | UNITE 12 | | |
|-------------------------------|------------------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|----------|--------|--------|
| Designat./ Analyses | ASTM | BRUT | LSRN2 | HSRN2 | KERD. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Densité à 15°C | D1298 D4052 | 0,8036 | | | | | | | 0,7420 | 0,7426 | 0,7910 |
| Couleur Saybolt / | ASTM D1560/D1560 | | | | +30 | | | | 30 | 30 | <0,5 |
| T.V.R | D323 | 730 | | | | | | | 150 | 145 | 400 |
| B.S.W | D1793 | TRACE | | | | | | | | | |
| Doctor Test | D484 | | | | | | | | | | |
| P. d'éclair | PM °C | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement | °C | | | | | | | | | | |
| P. de disparition de cristaux | °C | | | | | | | | | | |
| Acidité Kérosène | Mg/KOH/gr | | | | 0,011 | | | | | | |
| Viscosité à 100°C | cST | | | | | | | | | | |
| Distillation | P1 °C | | | | | | | | 95 | 95 | 49 |
| | 5 % V | | | | | | | | 104 | 103 | 67 |
| | 10 % V | | | | | | | | 107 | 106 | 78 |
| | 20 % V | | | | | | | | 111 | 110 | 94 |
| | 30 % V | | | | | | | | 114 | 113 | 104 |
| | 50 | | | | | | | | 124 | 124 | 122 |
| | 70 % V | | | | | | | | 135 | 134 | 138 |
| | 90 % V | | | | | | | | 151 | 150 | 160 |
| | 95 % V | | | | | | | | 159 | 158 | 169 |
| | PF °C | | | | | | | | 168 | 167 | 192 |
| Perte / Résidu | | | | | | | | | 1,10,9 | 1,01,0 | 1,20,8 |

Visa Maître de Quart

Aouf



سوناتراش
sonatrach

BULLETIN D'ANALYSE ZONE 04

Activité RPC
 Division Exploitation Raffinage
 Raffinerie d'Arzew
 Département Laboratoire

Date & Heure : 27/11/24 6H30
 Quart : QA J1
 Destinataire : ZONE 4 TL/PPITE

| UNITES | Norme | | | | | | | | UNITE 12 | | |
|----------------------------------|----------------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|---------|----------|---------|--------|
| | | BRUT | LSRN2 | HSRN2 | KERO. | LGO | HGO | BRA | CH U12 | UNIF | PLAT |
| Designat./ Analyses | ASTM | | | | | | | | | | |
| Densité à 15°C Kg/m3 | D1298 D4852 | 0,8030 | | | | | | | 0,7413 | 0,7416 | 0,7902 |
| Couleur Saybolt / ASTM | D156/D1569 | | | | +30 | | | | 30 | 30 | <0,5 |
| T.V.R Gr/cm ³ | D323 | 740 | | | | | | | 125 | 135 | 375 |
| B.S.W % V | D1793 | TRACE | | | | | | | | | |
| Doctor Test | D484 | | | | | | | | | | |
| P. d'éclair PM °C | | | | | | | | | | | |
| P. d'écoulement °C | D97 | | | | | | | | | | |
| P. de disparition de cristaux °C | D7153 | | | | | | | | | | |
| Acidité Kérosène MgKOH/gr | D3242 | | | | 0,010 | | | | | | |
| Viscosité à 100°C cST | D445 | | | | | | | | | | |
| Distillation PI °C | D86 | | | | | | | | 96 | 95 | 49 |
| 5 % V | | | | | | | | | 104 | 102 | 69 |
| 10 % V | | | | | | | | | 108 | 106 | 79 |
| 20 % V | | | | | | | | | 111 | 110 | 95 |
| 30 % V | | | | | | | | | 115 | 113 | 104 |
| 50 | | | | | | | | | 124 | 122 | 120 |
| 70 % V | | | | | | | | | 133 | 132 | 137 |
| 90 % V | | | | | | | | | 149 | 145 | 159 |
| 95 % V | | | | | | | | | 156 | 156 | 168 |
| PI °C | | | | | | | | | 166 | 166 | 193 |
| Perte / Résidu | | | | | | | | 1,140,9 | 1,071,0 | 1,270,8 | |

Vice-Chef de Quart

BEMLKHAL B

Anexes 03

| | | |
|--|---|-----------------------------|
|  سوناتراش sonatrach | ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|--|---|-----------------------------|

| PONA | |
|---------------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 18/08/2024 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 59.50 | 59.62 | 34.04 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 30.30 | 30.18 | 11.16 |
| Aromatiques % vol | | 10.20 | 10.20 | 54.70 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.25 | |
| Traces d'MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.6 |

OBSERVATION :

Visa Laboratoire
GHENIM

BA -LAB-C03 b

Activité RPC
 DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE
 Raffinerie d'Arzew
 BP 37 Z.I. Arzew – Oran
 Tel : 041 68 02 44 à 49 - Fax : 041 68 02 42 à 50

| | |
|---|-----------------------------|
| <p>سوناتراش</p> <p>ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW</p> <p>sonatrach</p> | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|---|-----------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 01/09/2024 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 60.47 | 60.59 | 33.34 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.43 | 29.31 | 11.56 |
| Aromatiques % vol | | 10.10 | 10.10 | 55.00 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.24 | |
| Traces d'MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.6 |

OBSERVATION :

Visa Laboratoire
GHENIM

| | |
|--|-----------------------------|
| سوناطراك ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW sonatrach | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|--|-----------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 01/10/2024 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 60.60 | 59.99 | 35.36 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.70 | 30.31 | 8.33 |
| Aromatiques % vol | | 9.70 | 9.70 | 56.22 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.26 | |
| Traces d'MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.0 |

OBSERVATION :

Visa Laboratoire

| | |
|---|-----------------------------|
| <p>سوناطراك</p> <p>ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW</p> <p>sonatrach</p> | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|---|-----------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 16/10/2024 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|-----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 61.90 | 61.30 | 34.90 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.30 | 29.90 | 8.12 |
| Aromatiques % vol | | 8.80 | 8.80 | 56.88 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.24 | |
| Traces d' MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.2 |

OBSERVATION :

Visa Laboratoire
GHENIM

Annexes 04

| | |
|--|---------------------------|
| سوناطرache ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW sonatrach | Bulletin D'analyse |
|--|---------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 02/01/2025 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |


| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 61.27 | 61.17 | 33.93 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.11 | 29.21 | 9.61 |
| Aromatiques % vol | | 9.62 | 9.62 | 56.36 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.24 | |
| Traces d'MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.2 |

OBSERVATION :

Visa Laboratoire
GHENIM

BA -LAB-C03 b

Activité RPC
 DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE
 Raffinerie d'Arzew
 BP 37 Z.1, Arzew - Oran
 Tél : 041 68 02 44 à 49 - Fax : 041 68 02 42 à 50

| | | |
|---|---|-----------------------------|
| سونا تراش  sonatrach | ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|---|---|-----------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 16/01/2025 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 60.84 | 60.49 | 33.45 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.76 | 30.11 | 9.56 |
| Aromatiques % vol | | 9.40 | 9.40 | 56.89 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.23 | |
| Traces d'MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.8 |


OBSERVATION :

Visa Laboratoire

GHENIM

BA -LAB-C03 b

Activité RPC
 DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE
 Raffinerie d'Arzew
 BP 37 Z.I. Arzew - Oran
 Tel : 041 68 02 44 à 49 - Fax : 041 68 02 42 à 50

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| سوناطراك  sonatrach | ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|--|---|-----------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 02/12/2024 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 61.41 | 60.85 | 33.90 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.49 | 30.05 | 9.50 |
| Aromatiques % vol | | 9.1 | 9.1 | 56.50 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.20 | |
| Traces d'MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.0 |


OBSERVATION :

Visa Laboratoire

GHENIM

BA -LAB-C03 b

Activité RPC
 DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE
 Raffinerie d'Arzew
 BP 37 Z.I. Arzew - Oran
 Tel : 041 68 02 44 à 49 - Fax : 041 68 02 42 à 50

| | | |
|---|---|-----------------------------|
| سونا تراش  sonatrach | ACTIVITE RPC DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE RAFFINERIE D'ARZEW | <h2>Bulletin D'analyse</h2> |
|---|---|-----------------------------|

| PONA | |
|--------------|-------------------------|
| Laboratoire | Raffinerie d'Arzew RA1Z |
| Date | 17/12/2024 |
| Produit | HSRN, UNIFINAT, PLAT |
| Provenance | Unité 12 Zone 4 |
| Destinataire | TL / TE / Z4 |

| Analyses | Méthode D'essais | Résultats | | |
|-----------------------|------------------|-----------|----------|-------|
| | | HSRN | UNIFINAT | PLAT |
| Paraffines % vol | IP 145 | 61.20 | 61.35 | 33.20 |
| Oléfines % vol | | Traces | Traces | 0.10 |
| Naphtènes % vol | | 29.20 | 29.05 | 10.0 |
| Aromatiques % vol | | 9.60 | 9.60 | 56.70 |
| Teneur en Soufre ppm | D 4294 | | 0.21 | |
| Traces d' MTBE en ppm | D 7423 | Traces | | |
| Indice d'octane | D 2699 | | | 94.3 |

OBSERVATION :

Visa Laboratoire
GHENIM

BA -LAB-C03 b

Activité RPC
 DIVISION EXPLOITATION RAFFINAGE
 Raffinerie d'Arzew
 BP 37 Z.I. Arzew – Oran
 Tél : 041 68 02 44 à 49 - Fax : 041 68 02 42 à 50