

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE BLIDA 1**



**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES**

**MEMOIRE**

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de  
**MASTER EN GENIE DES PROCEDES**

**Option : Génie des Procèdes des Matériaux**

**THEME**

**Etude des dépôts sur les échangeurs de  
refroidissement du Slurry 530-E-028 A/B**

**Réalisé par :**

- REMMIDE Ahlem
- MERAH Aicha Zahra

**Encadré par :**

Dr. S. BOUMAD

Mr. M. LARIBI

**Blida, Juillet 2023**

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة ظاهرة تآكل المبادلات الحرارية لوحدة التسخين المسبق والبريد لحمولة وحدة التكرير التحفيزي قبل مرورها في عمود التفاعل بمصفاة البترول بالجزائر العاصمة. تمت دراسة ومراقبة طبيعة الرواسب بمرور الوقت وتأثير بعض معايير التشغيل (درجة الحرارة وكمية الحرارة المتبادلة) على هذه الظاهرة في مصفاة الجزائر العاصمة. أظهرت النتائج المنحصلة على أنها الخلية المبادلات الحرارية المدروسة أن كمية الحرارة بمرور الوقت تنوع وتيرة أسية مع وجود تذبذبات ناتجة عن عدم استقرار التدفق وتأثير الصطدام بين الجسيمات. وفي النتائج طبيعة الرواسب، تم العثور على عدة أنواع من الملوثات، حيث أعطت التحليلات ذكرا عن تركيبها الكيمياء، والتي تتكون أساسا من هيدروكربونات الأليفاتية والسيلكون بكميات صغيرة.

الكلمات المفتاحية: المبادلات الحرارية، التكرير التحفيزي، رواسب، درجة الحرارة، كمية الحرارة المتبادلة

## Résumé

L'objectif du présent travail est l'étude du phénomène d'encrassement des échangeurs de chaleur, de type tube-calandre, du circuit préchauffe et refroidissement de la charge de l'unité de craquage catalytique avant son passage dans la colonne de réaction de la raffinerie d'Alger. Le suivi de la nature du dépôt d'encrassement au cours du temps et l'influence de quelques paramètres opératoires (température et la quantité de chaleur) sur ce phénomène à la raffinerie d'Alger ont été étudiés. Les résultats obtenus pour la cellule d'échangeurs étudiés ont montré que la quantité de chaleur au cours du temps suit une allure exponentielle avec l'existence de fluctuations causées par l'instabilité du débit et par l'effet de l'impact entre les particules, et Les analyses du dépôt ont donné une idée sur sa composition chimique, constituée essentiellement aluminium et silicium d'hydrocarbures en faible quantité.

**Mots clés :** échangeurs de chaleur, craquage catalytique, encrassement, température, quantité de chaleur

## Abstract

The objective of this work is the study of the fouling phenomenon of the heat exchangers, of the tube-shell type, of the preheating and cooling circuit of the load of the catalytic cracking unit before its passage in the reaction column of the Algiers refinery. The monitoring of the nature of the sediment over time and the influence of some operating parameters (temperature and the amount of transferred heat) on this phenomenon at the Algiers refinery have been studied. The obtained results for the cell of exchangers studied showed that the amount of heat over time follows an exponential appearance with the existence of fluctuations caused by the instability of the flow and the effect of the impact between the particles. The analysis of the sediment gave an idea of its chemical composition, consisting mainly of aluminum and silicon hydrocarbons in small quantities.

**Keywords:** heat exchangers, catalytic cracking, fouling, temperature, transferred heat

# Remerciement

Ce projet n'aurait jamais vu le jour sans la bénédiction d'**ALLAH**, qui nous a donné la force et la volonté de nous sur passer et d'accomplir ce travail.

Aux termes de ce mémoire, nous tenons à exprimer nos sincères et profonds remerciements à notre encadrante **M<sup>elle</sup>BOUMAD Souad**, maitre de conférences B à l'université Blida 1, grâce à qui, nous avons pu bénéficier d'un excellent encadrement. Nous la remercions de nous avoir aidées tout au long de ce travail avec beaucoup de patience, ainsi pour ses conseils et encouragement.

Nous tenons également à remercier notre Co-encadrant **M. LARIBI Mourad**, ingénieur au sein de la raffinerie d'Alger, de nous avoir dirigé tout au long de notre stage, et nous avoir donné accès à tous les moyens nécessaires et disponibles pour développer notre problématique.

Nous remercions également l'ensemble des membres du jury qui ont accepté de juger et d'examiner ce travail.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à tous nos camarades et nos amis pour leurs conseils ainsi que leurs soutiens inconditionnels.

Il y'a des personnes de très grande importance dans notre vie, qui nous accompagnent et qui nous soutiennent tout le temps, il s'agit de **nos parents** et nos familles. Merci pour le soutien l'encouragement et les conseils que vous nous avez toujours prodigués.

Pour ceux dont les noms ne figurent pas sur cette liste et qui nous ont soutenus d'une manière ou d'une autre, nous vous adressons tous nos sentiments de reconnaissance.

*Zahra et Ahlem*

## SOMMAIRE

Résumé	
Remerciement	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Nomenclature	
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre 1 : étude bibliographique</b>	
I.1Présentation de la raffinerie.....	4
I.2 Historique du craquage catalytique .....	5
I.3 Description de craquage catalytique.....	6
a. Le réacteur.....	7
b. Le régénérateur.....	7
I.4 Le catalyseur .....	8
I.5 Type de craquage catalytique .....	9
I.5.1 Le craquage catalytique sur lit fluidisé FCC.....	9
I.5.2 Le craquage catalytique sur lit mobil .....	9
I.5.3Le craquage catalytique sue lit mobil selon le procédé TCC .....	10
I.6 Le craquage catalytique des principales familles ‘hydrocarbure’.....	10
I.6.1 Hydrocarbure saturé : paraffine naphthènes .....	10
I.6.2 Craquage des oléfines .....	10
I.6.3 Craquage des aromatique .....	10
I.7 Types de réaction de craquage catalytique .....	11
I.7.1 Craquage catalytique acide .....	11
I.7.2 Craquage catalytique d’hydrogène.....	12
I.8 Paramètre qui influence le craquage catalytique .....	13
I.8.1 La nature des charges .....	13
I.8.2 Le catalyseur .....	13
I.8.3 La pression .....	13
I.8.4 La température .....	14

## **Chapitre II : Encrassement des échangeurs de chaleur**

Introduction.....	16
II.1 Généralité sur les échangeurs de chaleur .....	16
II.1.1 Définition .....	16
II.1.2 Classification des échangeurs de chaleurs .....	17
II.1.2.1 Classification selon le mode de circulation .....	17
a. Circulation à contre-courant .....	17
b. Circulation a co-courant (courant parallèle).....	17
c. Circulation courant croisés .....	18
II.1.2.2 Classification selon le type d'appareillage .....	18
a. Echangeur tube et calandre .....	18
b. Echangeurs a plaque .....	20
c. Echangeur coaxial (double tube).....	20
II.2 Phénomène décrassement .....	21
II.2.1 Définition d'encrassement .....	21
II.2.2 Types d'encrassement .....	21
II.2.2.1 Classification par mécanisme.....	21
a. Encrassement par corrosion .....	21
b. Encrassement biologique .....	22
c. Encrassement par réaction chimique .....	22
d. Entartage .....	23
e. Encrassement particulaire.....	23
II.2.2.2 Classification par nature des dépôts .....	23
a. Dépôt dur .....	23
b. Dépôt poreux .....	23
c. Dépôt mou .....	24
II.2.3 Apparition et développement de l'encrassement .....	24
II.2.3.1 initiation .....	24
II.2.3.2 transport des particules dans le fluide jusqu'au voisinage de la paroi .....	24
II.2.3.3 Adhésion des particules .....	24
II.2.3.4 réentraînement des particules déposé .....	24
II.2.3.5 vieillissement du dépôt .....	24
Conclusion.....	25

## **Chapitre III : Etude expérimentale**

III.1 Présentation du problème et objectif de l'étude .....	27
III.2 hypothèse simplificatrice.....	29
III.3 Suivi expérimental .....	30
III.4 Procédure de calcul .....	33
a. Cas design .....	33
b. Cas réel.....	36
III.5 Nature des dépôts .....	38
Conclusion générale .....	43

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b>	schéma synoptique de la raffinerie d'alger .....	5
<b>Figure I.2</b>	schéma d'une unité de cracking catalytique .....	6
<b>Figure I.3</b>	schéma-bloc du FCC.....	7
<b>Figure I.4</b>	schéma sur l'utilisation de catalyseur .....	9
<b>Figure II.1</b>	Circulation à contre-courant .....	17
<b>Figure II.2</b>	Circulation à Co-courant.....	17
<b>Figure II.3</b>	Exemples d'échangeurs à courants croisés .....	18
<b>Figure II.4</b>	Schéma et photographie d'un échangeur à faisceau de tube et calandre .....	19
<b>Figure II.5</b>	Photographie d'une calandre de type E et un faisceau de tube en U.....	19
<b>Figure II.6</b>	Schéma et photographie d'un échangeur à plaques.....	20
<b>Figure II.7</b>	Schéma et photographie d'un échangeur à double tube .....	21
<b>Figure II.8</b>	L'encrassement dans un échangeur tubulaire .....	21
<b>Figure II.9</b>	Importante corrosion .....	22
<b>Figure II.10</b>	Représentation schématique des différentes phases de dépôt et de réentraînement .....	25
<b>Figure III.1</b>	schéma Echangeur faisceau et calandre à tête flottante .....	28
<b>Figure III.2</b>	échangeur de chaleur E028. ....	28
<b>Figure III.3</b>	température en fonction du temps période septembre 2022.....	31
<b>Figure III.4</b>	température en fonction du temps période mars 2023 .....	33
<b>Figure III.5</b>	variation de la quantité de chaleur en fonction du temps période septembre 2022.....	36
<b>Figure III.6</b>	quantité de chaleur en fonction du temps période mars 2023 .....	37
<b>Figure III.7</b>	problème d'encrassement d'échangeur E02.....	39

---

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b>	rendement en essence obtenu par le craquage des différentes coupes .....	13
<b>Tableau III.1</b>	propriétés slurry .....	29
<b>Tableau III.2</b>	température de débit moi de septembre 2022 .....	30
<b>Tableau III.3</b>	température et débit période de mars 2023.....	32
<b>Tableau III.4</b>	quantité de chaleur slurry période de septembre 2022 .....	35
<b>Tableau.III.5</b>	quantité de chaleur slurry période de mars 2023.....	36
<b>Tableau III.6</b>	nature de dépôt .....	39
<b>Tableau III.7</b>	bulletin d'analyse eau mois de mars.....	40
<b>Tableau III.8</b>	bulletin d'analyse eau moi de septembre 2022 .....	41

## Liste d'abréviation et nomenclature

A	Surface d'échange thermique en (m <sup>2</sup> )
C <sub>p</sub>	Chaleur calorifique du fluide à pression constante en (kJ/kg°C)
d <sub>i</sub>	Diamètre interne des tubes en mètre (m)
d <sub>o</sub>	Diamètre externe des tubes en mètre (m)
e	Epaisseur des tubes en mètre (m)
FCC	Craquage catalytique sur lit fluidisé
GMI	Service maintenance mécanique industrielle.
GE	Service maintenance électrique.
GEI	Service maintenance électronique instrumentation
GMC	Service maintenance chaudronnerie
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
k	Conductivité thermique en (kW/m <sup>2</sup> °C)
l	Longueur des tubes en mètre
m	Débit massique en (kg/s)
N <sub>t</sub>	Nombre de tube
Q	Débit volumique en (m <sup>3</sup> /s)
RFCC	Craquage catalytique des fluides résiduels.
T	Temps en (s)
TCC	Thermo for catalytic cracking.
t <sub>e</sub> , t <sub>s</sub>	Températures d'entrée et de sortie du fluide froid en (°C)
UOP	Honeywell
ΔT <sub>m</sub>	Différence moyenne logarithmique de température en (°C)
P	Masse volumique en (kg/m <sup>3</sup> )
M	Viscosité dynamique en (kg/ms)

# **Introduction Générale**

---

---

## INTRODUCTION GENERAL

Les échangeurs de chaleur sont couramment utilisés dans un large éventail d'applications. Ils sont présents dans des secteurs extrêmement divers malgré la même fonction de base qui est de transférer de l'énergie thermique entre deux ou plusieurs fluides à des températures différentes. Ils sont présents aussi bien dans le secteur industriel (chimie, pétrochimie, agroalimentaire, électricité, etc.), le secteur résidentiel (chauffage et climatisation), ainsi que le secteur de transport (automobile, marine, etc.). A titre d'information, 30% des équipements des unités pétrochimiques sont constitués d'appareils d'échange de chaleur [1]. Il est devenu de plus en plus indispensable de posséder des informations complètes sur l'état des échangeurs de chaleurs et plus précisément le phénomène d'encrassement qui est devenu un sujet d'actualité.

L'encrassement résulte de la boue causée par des suspensions insolubles, de la rouille causée par la corrosion ou bien d'un dépôt du tartre. Tout ceci, s'il est pris à temps, peut être nettoyé à moindre coût. Une fréquence de nettoyage trop grande augmenterait les coûts de production des usines par des pertes de productions dues aux arrêts nécessaires au nettoyage ou par une augmentation des coûts d'entretien. En revanche, si le phénomène d'encrassement dans les échangeurs thermiques n'est pas considéré, il y aura une augmentation des pertes énergétiques, une hausse de la consommation de l'eau, de l'électricité et du carburant. Tout cela apportera un impact sur l'environnement dû à une augmentation de CO<sub>2</sub>.

L'objectif principal de ce mémoire est le suivi de la température et les quantités de chaleur en fonction du temps des échangeurs de chaleurs de la raffinerie d'Alger. Dans ce besoin, cette étude est répartie sur trois chapitres, dont le premier chapitre est consacré à la présentation de la raffinerie d'Alger et le craquage catalytique ou les différents types ainsi que leur fonctionnement ont été cités.

Le deuxième chapitre concerne quelques généralités sur les échangeurs de chaleur, comportant leur classification ainsi que leurs domaines d'utilisation. Il donne aussi un aperçu sur le phénomène d'encrassement qui est l'un des problèmes majeurs liés au fonctionnement de ces échangeurs et ces différents types.

Le dernier chapitre concerne l'étude expérimentale sur le phénomène d'encrassement d'un échangeur de chaleur E028 dans l'unité d'RFCC de la raffinerie d'Alger. Ce chapitre

exposera la problématique, le suivi expérimental de la température et la nature de dépôt d'une façon quotidienne, et les résultats obtenus concernant l'évolution de cette dernière au cours du temps. Le travail se termine par une conclusion générale et quelque recommandation pour éviter ou minimiser ce problème.



**CHAPITRE I**  
**ETUDE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# CHAPITRE I

## ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### I.1 Présentation de la raffinerie d'Alger

Suite à la découverte du Pétrole au sud algérien en janvier 1956, la raffinerie d'Alger a été créée en décembre de la même année, à 5 Km au sud d'EL Harrach et à 20 Km à l'Est d'Alger avec une superficie de 182 hectares. Cet emplacement a été choisi Après une étude du sol et la découverte d'une nappe d'eau nécessaire pour l'alimentation des systèmes de refroidissement (figure.I.1).

Ce n'est que le 19 janvier 1964 que la raffinerie a commencé son activité par une compagnie étrangère. Le coût de construction est environ 210 millions dinars dont 170 millions pour ses différentes installations (voir annexe A) et 40 millions pour les frais établis et autres.

Avant 1971, l'alimentation de la raffinerie était par tankers du pétrole de Bejaia jusqu'au port pétrolier d'Alger, en suite un piquage a été réalisé à Beni Mansour à partir de pipe reliant Hassi-Messaoud –Bejaia d'un débit de 800 m<sup>3</sup>/h de 26 pouces, jusqu'au parc de stockage.

Concernant le choix de la région algéroise, elle se présente comme un pôle futur de développement industriel. De plus, elle a l'avantage d'être le plus grand centre de consommation, représentant 40 % à 50 % de la demande intérieure.

La distillation atmosphérique et le craquage catalytique sont les principaux procédés utilisés pour le traitement du pétrole au niveau de la raffinerie (voir annexe A). Au démarrage de la raffinerie la capacité de production étant de 1800 tonnes/an et par la suite a atteint le plafond en 1991 avec 3 millions de tonnes/an, et dernièrement est de 2 700 000 tonnes/an. Une grande gamme variée de produits qui répondent aux normes nationales et internationales sont produit, notamment :

- Butane et propane commerciaux ;
- Naphta (30% essence straight run SR+70% solvant total);
- Essences normale et super ;
- Kérosène (Jet) ;
- Gas-oil et carburant lourd.

L'objectif principal de la raffinerie, sur le plan quantitatif, est de continuer à assurer la couverture des besoins en produits de première nécessité tels que l'essence, gasoil, gaz de pétrole liquéfié GPL, etc., et les produits qui servent de base pour l'industrie pétrochimique. Sur le plan qualitatif, un programme est mis en place, qui consiste à l'élimination totale du plomb prochainement.

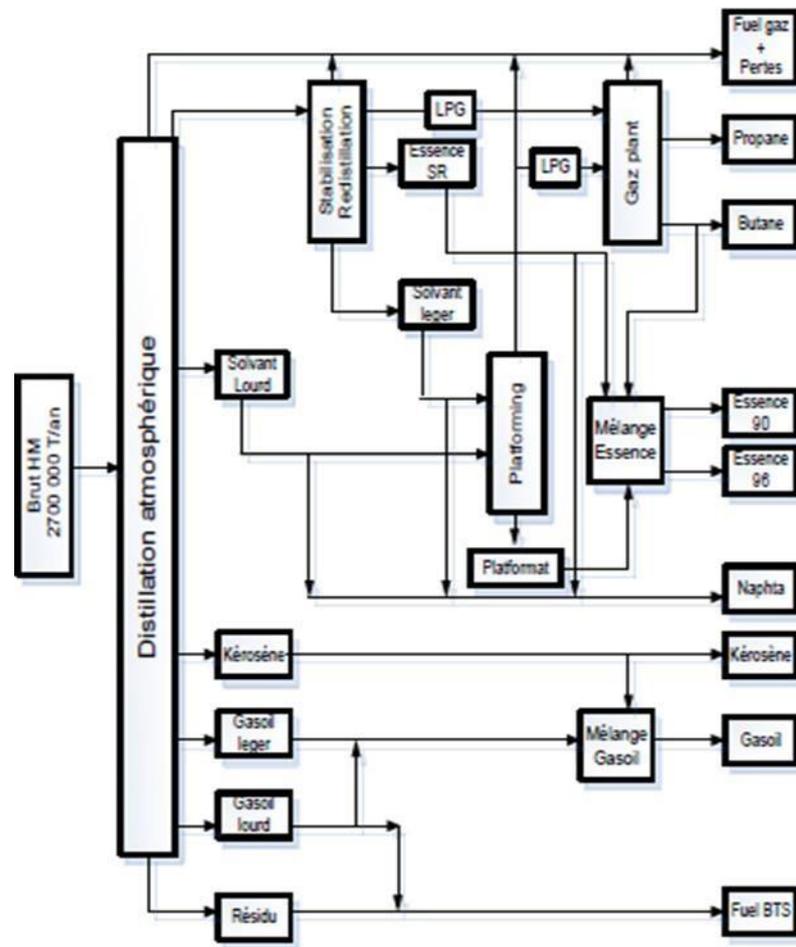


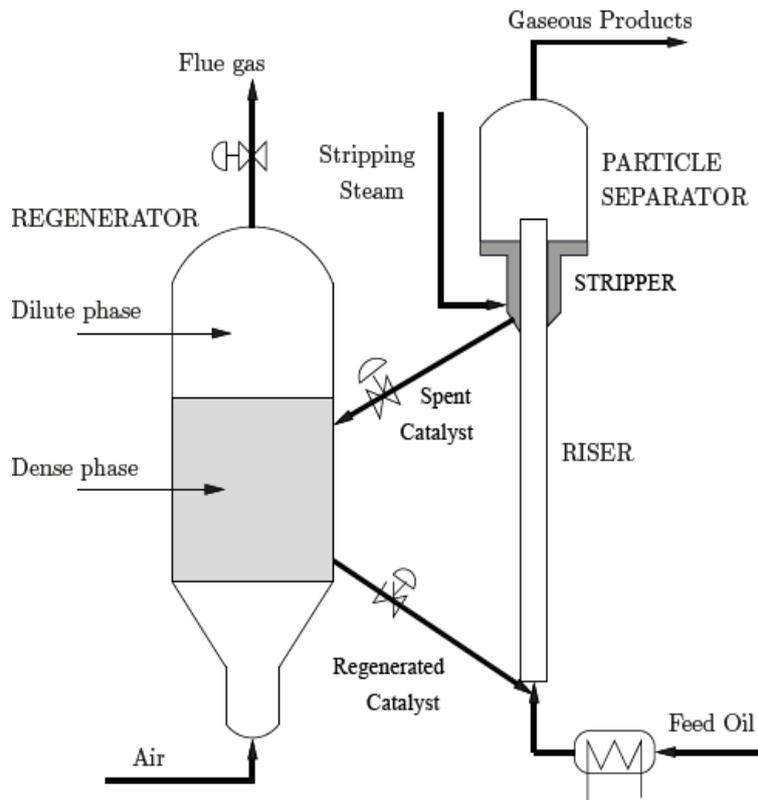
Figure I. 1. Schéma synoptique de la raffinerie d'alger

## I.2 Historique du craquage catalytique

Le craquage catalytique est un procédé bien connu depuis très longtemps, où la première unité industrielle a été construite en 1936, à MARCUS-HOOK en Californie. L'ingénieur français EUGENE HOUDRY a été l'un des pionniers dans ce domaine du raffinage.

Depuis cette époque, le craquage a beaucoup progressé, grâce au développement de nouveaux catalyseurs et aux améliorations technologiques. Il équipe actuellement presque toutes les raffineries des pays industrialisés dont le marché des carburants est très développé [07].

Le craquage catalytique moderne fonctionne en phase gazeuse et a basse pression. Ce procédé est beaucoup plus rapide et sélectif que le craquage thermique. Il permet de diminuer la sévérité des opérations et donc de réduire considérablement les réactions secondaires qui produisent des gaz du coke et des résidus lourds, au détriment de l'essence. D'autre part, l'essence obtenus est de meilleurs qualité (stabilité, indices d'octanes très supérieurs...), alors le craquage catalytique s'est donc imposé très rapidement (figure I.2.). [08]



**Figure I.2.** schéma d'une unité de cracking catalytique d'après (corriou , 1996)

### I.3 Description de craquage catalytique

Le craquage catalytique est une opération qui consiste à fragmenter des hydrocarbures de masses moléculaires élevées situées dans une fraction distillant au-dessus de 350°C. Le processus se fait sur un catalyseur acide à basse pression et à une température voisine de 500°C, des hydrocarbures plus faibles dont la plus grande partie est constituée par une coupe essence allant de C<sub>5+</sub> à 200°C ou 220°C sont obtenus. Les catalyseurs utilisés dans cette unité sont des matériaux, solides (zéolite, hydrosilicate d'aluminium, argile de bentonite traitée, terre à foulon, bauxite et silico-aluminates) sous forme de poudre, de grain.

A l'heure actuelle, le craquage catalytique est le procédé de conversion le plus important en termes de tonnage de charge traité et de quantité de catalyseurs utilisés [08].

Le craquage catalytique comprend deux sections (figure I.3) :

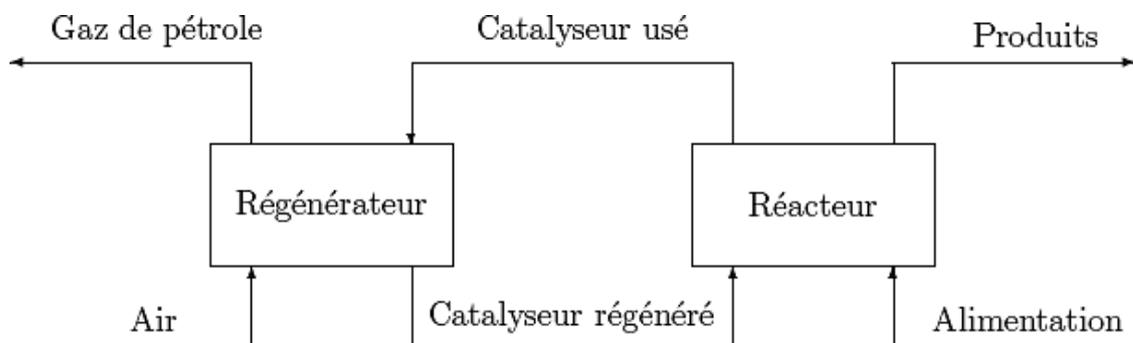
a. Le réacteur

Le réacteur se situe en haut du riser et sert de dégagement. Cela permet d'utiliser des cyclones pour séparer les particules de catalyseur des vapeurs. Les vapeurs récupérées entrent dans la colonne de fractionnement principale. Le catalyseur utilisé s'écoule dans un stripper situé au fond du réacteur, où les hydrocarbures restant à sa surface sont extraits par injection de vapeur. Le catalyseur usé (zéolite) est renvoyé au régénérateur par la ligne de transfert [09].

b. Le régénérateur

Le régénérateur est un lit fluidisé contient deux zones : une zone dense et une autre diluée. La température de combustion est comprise entre 650°C et 720°C et la quantité de coke sur le catalyseur et l'oxygène sont uniformément distribués. La combustion du coke est supposée partielle [09].

Dans le régénérateur, le catalyseur est réactivé en brûlant du coke déposé à sa surface avec l'air injecté au fond du régénérateur. Cette réaction de combustion est utilisée pour garder la température du lit de craquage du gazole entre 950-980K°. Le catalyseur régénéré est renvoyé en continu vers le riser à travers un autre circuit contenant une vanne pour réguler l'écoulement du catalyseur régénéré et pour maintenir la pression utile dans le régénérateur et le protéger d'un écoulement inverse [09].



**Figure I. 3.** Schéma représentative du bloc du FCC

## I.4 Le catalyseur

Le catalyseur de FCC est un acide composite complexe solide. Les catalyseurs de FCC modernes se composent de plusieurs ingrédients, tels que :

- Zéolites (faujasites de type Y, ZSM-5).
- Matrices actives (Silice-Alumines,).
- Liant, kaolin, pièges à métaux,...etc

### A. Catalyseur frais

Un catalyseur frais est ajouté quotidiennement pour maintenir l'intégralité de la réserve de catalyseur dans la boucle du réacteur/régénérateur. Le catalyseur frais compensera en effet les pertes continues de catalyseur entraîné avec les gaz de combustion (en haut du régénérateur 530-R-002) et avec les effluents gazeux évacués par le réacteur (en haut du réacteur 530-R-001). Une consommation de catalyseur frais estimée à 90 m<sup>3</sup> a été prise en compte par honeywell UOP pour deux mois d'exploitation dans des conditions de design.

### B. Catalyseur à l'équilibre

Le catalyseur à l'équilibre (Cat-e) soutiré de l'unité de craquage catalytique des fluides résiduels RFCC peut être réutilisé ou éliminé comme catalyseur usé. Du catalyseur à l'équilibre est envisagé pour constituer la réserve de la boucle réacteur/régénérateur au le démarrage de l'unité. En effet, l'activité du catalyseur frais est trop importante pour permettre d'envisager celui-ci pour assurer la réserve complète de la boucle réacteur/régénérateur. Par conséquent, une réserve de 329 tonnes de catalyseur à l'équilibre a été demandée par UOP pour le démarrage initial de l'unité RFCC (figure.I.4). [10]

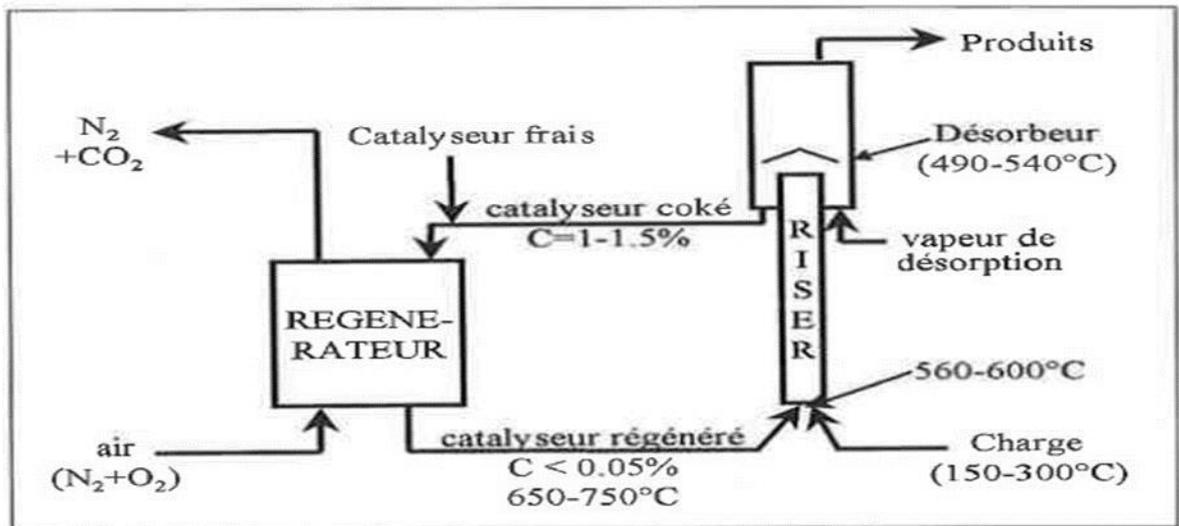


Figure I. 4: schéma sur l'utilisation de catalyseur.

## I.5 Type de procédé de craquage catalytique

### I.5.1 Le craquage catalytique sur lit fluidisé (FCC)

Un craquage catalytique en lit fluide est la pièce principale d'une raffinerie de pétrole, elle contient des colonnes de catalyse (colonne montante, réacteur, régénérateur) et une colonne de division. Le processus est conçu pour « craquer » la fraction de gazole pendant la distillation. Le craquage est réalisé avec un catalyseur qui se comporte comme un fluide lorsqu'il est traversé par de la vapeur.

Les matières premières du FCC sont la cokéfaction et le gazole atmosphérique. Ces matières premières sont envoyées à la vapeur à très haute température puis à un catalyseur. Ce processus transforme la structure de la molécule de carbone lourde en une molécule plus légère [11].

### I.5.2 Craquage catalytique sur lit mobile

Le craquage catalytique sur lit mobile est semblable au craquage catalytique sur lit fluidisé ; cependant, le catalyseur se présente sous forme de pastilles. Ces pastilles sont acheminées jusqu'à une trémie située au-dessus de l'unité par un convoyeur ou un transporteur pneumatique ; elles redescendent ensuite par gravité vers le réacteur, puis vers le régénérateur. Le réacteur est isolé du régénérateur et de la trémie par la vapeur d'étanchéité. Le produit craqué est séparé en distillats, naphthas, gaz humides et gaz de recyclage, hydrocarbures, hydrocarbures clarifiés.

### I.5.3 Craquage catalytique sur lit mobile selon le procédé TCC

Dans ce type de craquage, la charge préchauffée s'écoule dans le réacteur par gravité. Les vapeurs sont séparées du catalyseur et envoyées vers une colonne de fractionnement. Le catalyseur utilisé est régénéré, refroidi et recyclé, et les gaz provenant du régénérateur sont acheminés vers une chaudière alimentée en monoxyde de carbone pour récupérer la chaleur [12].

## **I.6 Craquage des principales familles d'hydrocarbures**

### I.6.1. Hydrocarbures saturés : paraffines et naphènes

La rupture de la chaîne droite des alkyl-naphènes est plus difficile que celle des paraffines en chaîne fermée.

Les paraffines isomérisées se comportent comme des alkyl-naphènes possèdent le même nombre de carbone tertiaire. Cette différence avec le craquage thermique est fondamentale. Soit deux oléfines se forment, soit une oléfine et un naphène, soit une oléfine et un naphène, soit une paraffine et une cyclooléfine.

Les paraffines dégagent plus de gaz que les naphènes. Ces gaz sont riches C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> et par hydrogénation partielle des isobutènes de préférence aux butènes normaux, la quantité d'isobutène est élevée.

### I.6.2 Craquage des oléfines

Les oléfines sont plus facilement dissociables que les paraffines d'un même nombre d'atomes de carbone et s'isomérisent plus facilement que les paraffines. Elles subissent ensuite les réactions secondaires de polymérisation, saturation, et aromatisation.

### I.6.3 Craquage des aromatiques

Les noyaux aromatiques, très stable, ne s'ouvrent pas malgré l'influence du catalyseur. La séparation des chaînes alkylées a lieu au ras du noyau avec formation d'oléfines. Les noyaux aromatiques subissent par la suite des réactions de condensation soit entre eux, soit avec des oléfines pour former des produits lourds fortement déshydrogénés et du coke [13].

## I.7 Type de réaction de craquage catalytique

Lors de craquage des hydrocarbures, l'utilisation d'un catalyseur dans les réactions chimiques modifie considérablement les conversions chimiques, affectant les mécanismes réactionnels et accélérant sélectivement certains de ces réactions.

Depuis leur découverte, les catalyseurs de craquage catalytique ont beaucoup développé et se composent désormais essentiellement de mélanges de silice-alumine amorphe et de silice-alumine cristallisée, cette dernière est connue sous le nom de zéolithe ou de tamis moléculaires. Ils se présentent sous forme de poudre dont l'activité du catalyseur lors du craquage est liée aux propriétés acides de leur surface.

Le craquage catalytique est une réaction caractérisée par l'endothermicité et l'augmentation du nombre de molécules. Il est favorisé à haute température et à basse pression.

### I.7.1 Craquage catalytique acide

Le mécanisme de craquage impliquant l'acidité du catalyseur est associé à l'apparition de composés ioniques intermédiaires aux propriétés très spécifiques qui contrôlent le déroulement du processus de craquage. Ces composés se produisent généralement lors de l'adsorption d'une oléfine issue du craquage primaire sur le catalyseur acide.

Considérant que le craquage thermique d'une coupe pétrolière lourde met en jeu un mécanisme très complexe, produisant de manière non sélective des produits insaturés plus légers et plus lourds que la charge initiale (produisant spécialement une grande quantité de gaz, des essences assez instables et une forte proportion de coke), les réactions de craquage peuvent être améliorées grâce à l'utilisation de catalyseurs pour déplacer les qualités et les rendements des produits dans la direction souhaitée.

Le craquage secondaire conduit à la formation d'une oléfine plus petite et de nouveau cation  $O^+$  à chaîne plus courte, qui peut alors subir le même processus que le précédent. Cela correspond au processus de déroulement standard, entraînant la formation de produits légers. Cependant, les cations  $O^+$  gênent fortement la formation de chaînes courtes à moins de trois atomes de carbone, ce qui explique le plus faible rendement en gaz naturel  $CO_2$  obtenu par craquage catalytique.

### I.7.2 Réactions de transfert d'hydrogène

Les réactions de transfert d'hydrogène à partir d'oléfines, qui sont fortement encouragées par les catalyseurs de zéolite, conduisent à la formation parallèle de :

- Hydrocarbures avec plus grande quantité d'hydrogène, bénéficiant du transfert; c'est principalement des paraffines ;
- Composés avec moins d'hydrogène, tels que les aromatiques.

La réaction montrée ci-dessous démontre le changement typique d'oléfines en C<sub>6</sub> par ce type de réaction :



Ça implique quatre oléfines en C<sub>6</sub> converties en trois paraffines par gain d'hydrogène et une aromatique par perte d'hydrogène. Cette réaction est extrêmement importante pour les résultats d'ensemble du craquage, car elle a deux conséquences principales :

- Elle maintient le rendement en essence
- Elle produit des produits riches en paraffine

Tout ceci montre que les effets de l'acidité du catalyseur et des réactions de transfert d'hydrogène sont largement responsables des rendements et des qualités obtenus par le craquage catalytique.

Le transfert d'hydrogène est influencé par différents paramètres à savoir : La qualité de la charge, Température de sortie du riser, rapport catalyseur sur huile, RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sur le catalyseur, et la composition du catalyseur [10].

## I.8 Paramètres qui influent sur le craquage catalytique

### I.8.1 Nature de la charge

La capacité de produire une grande quantité d'essence et peu de gaz schématise la qualité d'une alimentation. Aussi selon la matière première, le rendement en essence varie. Ce dernier augment au fur et à mesure que la nature paraffinée est plus lourde.

Les paraffines sont la qualité différente selon leurs degrés d'isomérisation, elles produisent les gaz et l'essence légère. Le craquage catalytique des fractions lourdes est beaucoup plus facile et on obtient effectivement de meilleurs rendements en essence qu'avec des distillats légers

**Tableau I.1** Rendement en essence obtenu par le craquage des différentes coupes

Coupe pétrolière	Coupe de distillat	% Essence + gaz
<b>Naphta</b>	120-220°	17
<b>Pétrole</b>	220-270°	25
<b>Gasol léger</b>	270-300°	33
<b>Gasol lourd</b>	300-325°	46
<b>Distillat paraffineux</b>	250-280°	85

### I.8.2 Type de catalyseur

Les catalyseurs de craquage prennent part à deux types de réaction :

- Les réactions de craquage qui sont endothermiques.
- Les réactions de régénérations du catalyseur qui sont l'oxydation exothermique du coke déposé sur le catalyseur lors de l'opération de craquage.

Les opérations de régénérations nécessitent une grande stabilité physique et chimique vu les très hautes températures et les efforts mécanique auxquels il est soumis et les réactions de craquage nécessitent un caractère acide.

### I.8.3 Pression

Dans le cas de craquage catalytique la pression ne dépasse pas généralement une atmosphère. Bien que l'accroissement de la pression fasse augmenter le pourcentage en coke, tout en réduisant l'indice d'octane de l'essence cela peut être s'expliqué par la désorption plus lent a des pressions plus hautes des hydrocarbures insaturés résultants du

processus et adsorbés sur la surface du catalyseur. Cela favorise la formation du coke par des réactions de polymérisations et condensation et décroît la quantité d'hydrocarbures insaturés qui passe dans l'essence.

#### I.8.4 Température

Les réactions de craquage étant des réactions endothermiques, elles seront favorisées à des températures élevées entre 450° et 550°C [13]. L'augmentation de température conduit à :

- L'augmentation de la production de l'essence si la température atteinte ne provoque pas la destruction de l'essence formée par craquage ;
- Des rendements élevés en gaz et en coke ;
- Une conversion très élevée ;
- Une modification de la nature chimique des produits ;
- Proportion d'oléfines plus importante dans les produits légers ;
- Proportion d'aromatiques plus importante ce qui entraîne en particulier une augmentation du NO dans les produits moyen et lourds.

**CHAPITRE II**

**ENCRASSEMENT DES**

**ECHANFEURS DE**

**CHALEUR**

**CHAPITRE II****ENCRASSEMENT DES ECHANGEURS DE CHALEUR****Introduction**

Dans les procédés industriels, la chaleur est transmise par plusieurs méthodes, comprenant la conduction dans les réchauffeurs à résistances électriques, le rayonnement dans les fours et la conduction-convection dans les échangeurs, les rebouilleurs et les condenseurs.

Parmi les problèmes rencontrés dans l'utilisation d'échangeurs ont trait aux phénomènes d'encrassement. Aux cours des longues années dans l'étude des méthodes de lutte contre l'encrassement, il était lié aux conditions opératoires, aux propriétés physico-chimiques des fluides, la nature de surface, ainsi qu'à la géométrie de système.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons au transfert de chaleur effectué au sein des échangeurs de chaleur puisque dans l'industrie chimique et pétrochimique, la majeure partie des calories transmises se fait à travers des parois des échangeurs. Nous définissons ensuite le phénomène de l'encrassement et nous citerons les différents aspects indésirables de l'encrassement pour un échangeur thermique, ce qui nous amènera à l'importance de la détection d'encrassement dans les échangeurs thermiques.

**II.1. Généralités sur les échangeurs de chaleur****II.1.1. Définition**

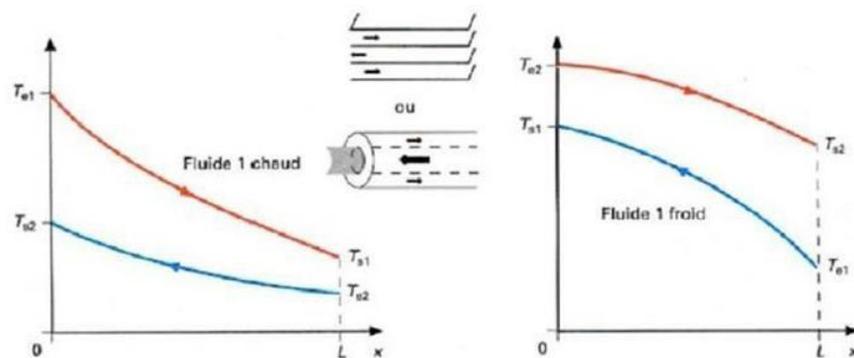
L'échangeur de chaleur a un rôle de transférer l'énergie d'un fluide a un autre sans les mélanger. Dans le cas du système de chauffage ou de production d'eau chaude, un fluide primaire sert à chauffer le fluide secondaire pour obtenir un bon échange les deux fluides doivent être à différentes températures. Pour obtenir un transfert de chaleur efficace, l'échangeurs de chaleur a besoin un matériau conducteur pour optimiser l'échange

L'échangeur de chaleur thermique ne sert seulement à réchauffer un fluide, il a un rôle aussi d'assurer la réfrigération des fluides comme les climatiseurs ainsi que les réfrigérateurs [14].

II.1.2. Classification des échangeurs de chaleurII.1.2.1. Classification selon le mode de circulationa. Circulation à contre-courant

C'est un échangeur à contre courants dont le quelle la température du fluide froid peut dépasser la température de sortie du fluide chaud. Cette disposition est l'une des plus favorables pour l'échangeur de chaleur.

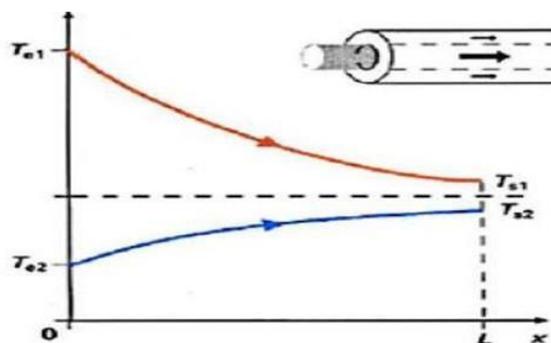
L'avantage de l'échangeur à contre-courant par rapport l'échangeur à co-courant est de nécessiter, pour un même flux de chaleur, des surfaces d'échanges plus faibles [17].



**Figure II.1.** Circulation à contre-courant

b. Circulation à co-courant (courant-parallèle)

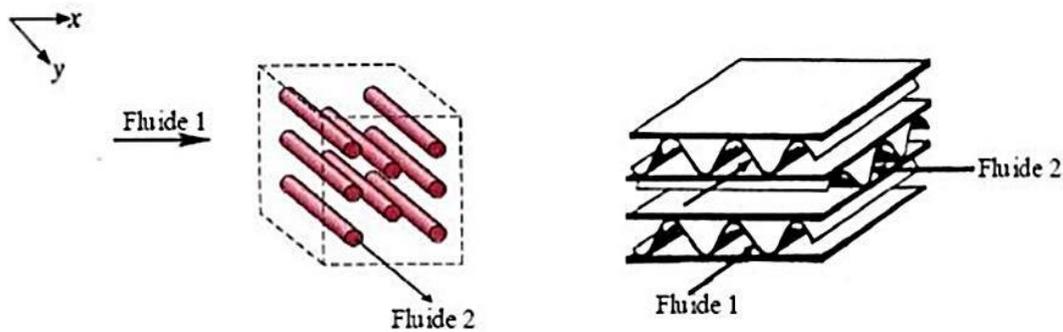
Il s'agit d'échangeur dits à co-courants ou la température de fluide froid ne peut pas être supérieure à la température de sortie du fluide chaud, la figure ci-dessus montre l'évolution qualitative de ces températures d'un échangeur tubulaire à co-courant simple, la longueur de l'échangeur a été portée en abscisse, les températures sont repérées à l'aide d'indices (e) signifiant entrée et (s) sortie, 1 montre le fluide chaud et 2 montre le fluide froid.



**Figure II.2.** Circulation à Co-courant

c. Circulation courants croisés

Les schémas montrent deux fluides s'écoulant perpendiculairement l'un à l'autre et le fluide non mélangé est dirigé : son écoulement est divisé en plusieurs canaux parallèles indépendants de faible section. L'autre fluide circule librement entre les veines et peut être considéré comme partiellement mélangé en raison des courants de Foucault créés par la tubulure. Le mélange a pour effet d'homogénéiser la température dans la section droite de l'écoulement du fluide. Sans lui, la température varierait non seulement avec le sens d'écoulement, mais aussi avec la section de la veine. Un schéma de principe d'un échangeur de chaleur à flux croisé s'est donné dans la figure ci-dessous [17].

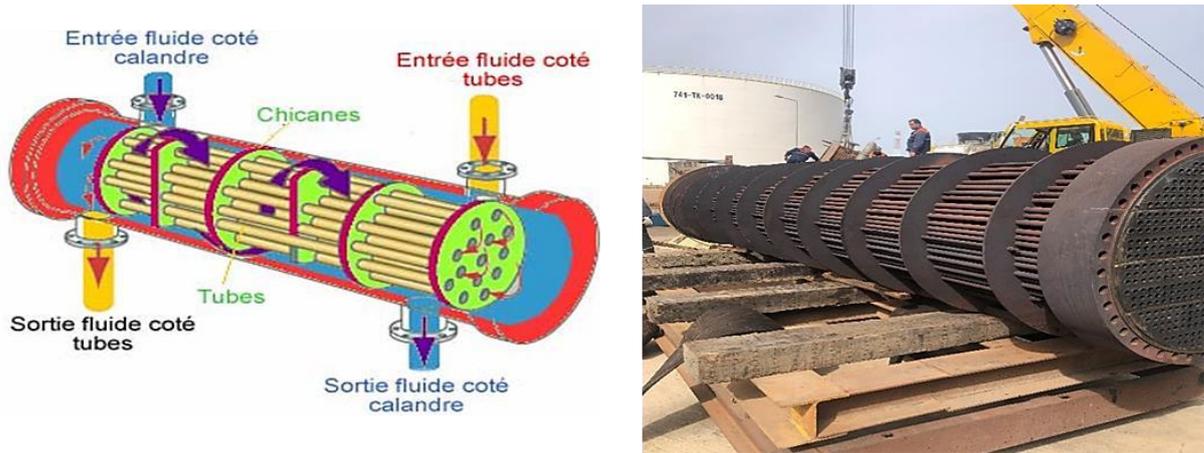


**Figure II.3.** Exemples d'échangeurs à courants croisés

II.1.2.2. Classification selon le type d'appareillagea. Echangeur tube et calandre

Ce type d'échangeurs est le plus répandu dans les unités de transformations des industries chimiques et pétrochimiques. Un faisceau de tubes est situé à l'intérieur d'une calandre dans laquelle circule le deuxième fluide. Cette conception se retrouve également dans les condenseurs, les rebouilleurs et les fours multitubulaires.

Le faisceau est monté en deux plaques en communication avec des boîtes de distribution qui assurent la circulation du fluide à l'intérieur du faisceau en plusieurs passes. Le faisceau muni de chicanes est logé dans une calandre possédant des tubulures d'entrée et de sortie pour le deuxième fluide circulant à l'extérieur du faisceau tubulaire selon un chemin imposé par les chicanes.



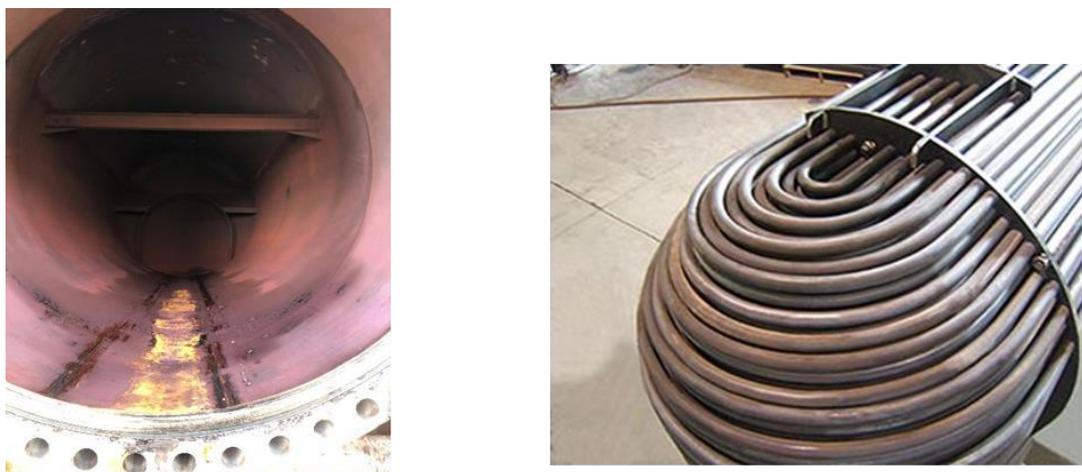
**Figure II.4.** Schéma et photographie d'un échangeur à faisceau de tube et calandre.

Tous les éléments entrant dans la construction de ces échangeurs ont fait l'objet d'une normalisation, tant par la T.E.M.A. (Tubular Exchangers Manufacturer's Association) que l'A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers) ou l'A.P.I. (American petroleum institute).

La calandre est généralement réalisée en acier au carbone dont les brides portant les boîtes de distribution et le couvercle sont soudées. Les tubes du faisceau répondent à des spécifications très sévères. Le choix du matériau dépend de leur utilisation [21] :

- ✓ Acier au carbone pour usage courant.
- ✓ Laiton pour les appareils travaillant avec l'eau de mer.
- ✓ Aciers alliés pour les produits corrosifs à des températures élevées.

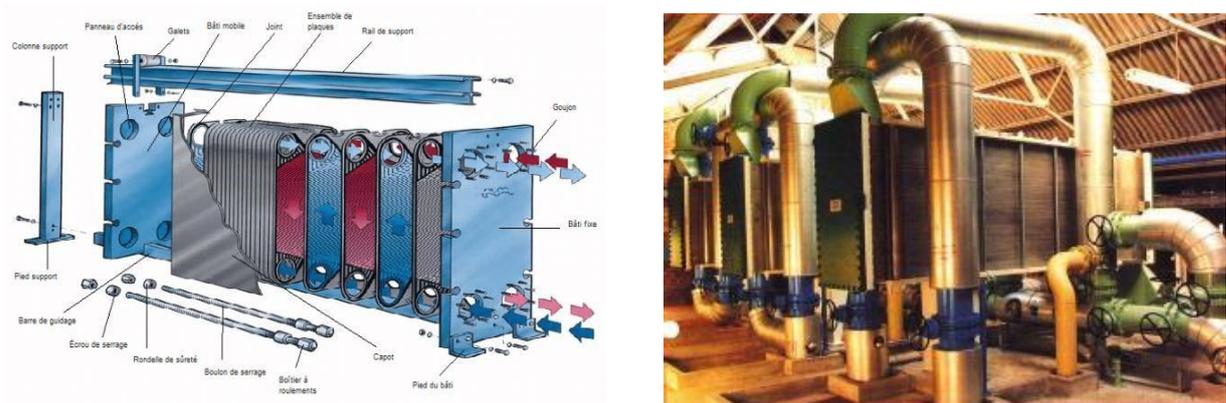
Aluminium et cuivre pour les très basses températures



**Figure II.5.** Photographie d'une calandre de type E et un faisceau de tube en U

### b. Echangeur à plaque

Un échangeur de chaleur à plaques planes se compose de plaques disposées sur un cadre dans un agencement similaire aux plaques d'un filtre-presse. Les plaques d'échange sont désormais standardisées et sont en acier inoxydable, Inconel, nickel, bronze et cupronickel. Un tel échangeur peut être très polyvalent et on peut notamment y faire circuler des fluides à très haute viscosité. De plus, les pressions supérieures à 30 atm et les températures supérieures à 150°C ne doivent pas être dépassées [17,18].

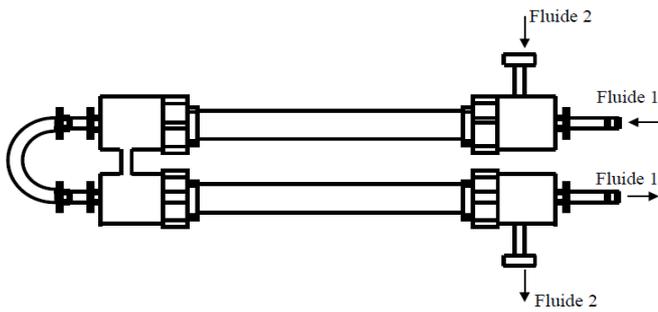


**Figure II.6.** Schéma et photographie d'un échangeur à plaques

### c. Échangeur coaxial (double tubes)

Ces échangeurs sont constitués de deux éléments rectilignes de tubes concentriques reliés à leurs extrémités par des coudes. Les différents éléments sont assemblés via des raccords rapides et les tubes peuvent être remplacés.

La dilatation thermique et l'étanchéité entre les tubes intérieur et extérieur sont traitées en utilisant des presse-étoupes ou des joints toriques. Les tuyaux sont généralement en acier et sont couramment utilisés dans des longueurs de 3,6 à 4,5 ou 6 m. Les tubes en verre et en graphite sont également utilisés pour des applications spéciales. Ces échangeurs de chaleur utilisés depuis le début conviennent aux produits à faible débit et sales à haute température et pression [18].



**Figure II.7.** Schéma et photographie d'un échangeur à double tube

## II.2 Phénomène d'encrassement

### II.2.1 Définition de l'encrassement

L'encrassement des équipements de transfert thermique est défini comme un dépôt indésirable sur les surfaces des échangeurs de chaleur. Cette accumulation de dépôt peut produire une réduction des performances thermodynamiques et une consommation énergétique. L'encrassement peut être une matière cristalline de dépôt de résidus biologiques de produits d'une réaction chimique ou la combinaison de plusieurs de ces éléments [15].



**Figure II.8.** L'encrassement dans un échangeur tubulaire.

### II.2.2. Types d'encrassement

L'encrassement peut être classé selon deux critères : son mécanisme ou la nature de dépôt.

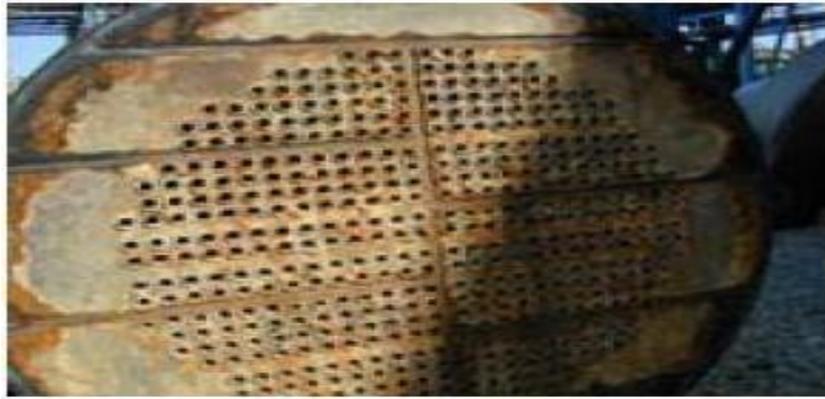
#### II.2.2.1. Classification par mécanisme

##### a. Encrassement par corrosion

L'encrassement par corrosion est le résultat d'une réaction chimique ou électrochimique entre la surface de transfert de chaleur et le fluide en écoulement. Les

Produits qui se forment et s'accumulent sur la surface créent alors le dépôt. Il existe différents types de corrosion :

- La corrosion uniforme caractérisée par une perte d'épaisseur régulière et une vitesse qui n'est pas forcément proportionnelle au temps
- La corrosion par piqûres où l'attaque est limitée à de très petites surfaces
- La corrosion sélective où seul l'élément d'un alliage subit une attaque sélective [15]



**Figure II.9:** Importante corrosion.

b. Encrassement biologique

L'encrassement biologique peut être causé par le développement de micro-organismes qui créent un film encrassant au contact de la surface d'échange. Il peut être produit par trois types de micro-organismes.

- Les bactéries dont le développement est produit par un apport nutritif de type hydrocarbures
- Les algues par le quelle le développement est dû à la présence d'énergie solaire avec photosynthèse
- Les champignons dont le développement est causé par changements des conditions ambiantes telles que l'humidité, la température ou le Ph [15][16].

c. Encrassement par réaction chimique

L'encrassement par réaction chimique peut être causé par la présence d'une réaction chimique au voisinage d'une surface d'échange. Les produits solides formes s'y déposent. Il

s'agit toujours d'une réaction de polymérisation qui entraîne la formation d'un dépôt de haut poids moléculaire.

Les vitesses de ces réactions chimiques dépendent fortement de la température, de la pression, de la concentration et de la présence d'éléments catalyseurs. La vitesse globale du processus de dépôt dépend de la dynamique des phénomènes de surface et aussi de transfert. Il est rencontré dans les industries alimentaires et nucléaires et dans les procédés de raffinage du pétrole [15][16].

d. Entartrage

L'entartrage d'une surface d'échange est accordé à la production d'un solide cristallin à partir d'une solution liquide. Il dépend alors de la composition des eaux industrielles. L'entartrage se précise par une formation d'incrustations adhérentes et dures sur les surfaces d'échanges

Métalliques. Deux conditions doivent être remplies pour qu'il y ait entartrage,

- La limite de solubilité du sel dans l'eau doit être dépassée
- La vitesse de dépôt doit être rapide.

e. Encrassement particulière

C'est le dépôt puis l'accumulation sur des surfaces d'échange, ensuite des particules transportées par l'écoulement de fluides industriels comme :

- Des produits de corrosion qui se trouvent dans l'eau des chaudières,
- L'eau des tours de refroidissement

Le flux gazeux contient des particules telles que des résidus solides de combustion ou des poussières issues de l'incinération des ordures ménagères.[15][16]

### II.2.2.2 Classification par nature du dépôt

a. Dépôt dur

C'est une structure dense et renforcée qui ne se s'atténue pas avec un simple jet d'eau ou un jet de vapeur, mais nécessite un traitement mécanique ou un nettoyage chimique approprié. C'est le cas des dépôts corrosifs ou cristallins.[17]

b. Dépôt poreux

Il s'agit d'un matériau d'un dépôt dur qui se présente en structure moins dense, sous l'effet des conditions opératoires. Ce cas est plus sévère que le cas précédent quand le fluide emprisonné dans les pores à une conductivité thermique plus faible que le matériau solide [17].

c. Dépôt mou

C'est le cas de boues, poudres, coke ou de fibres végétales. Dans ce cas La résistance est plutôt liée au fluide emprisonné qu'au matériau constituant la matrice. Un simple soufflage peut donner des résultats satisfaisants lors du nettoyage. [18]

II.2.3 Apparition et développement de l'encrassement

Phénoménologiquement, l'encrassement est un problème thermique et massique transitoire nécessitant l'action simultanée de plusieurs processus complexes. Le mécanisme d'encrassement est divisé en cinq événements séquentiels

II.2.3.1 Initiation

Cette étape est liée au temps nécessaire avant que l'on observe la formation de dépôts d'encrassement sur la surface nettoyée.

II.2.3.2 Transport des particules dans le fluide jusqu'au voisinage de la paroi

Ce transport peut être mécanique par impact sur des obstacles, par diffusion, par mouvement Turbulent, ou par des champs thermiques ou électriques externes. Dans de nombreux cas, ces différents mécanismes peuvent coexister.

II.2.3.3 Adhésion des particules

Toutes les particules entrant au voisinage de la paroi n'adhèrent pas nécessairement à la paroi, et ces phénomènes sont essentiellement contrôlés par l'adhérence et la cohésion du dépôt.

II.2.3.4 Réentraînement de particules déposées

Le mécanisme de réentraînement est lié à la force de cisaillement exercée sur le dépôt. Le réentraînement se produit par érosion lorsque les forces aérodynamiques sont supérieures aux forces d'adhésion des particules. En revanche, lorsqu'il s'agit d'agglomération de particules, cela correspond au phénomène d'exfoliation.

II.2.3.5 Vieillessement du dépôt

Ceci est dû à des modifications de la structure chimique ou cristalline du dépôt dues à des phénomènes tels que la déshydratation ou la polymérisation, qui deviennent alors moins adhérents et peuvent être arrachés sous les forces aérodynamiques [17] [18].

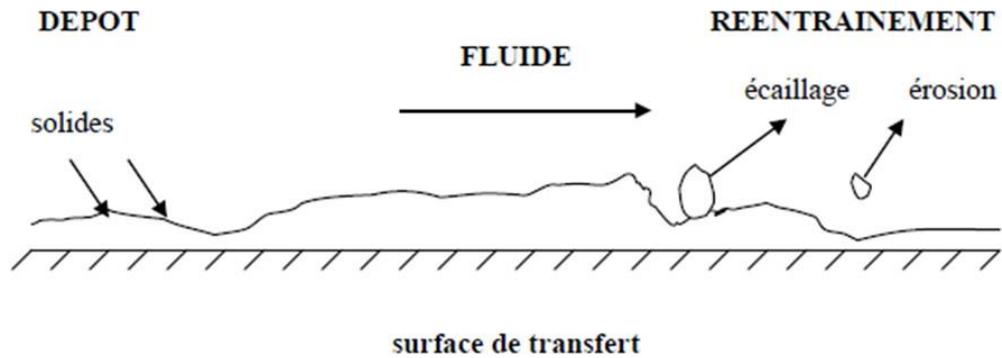


Figure II.10 : Représentation schématique des différentes phases de dépôt et de réentrainement

### Conclusion

Ce chapitre constitue une analyse bibliographique assez générale sur les échangeurs de chaleur ainsi que le phénomène d'encrassement. Il met en évidence que la perspective de l'encrassement des surfaces d'échange est un frein important à la valorisation d'énergie.

**CHAPITRE III**  
**ETUDE**  
**EXPERIMENTALE**

**CHAPITRE III****ETUDE EXPERIMENTAL****III.1. Présentation du problème et objectifs de l'étude**

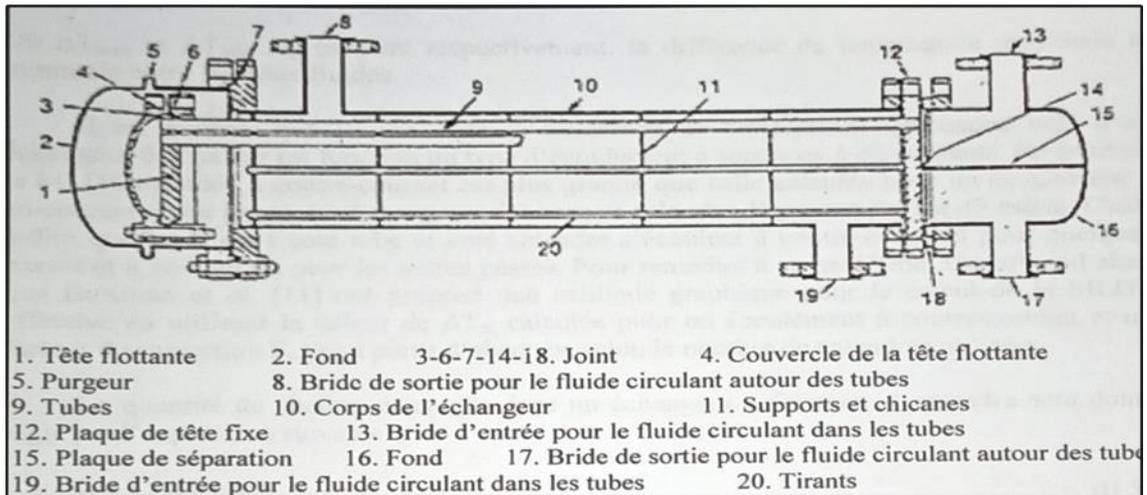
Comme toutes les autres raffineries, la raffinerie d'Alger est confrontée au problème de l'encrassement des échangeurs de chaleurs. Il peut être détecté par une augmentation de la perte de charge dans les tubes de l'échangeur de chaleur.

Dans ce chapitre, nous présentons le problème physique et les procédures de calcul pour suivre l'évolution de l'encrassement dans l'échangeur de chaleur E028 utilisé pour préchauffer la charge RFCC à la raffinerie d'Alger.

Parmi les problèmes complexes auxquels sont confrontées certaines industries y compris l'industrie pétrolière c'est l'accumulation des dépôts inutiles à la surface de l'échange thermique. Le phénomène est appelé encrassement qui endommage le fonctionnement normal des échangeurs en réduisant leur efficacité et entraînant une perte de charge considérable.

L'unité de RFCC du service traitement qui se situe au niveau du complexe pétrolier d'Alger est exposée au problème de bouchage de ses échangeurs de chaleur. L'objectif principal de cette étude est d'analyser ce problème et essayer de trouver des solutions pour l'éviter ou le minimiser.

L'étude a été réalisée au niveau d'un échangeur de chaleur E028 destinée au préchauffe de la charge d'RFCC. Dans un tel échangeur, le slurry traverse l'échangeur par le coté calandre pour être refroidi à l'aide de l'eau passant par le côté tube (figure III.1.).



**Figure III.1** Schéma Echangeur faisceau et calandre à tête flottante

Dans notre cas, on a un échangeur à tête flottante. Cet échangeur représente la partie la plus importante des équipements de transfert thermique rencontrés dans l'industrie en général, et dans les raffineries de pétrole en particulier. Dans ce type d'échangeur, une plaque tubulaire est fixée et l'autre et boulonnée à un couvercle à tête flottante, ce qui facilite le déplacement du faisceau et donc, son nettoyage.



**Figure III.2** : Echangeur de chaleur E028.

### III.2 Hypothèses simplificatrices

Les deux échangeurs en parallèle ont été considérés comme étant un seul échangeur ayant les caractéristiques suivantes :

- Le même débit de slurry traverse le côté calandre de chaque échangeur.
- Le même débit de l'eau traverse le côté tube de chaque échangeur.
- Les températures d'entrée et de sortie des deux fluides sont prises aux extrémités de lacellule.

❖ Slurry

Est un produit pétrolier qui sort du craqueur à une température d'environ 350°C et qui est refroidi par circulation dans plusieurs étages d'échangeurs pour être ensuite stocké avant valorisation par incorporation dans les fuels lourds. Ce produit est chargé en fines particules solides qui proviennent des pellets de catalyseurs qui a les propriétés suivantes :

**Tableau III.1 : Propriétés de slurry**

<b>Tube de (slurry) numéro 232</b>	
Température °C	177
Pression Kg/cm <sup>2</sup>	5.06
Débit molaire mole/h	18.64
Débit massique Kg/h	7108
Enthalpie Kcal/h	0.44
Masse molaire g/mol	381.24
Débit volumique m <sup>3</sup> /h	6. 6
Masse volumique Kg/m <sup>3</sup>	1077.3
Chaleur spécifique Kcal/Kg	0.46
Viscosité kg/ms	0,00053
Conductivité (W /m °C)	0.0913
Tension superficielle Dyne/cm	30
Capacité calorifique KJ/Kg °C	2,5749

### III.3. Suivi expérimentale

Les tableaux ci-dessous représentent le suivi expérimental de températures et des débits de deux périodes : Septembre 2022, où y avait le problème d'encrassement, et la deuxième période de mars 2023 où il n'y avait pas l'encrassement (après le nettoyage).

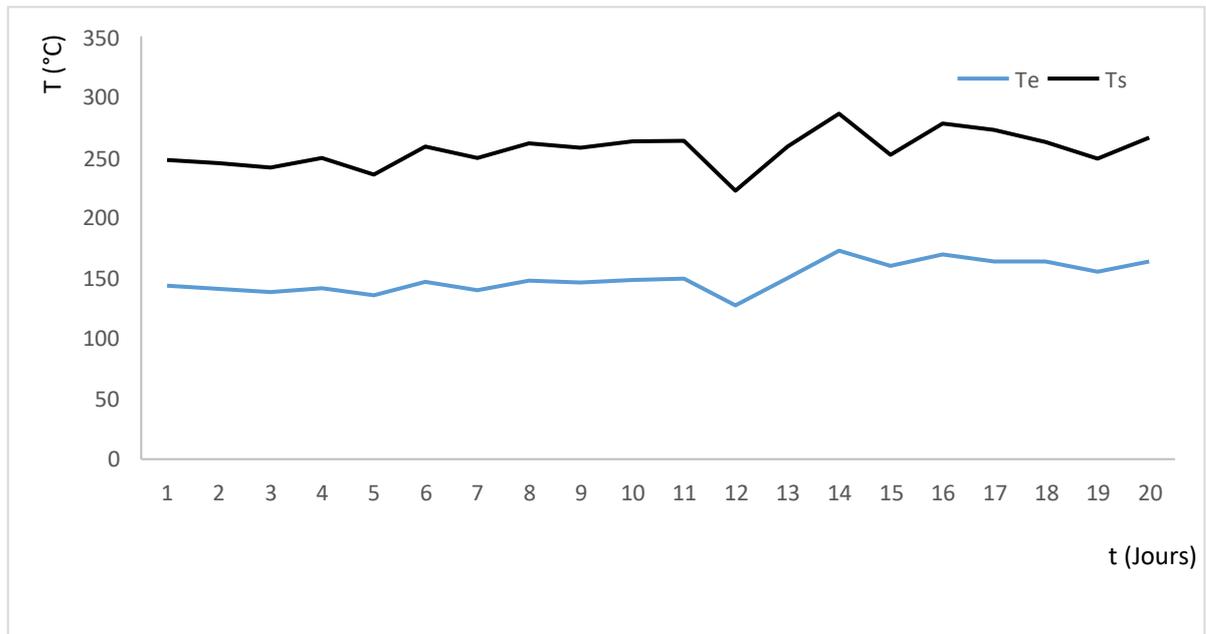
Pendant une période de 20 jours, tous les matins un prélèvement d'un échantillon du slurry est pris avec une mesure des températures d'entrées et de sortie ainsi que les débits.

Les différents résultats de prélèvement sont regroupés dans le tableau III.2 suivant.

**Tableau III.2.** Température de débit moi de septembre 2022

Date	Slurry		
	Te (°C)	Ts (°C)	Qm Kg/h
01/09/2022	143,9	103,7	8738,682
02/09/2022	140,8	104,1	8756,434
03/09/2022	138,4	103,1	8010,928
04/09/2022	141,6	107,9	8810,053
05/09/2022	135,6	99,8	9206,543
06/09/2022	146,9	112	8940,128
07/09/2022	140,0	109,3	7675,245
08/09/2022	147,7	114	9161,996
09/09/2022	146,4	111,4	8047,561
10/09/2022	148,3	114,9	8890,952
11/09/2022	149,2	114,4	8093,158
12/09/2022	127,4	94,9	6893,460
13/09/2022	150,05	108,9	3305,512
14/09/2022	172,6	113,4	9297,806
15/09/2022	160,1	91,8	5356,151
16/09/2022	169,5	108,1	4650,783
17/09/2022	163,5	109,3	7183,829
18/09/2022	163,5	99,1	7922,405
19/09/2022	155,5	93,2	5953,984
20/09/2022	163,7	102,4	7362,973

La représentation graphique de la variation de température en fonction de temps pour la période de septembre 2022 est représentée dans la figure III.3. Ci-dessous. Il est clairement remarqué que les deux températures changent au cours de temps suivant une allure aléatoire. Ceci peut être dû au dépôt des impuretés sur les parois de l'échangeur qui nuit le transfert de chaleur.

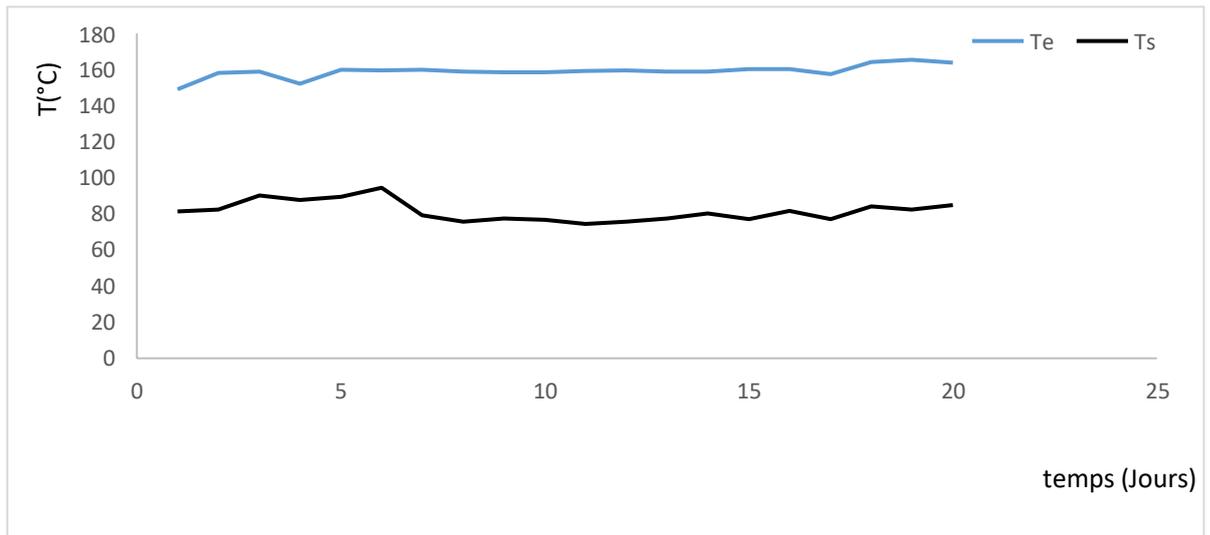


**Figure III.3.** Evolution de la température en fonction du temps période septembre 2022

Tableau III.3. Température et débit période de mars 2023

Date	Slurry		
	Te (°C)	Ts (°C)	Qm Kg/h
01/03/2023	149,05	81,2	8386,548
02/03/2023	158,2	82,4	8990,484
03/03/2023	158,8	90	9757,862
04/03/2023	152,2	87,7	8252,236
05/03/2023	159,7	89,4	8403,088
06/03/2023	159,5	94,5	9599,294
07/03/2023	159,7	79,2	9765,795
08/03/2023	158,9	75,8	8015,588
09/03/2023	158,5	77,3	8612,503
10/03/2023	158,3	76,8	8393,524
11/03/2023	159,05	74,4	8693,368
12/03/2023	159,4	75,7	7607,774
13/03/2023	158,9	77,6	8456,497
14/03/2023	158,7	80,2	9510,176
15/03/2023	160,1	76,9	10477,217
16/03/2023	160,1	81,5	10006,384
17/03/2023	157,3	77,02	9117,734
18/03/2023	164,03	84,2	9593,771
19/03/2023	165,4	82,4	10044,637
20/03/2023	163,8	84,9	9597,014

La représentation graphique de la variation de température en fonction de temps pour la période de Mars 2023 est représentée dans la figure III.4. Ci-dessous. Il est clairement remarqué que les deux températures sont quasiment stables au cours de temps.



**Figure III.4.** Évolution de la température en fonction du temps période mars 2023

Les figures (III.3 et III.4) représentent l'évolution de la température en fonction du temps pour l'échangeur E028 pendant et après le bouchage respectivement. D'après ces figures, et dans la période de septembre, on remarque une augmentation irrégulière de température de la sortie de slurry en fonction du temps. En ce qui concerne la période de Mars 2023 on note une forte diminution au niveau de température de la sortie de slurry

En comparant les deux périodes on remarque les températures d'entrée presque stable et que l'élévation de température de sortie du slurry a conduit à un problème de bouchage

### III.4 Procédure de calcul

a. Cas réel (avec encrassement)

Date	Te	Ts	Qm Kg/h
01/09/2022	143,9	103,7	8738,682

La quantité de chaleur a été calculée par l'équation suivante :

$$Q = m \text{ Cp } (T_e - T_s) \dots (1)$$

D'après l'équation (1) :

$$Q = 8738,682 \cdot 2,5749(143,9 - 103,7)$$

$$Q = 9,04549 \cdot 10^5 \text{ KJ.h}^{-1}$$

Avec

Q : quantité de chaleur en Kj/h

m : le débit massique

Te : température d'entrée

Ts : température de sortie

Le tableau III.4 ci-dessous représentent l'évolution de quantité de chaleur de la période Septembre 2022, ou y avait le problème d'encrassement pendant 20 jours, Les différents résultats sont regroupés dans le tableau suivant.

**Tableau III.4.** Quantité de chaleur slurry période de septembre 2022

Date	Q (KJ.h <sup>-1</sup> )
01/09/2022	9,04549.10 <sup>5</sup>
02/09/2022	8,27472.10 <sup>5</sup>
03/09/2022	7,28147.10 <sup>5</sup>
04/09/2022	7,64484.10 <sup>5</sup>
05/09/2022	8,48672.10 <sup>5</sup>
06/09/2022	8,03395.10 <sup>5</sup>
07/09/2022	6,06723.10 <sup>5</sup>
08/09/2022	7,95024.10 <sup>5</sup>
09/09/2022	7,25258.10 <sup>5</sup>
10/09/2022	7,64636.10 <sup>5</sup>
11/09/2022	7,25199.10 <sup>5</sup>
12/09/2022	5,76874.10 <sup>5</sup>
13/09/2022	3,50242.10 <sup>5</sup>
14/09/2022	14,17302.10 <sup>5</sup>
15/09/2022	9,41963.10 <sup>5</sup>
16/09/2022	7,35283.10 <sup>5</sup>
17/09/2022	10,02572.10 <sup>5</sup>
18/09/2022	13,13721.10 <sup>5</sup>
19/09/2022	9,55115.10 <sup>5</sup>
20/09/2022	12,90959.10 <sup>5</sup>

La représentation graphique de la variation de quantité de chaleur en fonction de temps pour la période de Septembre 2023 est représentée dans la figure III.5. Ci-dessous. Il est clairement remarqué que les quantités de chaleurs sont instables au cours du temps

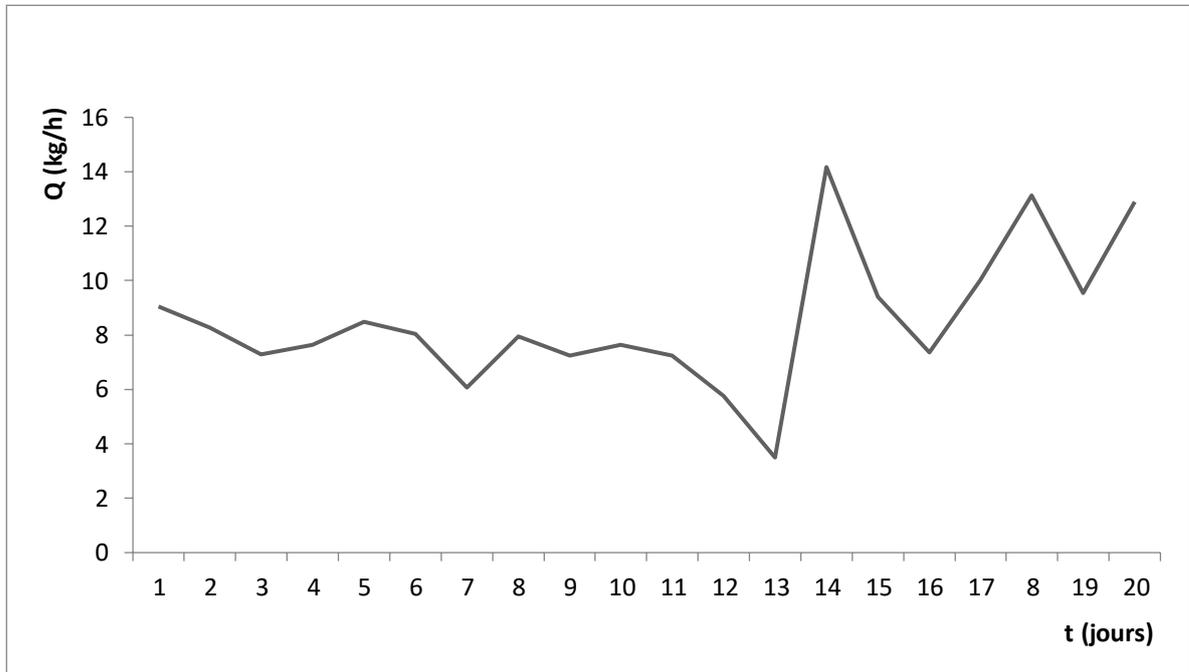


Figure III.5 : Variation de la quantité de chaleur en fonction du temps de la période septembre 2022

b. Cas design (normal, sans encrassement)

Calcul de la quantité de chaleur du slurry

Date	T <sub>e</sub>	T <sub>s</sub>	m Kg/h
01/03/2023	149,05	81,2	8386,548

D'après l'équation (1)

$$Q = 8386,548 \cdot 2,5749(149,05 - 81,2)$$

$$Q = 14,65188 \cdot 10^5 \text{ KJ.h}$$

Avec

Q : quantité de chaleur en Kj/h

m : le débit massique

T<sub>e</sub> : température d'entrée

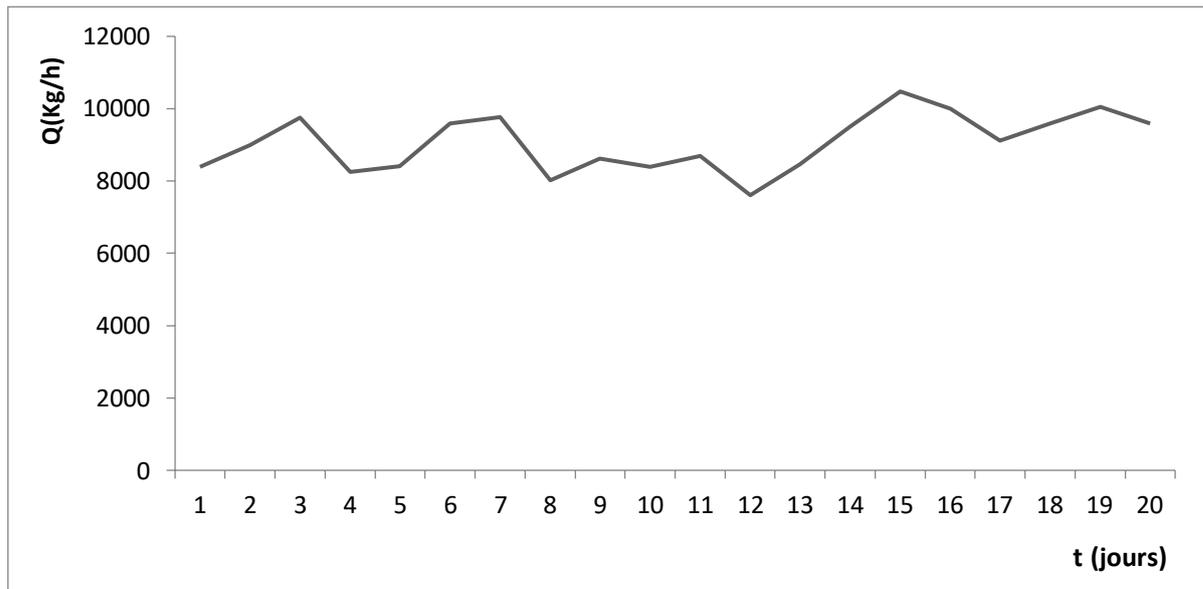
T<sub>s</sub> : température de sortie

Le tableau ci-dessous représente l'évolution de quantité de chaleur de la période Mars 2023, ou y avait le problème d'encrassement pendant 20 jours, Les différents résultats sont regroupés dans le tableau III.5 suivant.

**Tableau III.5.** Quantité de chaleur slurry période de mars 2023.

Date	Q (KJ.h <sup>-1</sup> )
01/03/2023	14,65188.10 <sup>5</sup>
02/03/2023	17,54739.10 <sup>5</sup>
03/03/2023	17,11247.10 <sup>5</sup>
04/03/2023	13,70540.10 <sup>5</sup>
05/03/2023	15,21088.10 <sup>5</sup>
06/03/2023	16,06619.10 <sup>5</sup>
07/03/2023	20,24248.10 <sup>5</sup>
08/03/2023	17,15128.10 <sup>5</sup>
09/03/2023	18,17625.10 <sup>5</sup>
10/03/2023	18,07371.10 <sup>5</sup>
11/03/2023	18,94886.10 <sup>5</sup>
12/03/2023	16,39620.10 <sup>5</sup>
13/03/2023	17,70277.10 <sup>5</sup>
14/03/2023	19,22288.10 <sup>5</sup>
15/03/2023	22,44551.10 <sup>5</sup>
16/03/2023	20,25163.10 <sup>5</sup>
17/03/2023	18,84753.10 <sup>5</sup>
18/03/2023	16,28484.10 <sup>5</sup>
19/03/2023	12,57134.10 <sup>5</sup>
20/03/2023	14,95858.10 <sup>5</sup>

La représentation graphique de la variation de quantité de chaleur en fonction de temps pour la période de Mars est représentée dans la figure III.6. Ci-dessous



**Figure III.6 :** quantité de chaleur en fonction du temps période mars 2023

D'après ces figures on remarque que la quantité de chaleur dans la période de septembre qu'il y a une diminution irrégulière en fonction du temps. En ce qui concerne la dernière période, celle de mois de Mars, lors de la mise en marche de l'unité, augmentation de quantité de chaleur  $q$  été enregistré

En comparant cette période avec la période précédente, la diminution de quantité de chaleur indique l'existence de dépôt sur la surface d'échange. Une dégradation des échanges de chaleur est due à l'encrassement en créant une résistance thermique additionnelle entre les fluides chaud et froid.

### III.5 Nature des dépôts :

L'or de nettoyage de l'échangeur, un échantillon de dépôt a été analysé suite à la demande en septembre 2022 pour mieux comprendre et maîtriser le phénomène d'encrassement et le tableau ci-dessus montre les résultats obtenus de la nature de dépôt

**Tableau III.6 :** nature de dépôt

Paramètres	Norme d'analyse	Résultats (w. %)
Non solubilité	-	54,58
Teneur en carbone	ASTM D5373	34,61
Teneur en soufre	ASTM D5373	0,692
Teneur en aluminium	IP 501	1,245
Teneur en silicium		1,172

D'après les résultats on note la présence aluminium et silicium montre qu'il y a un Encrassement par précipitation et donc la présence d'insolubles indique Encrassement particulière, par réaction chimique et par corrosion.



**Figure III.7 :** problème d'encrassement d'échangeur E02

Une étude complémentaire autrement dit analyse qualitative d'eau est nécessaire pour mieux comprendre et maîtriser le phénomène d'encrassement les tableaux suivantes représentent les bulletins d'analyses d'eau des deux périodes Mars et Septembre, on a pris un échantillon d'eau ou on a mesuré les différents paramètres.

Tableau III.7 : bulletin d'analyse eau mois de mars

Essai	Norme	Eau de refroidissement ST/UJ711
PH	ASTM D1293	7,8
Conductivité à 20°C $\mu\text{s}/\text{cm}$	ASTM D1125	2280
Titre d'alcalimétrique TA $\text{mg}/\text{l}$	NF T90.036	25
Titre d'alcalimétrique complet TAC $\text{mg}/\text{l}$	NF T90.036	175
Dureté totale TH en $\text{CaCO}_3$ $\text{mg}/\text{l}$	NF T90.003	710
Dureté – Ca en $\text{CaCO}_3$ (TH <sub>Ca</sub> ) $\text{mg}/\text{l}$	NF T90.003	480
Dureté – Mg en $\text{CaCO}_3$ (TH <sub>Mg</sub> ) $\text{mg}/\text{l}$	NF T90.003	230
Chlorures $\text{mg}/\text{l}$	Titrimétrie-MOHR	355
Chlore libre $\text{mg}/\text{l}$	ASTM D5463	0,06
Zinc $\text{mg}/\text{l}$		1,39
Ortho-Phosphate $\text{mg}/\text{l}$		6,3
Solides en suspension (MES) $\text{mg}/\text{l}$		3
Solides dissous totaux (TDS) $\text{mg}/\text{l}$	-	993
Benzotriazole $\text{mg}/\text{l}$	ASTM D5463	

Tableau III.8 : bulletin d'analyse eau moi de septembre 2022

Essai	Norme	Eau de refroidissement ST/U711	
PH	ASTM D1293	8,6	
Conductivité à 20°C $\mu\text{s}/\text{cm}$	ASTM D1125	2670	
Titre d'alcalimétrique TA mg/l	NF T90.036	140	
Titre d'alcalimétrique complet TAC mg/l	NF T90.036	510	
Dureté totale TH en $\text{CaCO}_3$ mg/l	NF T90.003	1140	
Dureté – Ca en $\text{CaCO}_3$ (TH <sub>Ca</sub> ) mg/l	NF T90.003	860	
Dureté – Mg en $\text{CaCO}_3$ (TH <sub>Mg</sub> ) mg/l	NF T90.003		
Chlorures mg/l	Titrimétrie-MOHR		
Chlore libre mg/l	ASTM D5463	0,04	
Fer total mg/l			
Cuivre mg/l			
Zinc mg/l			
Silice mg/l			
Phosphate mg/l		4,9	
Ortho-Phosphate mg/l			
Solides en suspension (MES) mg/l		4	
Solides dissous totaux (TDS) mg/l		-	OFL

### Commentaire

Les analyses de ces deux tableaux nous a permet de faire une comparaison entre les deux périodes Mars / Septembre.

On remarque qu'il y avait une augmentation de certains paramètres dans la période de septembre, Tandis que la quantité de chlore libre a diminué d'une différence de 0.02

D'autre part on observe aussi la disparition du zinc et les solides en suspensions et apparition de silice dans la période de septembre qui est en accords avec l'analyse précédente de la nature de dépôt et donc on peut dire que la silice se forme dans la période d'été.

**CONCLUSION**  
**GENERALE**



## Conclusion générale

Au cours de la présente étude, un suivi de l'évolution temporelle de la température et quantité de chaleur ainsi que le débit des deux périodes Mars et Septembre d'un échangeur de refroidissement destinées au préchauffe de la charge d'RFCC de Sidi Arcine, a été effectué.

Toutes les cellules ont pratiquement présenté une modification des températures au cours du temps.

Et à la fin, on note que l'encrassement se répercute sur la rentabilité des installations par des coûts principalement liés aux pertes de production, à la surconsommation d'énergie et aux frais de nettoyage et de maintenance, et dans une moindre mesure aux surdimensionnements et aux ajouts d'équipements de nettoyage.

La courte période de stage effectuée ne nous a pas permis d'assister au nettoyage des échangeurs. Il aurait été souhaitable de procéder à l'analyse chimique du dépôt formé au niveau des tubes des faisceaux et ce, dans le but de mieux cerner le problème du bouchage et de proposer par conséquent, des solutions plus appropriées.

Cette étude nous a permis d'apercevoir le mauvais fonctionnement des préchauffeurs, pour palier à cette situation et l'accomplissement d'une étude plus approfondie sur le phénomène de l'encrassement de ces cellules d'échangeurs de chaleur, il nous faut

- ✓ Suivre l'évolution de l'encrassement depuis son apparition en établissant un programme d'entretien.
- ✓ Suivre les paramètres de marche thermiques et dynamiques d'entrée.
- ✓ Analyser les dépôts prélevés à chaque nettoyage pour déterminer les causes exactes de sa formation, et programmer le type de nettoyage adéquat.
- ✓ Placer des filtres adéquats en amont des préchauffeurs



# **Annexes**

## Annexe A

### 1. Description des principales installations :

La Raffinerie d'Alger est composée de plusieurs installations qui sont :

- Unité 100 : Unité de distillation atmosphérique :

Cette unité a pour but de séparer le brut en produits finis : Kérosène ; gas-oil moteur ; fuel et GPL (Butane et Propane) qui seront stockés directement avant d'être commercialisés, ainsi qu'en produits intermédiaires : solvants léger et lourds qui serviront de charge pour l'unité de reforming catalytique. A partir des bacs de stockage, le pétrole brut ou le mélange de brut de Hassi-Messaoud avec des proportions variables ne dépasse pas 28% en poids de condensât Hassi-R'Mel, est pompé à une température de 27°C au moyen des pompes verticales. La capacité de traitement est de 2 700 000 tonnes/an.L'unité de distillation atmosphérique comprend

- Un train de préchauffe.
- Un ballon de flash D102.
- Un four F101.
- Un ballon fuel-gas D107 pour alimenter le four F101.
- Une colonne de distillation atmosphérique C101.
- Une Tour de débutanisation C104.
- Une Tour de redistillation C105.

- Unité 200 : Unité de platforming (reforming catalytique) :

Cette unité a pour but d'augmenter l'indice d'octane du mélange solvant léger-solvant lourd. La charge (solvant) venant soit de l'unité de distillation atmosphérique, soit des bacs est traité par des réactions catalytiques pour obtenir à la sortie le "plat-format" destiné à la fabrication des essences. La capacité de traitement est de 2500m<sup>3</sup>/j.L'unité de réforme catalytique comprend :

- Un train de préchauffe
- Un réacteur de garde (R201) utilisant un catalyseur pour retenir les poisons contenus dans la charge.
- Une section catalytique avec deux fours (F202 et F203 avec petite et grande cellule), trois réacteurs (R202, R203, R204) et un ballon séparateur d'hydrogène D203.
- Un ballon fuel-gas D214 pour alimenter les fours F202, F203, F204.
- Un turbocompresseur (K201).

- Une section de stabilisation avec une colonne (C202) et un four F204 : pour chauffer le fond de la colonne afin de séparer les GPL du plat-format et l'envoyer vers l'unité de gaz-plant.
- Unité 300 : Unité gaz-plant

Cette unité permet la séparation et le traitement des gaz venant des deux unités précédentes pour produire du propane et du butane commerciaux liquéfiés.

Elle a été dimensionnée pour traiter le produit liquide venant des accumulateurs de tête des débutaniseurs de l'unité de distillation et de l'unité de réforme dans le but d'obtenir du propane et du butane commerciaux. Ces derniers vont traverser des systèmes de purification contenant des tamis moléculaires afin d'éliminer toute trace d'humidité et de produits sulfurés.

L'unité comprend :

- Un ballon tampon D301.
- Un dééthaniseur C301.
- Un ballon séparateur D302.
- Un dépropaniseur C302.
- Un ballon séparateur D303.
- Traitement du butane et du propane par des tamis moléculaires (C303A et D305 pour C<sub>3</sub>, C303B et D307 pour le C<sub>4</sub>).

## **2. Salle de contrôle**

Le nombre important d'appareils de mesure installé sur une unité de raffinage a conduit à la nécessité de contrôler dans une salle de contrôle toutes les informations nécessaires à la marche de l'unité (températures, pression, débit, niveau, contrôle des vannes ...)

## **3. Parc de stockage**

### a. Stockage de pétrole brut :

Le pétrole brut est stocké dans trois réservoirs à toits flottants de 35.000 m<sup>3</sup> chacun.

Ces réservoirs sont munis des accessoires suivants :

- Porte de visite boulonnée.
- Mise à la terre de la cuve et du toit.
- Purge d'eau Purge de toit.

- Indicateur de niveau avec lecture au sommet du bac et transmission à la salle de contrôle.
  - Indicateur de température avec lecture au micro-ordinateur de la salle de contrôle.
  - Hélicoagitateurs (deux par bac, situés de part et d'autre de la tuyauterie d'arrivée du pétrole brut)
- b. Stockage des produits finis et intermédiaires :
- Le nombre et la capacité des réservoirs ont été déterminés en fonction de la production et des enlèvements. Les réservoirs pour produits légers (sauf les bacs de solvants) sont des réservoirs à toit flottant.
- Les réservoirs pour produits lourds (faible volatilité) ont un toit fixe et quelques Équipés d'un réchauffeur alimenté en vapeur BP. Les bacs à toit fixe ont de soupape de respiration ou événements. Tous les réservoirs sont équipés d'une mise à la terre, de trous d'homme, de purge d'eau, (de purge de toit pour réservoirs à toits flottants), d'indicateurs et de transmetteurs de niveau et de températures.
- Les 33 réservoirs, (brut 03, produits intermédiaires et finis 30) représentent une capacité globale de 322.100 m<sup>3</sup>.
- c. Stockage des gaz liquéfiés :
- Les gaz liquéfiés sont stockés dans des sphères représentant une capacité de 5500 m<sup>3</sup> pour le butane et 2000 m<sup>3</sup> pour le propane.
  - Les gaz liquéfiés sont dotés de deux réservoirs cylindriques utilisés pour le stockage (coulage) du butane et propane pendant le démarrage de l'unité gaz plant, représentant une capacité de 200 m<sup>3</sup> pour le butane et 150 m<sup>3</sup> pour le propane.
  - Ces réservoirs sont équipés de :
    - Soupapes de sûreté.
    - Jauges à tirette.
    - Indicateur de niveau.
    - Manomètre.
    - Prise d'échantillon.
    - Imitateur de débit.
    - Dispositif d'arrosage.

#### **4. La pomperie :**

La pomperie comprend une aire maçonnée recevant les pompes et les distributeurs (pipes). Elle est dotée de plusieurs pompes telles que :

G117 (AB) : compresseur sert à augmenter la pression à l'entrée de la pompe G118.

G118 (AB) : expédition de trois produits vers CHIFFA (Gas-oil, super 96, CA89).

G112 (AB) : expédition jet A1 vers AVM.

G106 (AB) : expédition de naphta, gas-oil, kérosène, carburants vers El Harrach, Caroubier, Port.

G111 (AB) : expédition de fuel-oil vers le port.

G114 (AB) : expédition de super 96, CA89 vers dépôt (El Harrach, Caroubier, Port) et l'éthylation.

G115 (AB) : aspiration de l'essence SR et de solvant total vers la table d'éthylation.

(C'est une pompe vertical qui est conçue pour les légers).

## **5. Les mélanges :**

La raffinerie est équipée pour produire, stocker et expédier deux qualités d'essences finies (normal et super), jet A1, gas-oil moteur, fuel BTS et naphta.

- Essences : Ces deux essences sont fabriquées par mélange en ligne de trois constituants produits par l'unité combinée et stockés dans les réservoirs.
- Jet A1 : Le kérosène sortant de la colonne de distillation atmosphérique subie un traitement au niveau de précipitateur électrostatique pour lui enlever les impuretés indésirables tels que les acides naphthéniques et l'eau, après ce traitement il est envoyé aux bacs de stockages.
- Gas-oil moteur : Il est obtenu par mélange en ligne des deux produits (Kérosène, gas-oil léger), avec des proportions bien définies pour respecter les spécifications requises.
- Fuel BTS : Il est obtenu par mélange en ligne des produits (résidu, gas-oil lourd).
- Naphta : Il est obtenu par mélange en ligne des trois produits (solvant lourd, solvant léger, essence SR), avec des proportions bien définies pour respecter les spécifications requises.

## **6. Laboratoire :**

La raffinerie d'Alger dispose d'un laboratoire qui est destiné à analyser les différents produits issus du processus de raffinage. Pour un bon produit, il doit correspondre aux critères (les normes des clients). Le service laboratoire dépend du département technique,

le laboratoire de la raffinerie est un laboratoire de contrôle des unités et d'analyse des produits finis commercialisés soit sur le marché extérieur.

## **7. Les utilités :**

La raffinerie d'Alger possède une centrale thermoélectrique, son but est la production de la vapeur et de l'électricité à partir du fuel ou du gaz, de l'air instrument et de l'air de service.

### **a. Centrale thermoélectrique :**

Le principal rôle de la centrale thermoélectrique comme son nom l'indique est la production de l'énergie électrique à partir de la vapeur d'eau envoyée par deux chaudières de 47 tonnes/h à une pression de 35 bars et 410 °C, et ça grâce à un dispositif appelé turbo alternateur, qui est un générateur d'électricité, constitué d'une turbine à vapeur et d'un alternateur d'une puissance de 6 MW permettant à la centrale et à l'ensemble de la raffinerie une autonomie totale pour les besoins énergétiques suivants :

- Production de l'électricité à différent tension, moyenne tension (MT), basse tension (BT) et très basse tension (TBT) tout ça à l'aide d'un groupe turboalternateur «turbine turboalternateur ».
- La production de l'air service (9 bars) et air instrument par détente (4.5 bars).
- La production de la vapeur d'eau.

### **b. L'eau dans la raffinerie d'Alger :**

L'alimentation en eau de la raffinerie est assurée à l'aide des trois forages suivants :

- Forage n°4 profondeur 150 m, profondeur pompe 84 m.
- Forage n°7 profondeur 200 m. profondeur pompe 100 m.
- Forage n°8 profondeur 230 m, profondeur pompe 100 m.
- Forage n°9 profondeur 200 m, profondeur pompe 100 m.

Dans cette section on trouve trois bacs de stockage d'eau pour plusieurs utilisations représentés dans le tableau suivant :

<b>Bac</b>	<b>Produit</b>	<b>Capacité (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Hauteur (m)</b>
<b>T1</b>	Eau Anti-incendie	5000	16.20
<b>T2</b>	Eau d'exploitation	5000	16.20
<b>T3</b>	Eau potable	310	10.80

Le bac T2 constitue la réserve d'eau pour le traitement des eaux des chaudières et le conditionnement d'eau de refroidissement. Il est possible d'alimenter le bac T3.

Le réseau d'eau potable alimenter par le réseau SEAAL alimente :

- L'ensemble des vestiaires, bureaux, ateliers de la raffinerie ainsi que le restaurant.

La raffinerie consomme jusqu'à 25 m<sup>3</sup> d'eau pour 1m<sup>3</sup> de brut traité, d'où la nécessité de l'eau dans les installations pétrolières : Production de la vapeur, refroidissement des machines et des produits, lutte contre l'incendie, eau potable.

Utilisation :

L'eau est utilisée à la raffinerie principalement pour les usages suivants :

- Production de la vapeur
- Refroidissement des condenseurs
- Réfrigération des produits pétroliers
- Lutte contre l'incendie.

## **8. Atelier de maintenance :**

Dans cet atelier, l'équipe de maintenance est chargé de réparer les équipements de différents unités tel que : pompes, échangeurs, vannes, moteurs,...etc.

Maintenance (G) : planning et méthode : C'est la plaque tournante de la maintenance à travers le programme journalier de travail où :

GMI : service de maintenance mécanique industrielle.

GE : service de maintenance électrique.

GEI : service de maintenance électronique et instrumentation.

GMC : service de maintenance chaudronnerie.

En cas de problème, l'opérateur doit le signaler au chef de quart ensuite au service mécanique, et une intervention sur site selon le degré de gravité avec le permis de travail (à froid ou à chaud). La décision est prise après une réunion des responsables de la zone, de sécurité et le chef de département mécanique.

Les différentes zones sont :

- Zone 01 : Les unités 100,200 ,300.
- Zone 02 : La pompière, expédition, gaz liquéfié.
- Zone 03 : Utilités, sécurité.
- Zone 04 : Le port pétrolier.
- Zone 05 : Divers.

## **9. Nouvelles installations et réhabilitation de la raffinerie d'Alger :**

Le groupe Sonatrach conscient des défis majeurs auxquels il doit faire face à l'avenir, du fait de la demande croissante du marché en produits raffinés, de durcissement progressive des spécifications des carburants (essences et diesel) ainsi que des exigences en termes de santé, de sécurité et de l'environnement, un programme de réhabilitation, de remise à niveau et de modernisation de l'instrumentation des raffineries a été envisagé. Ce programme de réhabilitation et adaptation des installations de production permettra à terme :

- D'assurer la continuité du niveau de production actuel sur les moyens et long terme, par un renouvellement et une mise à niveau des équipements,
- D'améliorer les installations pour optimiser leurs fonctionnements,

De produire pour le marché national et l'exportation des carburants aux spécifications européennes, pour la protection de l'environnement.

**Tableau.** Caractéristique d'eau et du slurry.

Caractéristique	Coté calandre	Coté tube
Fluide circulant	Slurry	Eau
Pression d'étude (kgf/cm)	20	15,5
Surépaisseur de corrosion	3	6
Viscosité (Kg/m.s)	0,00053	0,000852
Température d'entrée °C	177	25
Température de sortie °C	79	33
Poids total vide (Kg)	994	228
Volume (m <sup>3</sup> )	0,344	0,11
Débit entrant	7108	33,112
Conductivité (W/m.°C)	0,0913	0,5
Diamètre interne des tubes (mm)	10,59	
Diamètre externe des tubes (mm)	25,4	
Surface total d'échange de chaleur (m <sup>2</sup> )	23,2	
Nombre de tubes	24	
Epaisseur des tubes (mm)	2,77	
Longueur des tubes (mm)	6521	

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [01] : Documentation de la raffinerie d'Alger, «Manuel d'exploitation»,1964.
- [02] : «Foster Wheeler», (Manuel d'exploitation, unité de distillation), Société Française – Raffinerie d'Alger. 1963.
- [03] : Documentation de la raffinerie d'Alger ; «Manuel opératoire carburant, unité de reforming catalytique».
- [04] : Documentation de la raffinerie d'Alger ; «Manuel opératoire, GPL».
- [05] : Documentation de la raffinerie d'Alger ; «Manuel opératoire stockage, mélange et expédition».
- [06] : Production des Essences sans plomb Post-Réhabilitation des raffineries en Algérie.
- [07] : Carburants et moteurs. Tome 1 - Jean-Claude Guibet
- [08] : P. Leprince, Le Raffinage du pétrole, 1998.
- [09] : DDOC\_T\_2014\_0033\_BOUM, Commande Prédictive d'un Craqueur Catalytique a LitFluidisé avec Estimation des Paramètres Clés, 2014, UNIVERSITE DE LORRAINE
- [10] : Documentation «Description de la raffinerie d'Alger».
- [11] : « Barbier, Y. (1978). Dictionnaire du pétrole. FeniXX. »
- [12] : Chapitre 78 - Le raffinage du pétrole (ilocis.org)
- [13] : SELMI.El-Hachemi.pdf, étude des catalyseurs à base de bentonite et du kieselguhr pourle cracking catalytique de coupes Lourdes de pétrole Algériens, juin 1996.
- [14] Ngendakumana, P. (2014). Echangeurs de Chaleur. 1–28.
- [15] Mécanique, S. G. (2007). Diagnostic de l'encrassement par monitoring des paramètres de service aux bornes d'un échangeur de chaleur
- [16] Ouargla, K. M. (2019). Mémoire MASTER PROFESSIONNEL, étude de problème de l'encrassement dans un échangeur de chaleur type faisceau-calandre 12X20400.
- [17] Génie Chimique(2015).Mémoire, bilan thermique du circuit solvant lourds etétude d'encrassement du réfrigérant E112 de la raffinerie d'Alger.
- [18] MEMOIRE \_ PFE \_ Chaimaa \_ENNEYA. étude d'encrassement d'une batterie d'échangeurs de refroidissement du fond de colonne principale-unité RFCC Raffinerie d'Alger, 2021.

