



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

UNIVERSITE HAMMA LAKHDAR-EL-OUED

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département Industries Pétrochimiques

MÉMOIRE

De Fin d'Etude pour l'Obtention du Diplôme de Master Académique

Spécialité: Génie pétrochimique

PRESENTER PAR :

- Haba Moncef**
- Bettahar Abdelhak**
- Kadri Elmontasser Bellah**

THEME

**Proposition d'un Système d'Adoucissement de la Coupe
Kérosène à RA1/Z**

Soutenu le 04 / 06 / 2024 devant le jury:

Président : Dr. Moussa Boudiaf

MCA / Université d'El Oued

Encadreur : Dr. Abdelmadjid Guerram

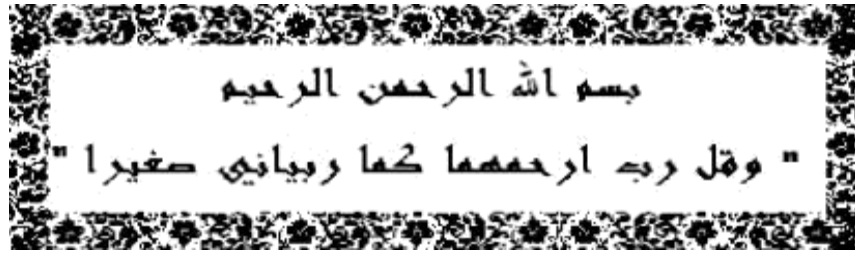
MCB / Université d'El Oued

Examineur : Dr. Bilal Khaled

MAB / Université d'El Oued

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2023-2024

Dédicaces



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma chère mère : yamina ;

Mes sœurs: Safa, khadidja

***Mes frères : Mahmoudé ; Bourhaneddine ;
Noureddine.***

***Toute ma famille élargie grands et petits;
Tous nos enseignants;***

Et A tous mes collègues.

DÉDICAS

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères : MOHAMED, AMMAR pour leur appui et leur encouragement,

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

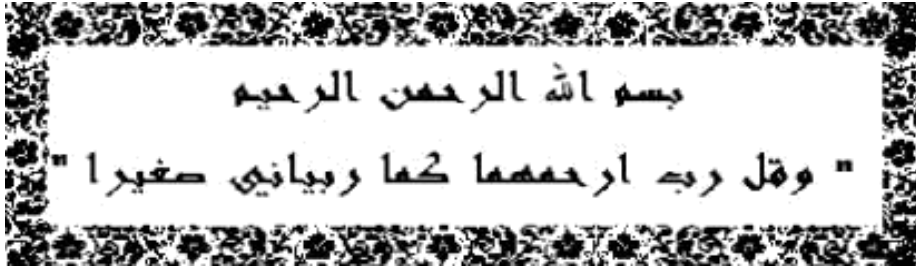
A toute la famille " BETTAHAR " pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A tous mes amis : NAIM, ABDENNOUR, NADIR, BRAHIM, MOHAMED, FARES, ILYAS... Merci je souhaite plus de succès, A tous ceux que j'aime

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

B.ABDELHAK



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À ma chère maman, merci pour ton amour inconditionnel et ta force. Tu es mon modèle. Je t'aime infiniment.

À mon cher père, merci pour ta sagesse et ton soutien constant. Tu es un exemple pour moi. Je t'aime du fond du cœur.

À ma merveilleuse sœur, merci pour ta présence et ta singularité. Je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire.

À mes chers frères, merci d'être mes compagnons de vie. Je vous aime de tout mon être



Remerciements

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude envers Allah qui nous a accordé le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons également notre gratitude envers notre encadreur, le Dr. Abdelmadjid Guerram, qui a consacré son temps à nous fournir les conseils et l'orientation nécessaires pour mener à bien cette mémoire de fin d'études.

*Tous les étudiants de l'université d'EL-OUED
Notre Enseignants du département Sciences
Technologiques, pour leur soutien moral et leur
accueil chaleureux. Notre collègues et amis pour
leur encouragements et leur aide durant.*

Liste des tableaux :

N°	Titre :	Page
01	Formule chimique du kérosène conventionnel	24
02	les propriétés physiques du kérosène	27
03	fiche technique de l'échangeur 11E12A/B.	61
04	débits horaires ainsi que les prix de ventes de chaque produit.	65
05	répartition des prix (produit et brut) pour différent cas de figure.	65

Liste des figures :

N°	Titre :	Page
01	La Distillation	5
02	Schéma des plateaux	9
03	Schéma de colonne à garnisages.	10
04	Schéma du procédé de distillation atmosphérique	12
05	Installation de distillation atmosphérique dans une seule colonne	17
06	Installation de distillation atmosphérique avec une colonne pré-distillation	18
07	Installation de distillation atmosphérique avec un ballon de flash	19
08	Schéma simplifié de la distillation sous vide	21
09	Chromatogramme d'un échantillon de kérosène de type TR0	24
10	la production du kérosène	25
11	chauffage au kérosène	26
12	carburant d'avion	26
13	station raffinerie des Arzew	29
14	Capacité de production au complexe	30

Liste des annexes :

N°	Titre	Page
Annexe I	Historique du problème	70

Liste des abréviations

RA1/Z	La raffinerie d'Arzew
BTX	benzène-toluène-xylènes
DSV	Distillation sous vide
SPO	L'huile légère
MVO	L'huile mi-visqueuse
VO	L'huile visqueuse
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
BRI	Brut réduit importé
BRA	Résidu atmosphérique
RSV	Résidu sous vide
DAH	Huile désasphaltée

Sommaire

Dédicace.....	
Remerciements.....	i
Liste des <i>tableaux</i>	ii
Liste des figures.....	ii
Liste des annexes	ii
Liste d'abréviation.....	iii
Introduction générale	01

Patrie Bibliographique

Chapitre I : les La Distillation

I – Introduction.....	02
I -1- Définition de la distillation.....	03
I -2- Les unités de distillation	05
I -2-1- Condenseur	05
a)- Condenseur totale.....	06
b)- Condenseur partiel.....	06
I -2-2- Colonne de fractionnement.....	06
I -3- Les type de distillation	06
I -3-1- La composition du mélange.....	07
a)- La distillation binaire	07
b)- La distillation multi-composante.....	07
I -3-2- Le mode de traitement.....	07
a)- Distillation continue.....	07

b)- Distillation discontinue	08
I -4- But de la distillation	08
I-5- Types de colonnes	09
a)- Colonne à plateaux	09
b)- Colonne à garnissages	10
I –6- distillation industrielle.....	10
I –6-1- La distillation atmosphérique.....	10
I –6 -1-1- Description de la colonne de distillation atmosphérique	12
I –6-1-2- Variables opératoires et leur influence.....	13
I –6-1-3- Types d’installations de distillation du pétrole	15
a)- Unité de distillation atmosphérique dans une seule colonne	16
b)- Unité de distillation atmosphérique du pétrole avec pré distillation	17
c)- Unité de distillation atmosphérique avec un ballon de flash	18
I-6-2- Distillation sous vide	19

Chapitre II : Caractéristiques du kérosène et de la raffinerie d’Arzew

II. Introduction.....	22
II.1.Définition	23
II.2. Composition chimique du kérosène	23
II.3. La production du kérosène.....	25
II.4. Types du kérosène	26
II.5. Utilisation du kérosène.....	26
II.6.Les caractéristiques du kérosène	27
II.6.1. Propriétés chimiques	27

II.6.2. Les propriétés physiques.....	27
II.7. Liste des raffineries d'Algérie	28
II.8. présentation de la raffinerie d'Arzew	28
II.8.1. Historique de la raffinerie d'Arzew	28
II.8.2. Situation géographique.....	28
II.8.3. Capacités de production	29
II.8.4. L'objectif du complexe	30
II.8.5. L'unité de l'extraction au furfural.....	31
II.8.5.1. La séparation.....	32
II.8.5.2. Description de l'unité.....	32
II.8.5.3. Traitement de la charge	32
II.8.5.4. Rôle de l'unité	32
II.8.5.5. Principe de fonctionnement.....	32
II.8.6. Présentation de la principale installation de RA1Z.....	33
II.8.6.1. Département de production P1	33

Parti II : Partie pratique

Chapitre III : Système d'adoucissement de la coupe kérosène à d'Arzew

PARTIE 01 : INJECTION DE LA SOUDE

III-I- introduction.....	36
III-2-Inconvénients.....	36
III-3-stratégie de l'injection.....	37
III-4-point d'injection.....	37
III-5 Protection de tête.....	37
III-5.1.PH	37

III-5.2.Sulfure	38
III-5.3.Ammoniaque	38
III-5.4.Chlorure d' ammonium	38
III-6. Eau de lavage	38
III-6.1.Avantages	38
III-6.2.procède d'injection	39

PARTIE 02 : SYSTEME D'ADOUCCISSEMENT

IV-1-Généralistes	40
IV-2- Fonctionnement de l'unité.....	41
IV-3- Description De l'équipement.....	41
IV-4- Variable Opératoires	45

PARTIE 03 : PREPARATION DES DONNEES DE BASE

V-1- Introduction.....	53
V-2- Détermination de la quantité de kérosène à précipiter	53
V.2.1. Calcul des échangeurs	54
V.2.2. Méthode de calcul	54
V.3. Méthode de calcul.....	55
Conclusion	67
Références bibliographiques	68
Annexe	70
Résume	

INTRODUCTION

Introduction générale

Introduction générale

Le pétrole brut a pris une place considérable dans notre civilisation, non seulement parce qu'il est un potentiel d'énergie depuis plus de cinquante ans, mais aussi parce qu'il est la source de la dérivée indispensables à la vie quotidienne tels que les lubrifiants, les bitumes et les produits finis issus de la pétrochimie (résines, caoutchoucs synthétiques, matières plastiques, détergents, etc.).

Sa transformation qui a révolutionné l'industrie fait appel à des techniques de séparation et de conversion permettant de produire un éventail complet des produits commerciaux allant des gaz aux asphaltes.

L'ordonnancement logique des différentes opérations de traitement du brut constitue le schéma de fabrication dont l'élaboration nécessite la connaissance précise des éléments suivants :

- la composition des pétroles bruts et des produits finis.
- les propriétés physico-chimiques des hydrocarbures et des fractions pétrolières.
- les techniques de séparation et de conversion.

Pendant les quarante premières années du démarrage effectif de l'industrie aéronautique, la consommation des carburateurs, particulièrement le kérosène, issu de la distillation atmosphérique, s'est vu croître de plus en plus.

Ce type de carburateur, très convoité de nos jours pour des raisons économiques, a entraîné un durcissement en matière de contrôle de sa qualité. Les conditions de sa fabrication sont soumises

à des contrôles sévères, et des échéances sont imposés aux raffineurs pour respecter des seuils de spécifications de plus en plus strictes.

L'intérêt d'une amélioration qualitative du kérosène produit réside dans la diminution de son indice d'acidité dont le but est l'optimisation de son point de congélation de sorte qu'il soit

Conforme aux exigences internationales.

De manière générale, le brut algérien n'est pas connu pour être acide, alors que les autres bruts le sont.

La raffinerie d'Arzew possède un kérosène dont les spécifications physico-chimiques, y compris son indice d'acidité, risquent de devenir fortement incompatibles avec celles imposées par les normes internationales à moyen et longs termes. En raison de ces exigences,

La raffinerie tente d'améliorer la qualité de son kérosène commercial par des actions chimiques immédiates.

Or, il se trouve en plus précisément le **13/04/2023** le kérosène de la **RA1/Z** a subi une perturbation du point de vue de son acidité, cette dernière ayant atteint la valeur de 0,024mgKOH/g.

Ceci a nécessité une injection appréciable de soude à la sortie du dessaleur.

Si cette procédure a permis de réduire l'acidité du kérosène, elle a, en revanche, empoisonné le brut réduit atmosphérique qui constitue la charge d'alimentation pour la zone des lubrifiants.

Toutes ces considérations (contexte international de plus en plus contraignant et expérience malheureuse à la raffinerie) ont amené les exploitants de la raffinerie d'Arzew à étudier la faisabilité de la conception d'une unité d'adoucissement du kérosène dans le cas d'utilisation d'une charge acide.

Dans ce cadre, les exploitants de la raffinerie nous ont confié l'étude de la charge de façon à obtenir un kérosène ayant une acidité minimum, en utilisant une solution optimale mais avec moins d'effets secondaires.

Ce mémoire est constitué de deux parties principales :

- ✚ une partie théorique, où nous donnerons un aperçu sur la raffinerie d'Arzew et sur la distillation atmosphérique, notamment le topping. Nous rappellerons aussi les caractéristiques physico-chimiques à la fois du brut et du kérosène..

- ✚ une partie pratique où nous ne commencerons pas faire un historique de l'acidité du kérosène au niveau de la raffinerie, suivi d'un chapitre consacré à l'origine de l'acidité dans cette coupe pétrolière particulière. Un chapitre décrit solutions destinées à résoudre le problème de l'acidité du kérosène : celle d'une injection de soude et de précipitation électrostatique. Les deux solutions seront consacrées aux calculs de dimensionnement respectivement de la précipitation et de l'échangeur eau/kérosène, et il y a étude économique pour une augmentation de charge du 130%.

Partie bibliographique

Chapitre : I

La Distillation

I- Introduction:

La distillation constitue une technique de séparation fondamentale utilisée pour purifier ou isoler les composants d'un mélange liquide en tirant parti de leurs volatilités distinctes. Ce procédé repose sur le principe que les liquides possèdent des températures d'ébullition différentes en fonction de leur composition. La distillation trouve de nombreuses applications dans des domaines variés, tels que la production de boissons alcoolisées, la purification de l'eau, la production de carburants et la fabrication de produits chimiques.

Le processus de distillation consiste à chauffer le mélange liquide dans un appareil tel qu'un alambic ou une colonne de distillation. Lorsque le liquide atteint sa température d'ébullition, les composants ayant les températures d'ébullition les plus basses commencent à s'évaporer en premier. Les vapeurs ainsi formées sont ensuite refroidies et condensées pour récupérer les liquides séparés. Ce processus peut être répété plusieurs fois pour obtenir une séparation plus poussée des composants.

La distillation joue un rôle crucial dans de nombreuses industries et est également utilisée dans des applications domestiques telles que la distillation de l'eau pour la rendre potable. Elle est souvent associée à des concepts tels que le fractionnement, la rectification et la distillation sous vide pour des applications spécifiques. La distillation est également étudiée en chimie et en génie chimique pour comprendre les principes de séparation des mélanges. [1]

I -1-Définition de la distillation:

La distillation est un processus de séparation thermique utilisé pour purifier ou séparer les constituants d'un mélange liquide en exploitant les différences de volatilité des composants. Le processus implique généralement la vaporisation du mélange liquide, suivie par la condensation des vapeurs pour obtenir des liquides distincts. Ce processus est basé sur le fait que les différents composants d'un mélange ont des points d'ébullition différents, ce qui permet de les séparer en fonction de leurs températures d'ébullition respectives. [2]

-Voici quelques aspects clés à considérer pour une distillation plus détaillée:

A) Processus de base :

La distillation implique la vaporisation d'un mélange liquide, suivie de la condensation des vapeurs pour obtenir des liquides distincts. Ce processus est basé sur les différences de températures d'ébullition des composants du mélange. En chauffant le mélange, les composants avec les températures d'ébullition les plus basses se vaporisent en premier. Les vapeurs sont ensuite refroidies et condensées pour former des liquides séparés. [3]

B) Distillation fractionnée :

La distillation fractionnée, également appelée rectification, est une technique de séparation plus sophistiquée dérivée de la distillation classique. Elle est particulièrement utile lorsqu'il s'agit de séparer des mélanges dont les composants ont des points d'ébullition proches les uns des autres.

Fonctionnement

Dans la distillation fractionnée, une colonne de fractionnement est ajoutée à l'appareil de distillation classique. Cette colonne est remplie de plateaux ou de garnissages, qui créent une surface importante d'échange entre les vapeurs montantes et le liquide descendant.

1. **Évaporation:** Le mélange liquide est chauffé, transformant les composants les plus volatils en vapeur.
2. **Ascension des vapeurs:** La vapeur monte dans la colonne de fractionnement.

3. **Échange de chaleur et de masse:** Au fur et à mesure que la vapeur monte, elle entre en contact avec les plateaux ou les garnissages. Le liquide descendant, plus froid, refroidit la vapeur, provoquant la condensation des composants les moins volatils. Ces composants condensés retournent dans le liquide descendant.
4. **Enrichissement en vapeur:** Les composants les plus volatils, ayant une affinité moindre avec le liquide, restent sous forme de vapeur et continuent de monter dans la colonne. La vapeur s'enrichit ainsi progressivement en composants les plus volatils.
5. **Condensation finale:** La vapeur enrichie atteint le haut de la colonne, où elle est refroidie et condensée. Le liquide résultant, riche en composants les plus volatils, est collecté. [3]

C) Applications spécifiques :

La distillation est utilisée dans de nombreux domaines, notamment la production de carburants, la purification de l'eau, la production de solvants et de produits chimiques, la fabrication d'alcool et de spiritueux, et même dans certains processus de fabrication alimentaire pour séparer les huiles essentielles et les arômes. [3]

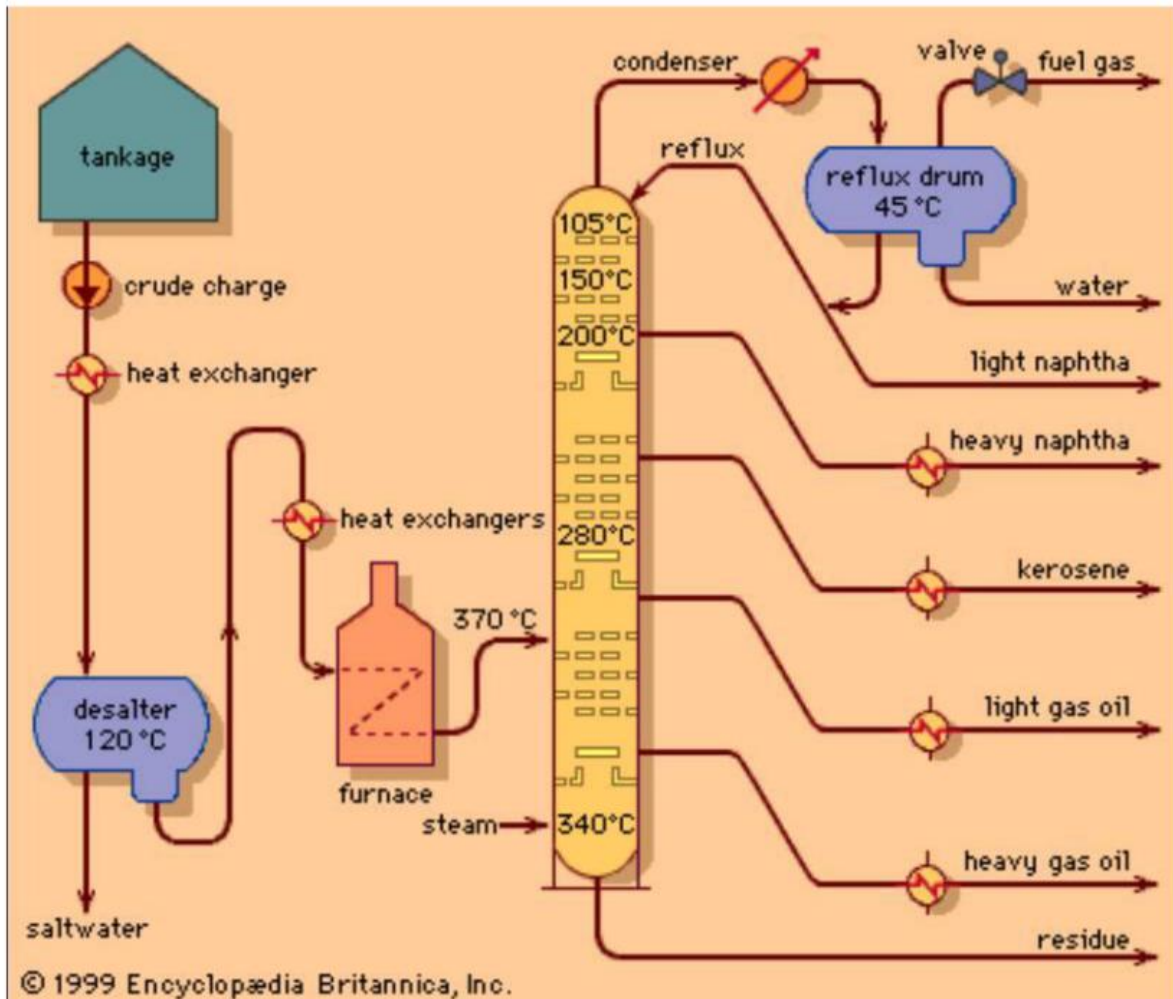


Figure I.1 : La Distillation.

I-2-Les unités de distillation :

L'unité de distillation est un équipement utilisé dans le processus de distillation pour séparer les composants d'un mélange liquide en les chauffant et en collectant les vapeurs qui se forment à des températures spécifiques, les principaux types d'unités de distillation sont les colonnes de distillation à plateaux et les colonnes de distillation à garnissage, qui utilisent différents mécanismes pour faciliter la séparation des composants.

I-2-1-Condenseur :

Un condenseur est un dispositif essentiel dans le processus de distillation. Il fonctionne en refroidissant les vapeurs produites pendant la distillation, les transformant ainsi en liquide. Lorsque les vapeurs chaudes entrent dans le condenseur, elles entrent en contact avec une surface froide. Ce choc thermique provoque la condensation des vapeurs, les transformant en

liquide. Ce liquide condensé est ensuite collecté et récupéré comme produit final de la distillation, Nous avons deux types : totale et partiel

a) Condenseur totale :

Également appelé condenseur à reflux total, est un élément clé dans les systèmes de distillation. Il est utilisé pour condenser complètement les vapeurs issues de la colonne de distillation en un liquide, qui peut être collecté comme produit final ou renvoyé dans la colonne pour un traitement supplémentaire. [4]

b) Condenseur partiel :

Le condenseur partiel, également appelé condenseur à reflux partiel, est un élément utilisé dans les systèmes de distillation où seule une partie des vapeurs est condensée. Cela permet de contrôler le taux de reflux dans la colonne de distillation, ce qui peut influencer la séparation des composants. [5]

I-2-2- Colonne de fractionnement :

Une colonne de fractionnement est un équipement utilisé en distillation pour séparer les différents composants d'un mélange liquide en fonction de leurs points d'ébullition. Cette technique est largement utilisée dans l'industrie chimique et pétrolière pour purifier les produits chimiques et les hydrocarbures.

La colonne de fractionnement, également appelée colonne de distillation, se compose d'une série de plateaux ou de garnitures qui permettent aux vapeurs de s'élever à travers la colonne. Les composants du mélange se vaporisent à des températures spécifiques et se condensent ensuite sur les plateaux ou les garnitures, créant ainsi une séparation des composants en fonction de leur point d'ébullition.

I-3- Les types de distillation :

La distillation continue et la distillation discontinue sont les deux principales catégories de Distillation.

I.3.1. La composition du mélange :

La distillation binaire et la distillation à plusieurs composants sont les deux types de Distillation.

a). La distillation binaire :

Le mélange est divisé en seulement deux produits liquides.

b). La distillation multi-composante :

La distillation commerciale consiste à séparer le mélange en plusieurs produits liquides, tel que le processus de raffinage du pétrole.

I.3.2. Le mode de traitement :

La distillation continue et la distillation discontinue sont les deux principales méthodes de traitement. [6, 7]

a). Distillation continue :

La distillation continue, contrairement à la distillation discontinue (classique) que nous avons vue précédemment, est un procédé de séparation en flux continu. Imaginez une chaîne de production ininterrompue, où l'alimentation, la séparation et la collecte se déroulent simultanément.

Fonctionnement

La distillation continue repose sur un appareil similaire à celui de la distillation simple, mais avec l'ajout d'une colonne de rectification et d'un système d'alimentation continue. Voici les étapes clés :

1. **Alimentation continue:** Le mélange à séparer est introduit en continu dans la colonne à un point intermédiaire.
2. **Évaporateur:** À la base de la colonne, une source de chaleur vaporise les composants les plus volatils du mélange d'alimentation.
3. **Ascension des vapeurs:** La vapeur enrichie en composants volatils monte dans la colonne.

4. **Échange et séparation:** La colonne contient des plateaux ou des garnissages qui favorisent l'échange de chaleur et de masse entre la vapeur montante et le liquide descendant. Les composants plus lourds se condensent et retournent vers le bas de la colonne, tandis que les composants plus légers restent sous forme de vapeur et continuent leur ascension.
5. **Distillat et résidu continu:** En haut de la colonne, un condenseur refroidit et condense la vapeur enrichie en composants légers, collectant ainsi le distillat en continu. Simultanément, un prélèvement continu est effectué en bas de la colonne pour récupérer le résidu, appauvri en composants volatils. [8]

b). Distillation discontinue :

Le chauffage est appliqué dans un réservoir en fond de colonne (bouilleur) où le mélange est introduit lors de la distillation discontinue. Le condenseur en tête de colonne recueille les produits les plus légers. La température au sommet de la colonne augmente lorsque les composés légers passent. Le résidu lourd en bas de colonne est le seul qui reste après l'opération. La partie non récupérable produite par ce processus est généralement incinérée dans un centre de traitement, mais si elle est très aqueuse, elle est envoyée dans un réseau de traitement biologique. Il existe de nombreux appareils qui utilisent cette méthode, qu'ils soient destinés au traitement des effluents ou à la récupération de solvants (ou à la régénération). Elle est utilisée pour les produits pharmaceutiques, agroalimentaires et à forte valeur ajoutée. [9]

I.4. But de la distillation [8] :

La principale tâche de ce travail consiste à commander efficacement une colonne de distillation pour séparer un mélange liquide afin d'obtenir la qualité de pureté souhaitée des produits finaux. La commande H_∞ a été ajoutée à notre système pour améliorer les résultats obtenus avec les régulateurs décentralisés PI.

- Un produit est éliminé lors d'une réaction chimique.
- Isolement produit par une réaction chimique de plusieurs composés.
- Éliminer un solvant
- Isolement d'une substance naturelle
- Processus de purification d'un composé.

I.5. Types de colonnes :

La séparation physico-chimique est une unité employée dans les domaines des sciences de l'ingénieur, de la chimie et de la biologie. En règle générale, il s'agit d'un tube où des échanges de matière (à la base de la séparation) et d'énergie (chaleur) se produisent entre une phase liquide descendante et une phase gazeuse en ascension. La colonne offre la possibilité de séparer un ou plusieurs composés d'une combinaison. Le processus de séparation peut varier et utilise diverses méthodes. Ces unités sont appelées selon leur principe de séparation. On peut réaliser ce contact en utilisant des colonnes à plateaux ou à garnissages.

a). Colonne à plateaux :

Les plateaux se composent de plaques horizontales qui sont disposées les unes sur les autres à des distances spécifiques à l'intérieur de la colonne. Comme illustré dans la figure I.2, il y a une couche de liquide de hauteur restreinte sur chaque plateau. Parcourue par la vapeur qui monte. La taille d'une colonne composée de plateaux varie en fonction du nombre de plateaux et de l'espace entre les plateaux. [9]. Les colonnes industrielles sont généralement composées de véritables plateaux, qu'ils soient équipés de calottes, de clapets ou même de plateaux simples perforés. [10]

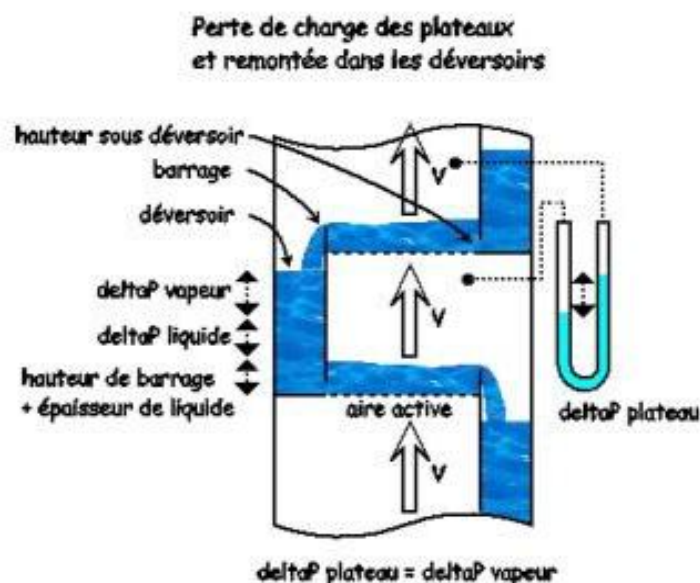


Figure I.2: Schéma des plateaux

b) Colonne à garnissages :

Les garnissages peuvent être fabriqués à partir de divers matériaux tels que la céramique, le métal, les plastiques, voire même le graphite ou le verre (comme les anneaux de Raschig). Ils sont utilisés sous forme de remplissage en vrac pour favoriser le contact dans une colonne de petites dimensions, ainsi que pour les renforcer. Structures de laboratoire. [10]

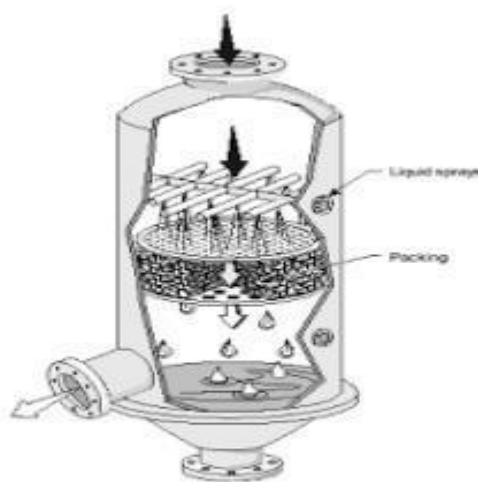


Figure I.3: Schéma de Colonne à garnissages.

I-6- Distillation industrielle :**I-6-1- la distillation atmosphérique:**

Cette distillation se produit sous une pression atmosphérique, comme son nom l'indique. La production se déroule dans une tour de distillation mesurant entre 50 et 60 mètres de hauteur pour 7 mètres de diamètre, avec environ 50 plateaux de fractionnement. Un tel système offre la possibilité le processus de traitement quotidien de jusqu'à 30000 tonnes de

Pétrole.

Afin d'accomplir cela, le pétrole brut est placé dans la colonne à une température de 380°C. En utilisant la chaleur recyclée provenant des procédés, le pétrole brut dessalé est préchauffé dans les tours de distillation atmosphérique. Par la suite, cette charge est dirigée vers un réchauffeur à chauffage direct, puis elle est prélevée. Vers le bas d'une

colonne verticale de distillation, avec des pressions légèrement supérieures à celles de la pression de l'air et à des températures variant de 343 °C à 371 °C, afin d'éviter toute rupture thermique indésirable qui se produirait à des températures plus élevées. Les particules fines (à faible température d'ébullition) se propagent dans la partie supérieure de la tour, où elles sont soutirées en continu et transportées vers d'autres unités pour être traitées de manière plus approfondie. Avant d'être combinées et réparties. Au sommet de la tour, on soutient les fractions ayant les points d'ébullition les plus bas, tels que le gaz combustible et le naphta léger, sous forme de vapeurs. Le naphta, ou essence de distillation directe, est récupéré en haut de la tour en tant que produit principal. Ces matières premières et de reformage, essences de base, solvants et gaz de pétrole liquéfiés sont employés. Les composés avec un niveau d'ébullition intermédiaire, tels que le gazole, le naphta lourd et les distillats, sont considérés comme des fractions.

Appuyées sur les côtés dans la partie médiane de la tour. Des opérations de finition sont réalisées sur elles afin de les utiliser comme kérosène, carburant diesel, mazout, carburateurs, matières premières des unités de craquage catalytique et essences de base. Il est possible de retirer certaines de ces fractions liquides de leurs produits plus légers, puis de les réinjecter dans la tour en tant que reflux descendants. Les parties plus lourdes avec un point d'ébullition plus élevé (connues sous le nom de fractions plus lourdes). La partie inférieure de la tour contient des résidus, queues de distillation ou résidus de première distillation qui se condensent ou restent. Ces résidus sont utilisés comme fioul ou matières premières pour les unités de production de bitume ou de craquage, ou sont acheminés vers un réchauffeur et une tour de distillation sous vide pour être fractionnés de manière plus approfondie [11]

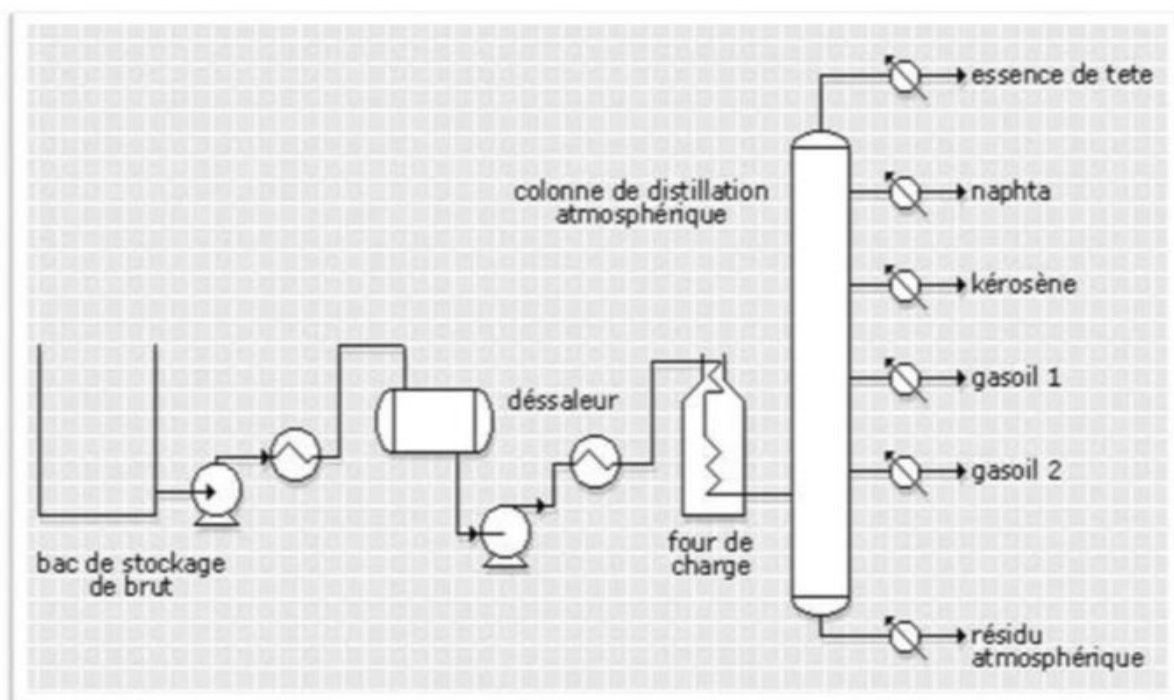


Figure I.4 : Schéma du procédé de distillation atmosphérique [11]

I-6-1-1- Description de la colonne de distillation atmosphérique:

La colonne de distillation est un dispositif vertical cylindrique d'une hauteur allant de 40 à 50 mètres. Les plateaux sont des cloisons horizontales qui ont pour fonction de garantir un contact intime entre le liquide et la vapeur, favorisant ainsi l'équilibre des phases à la surface. Après avoir été divisée en trois zones en raison des transferts de chaleur et de matière :

A. Zone d'alimentation ou zone de flash:

Il s'agit de la zone où la charge chauffée est injectée à une température de 350°C, où la séparation en phase liquide et en phase vapeur est réalisée. La matière première doit garantir une séparation efficace des phases et préserver les parois contre l'érosion. Les tubes sont tangentiels et se déplacent en spirale vers le centre grâce à une plaque métallique positionnée verticalement. Il se situe entre le cinquième et le sixième plateau. [11]

B. Zone de rectification :

Elle est équipée de plateaux pour faciliter la correction. Les plateaux nécessaires varient en fonction de la charge à traiter et des fractions souhaitées (entre 22 et 45).

C. Zone d'épuisement :

La partie la plus importante du pétrole s'accumule dans cette zone. Le résidu atmosphérique sera utilisé comme charge pour la distillation sous vide, où la vapeur d'eau sera injectée afin d'éliminer les composants légers volatils. Cette zone inclut également des plateaux dont le nombre varie de (6 8) [11].

Afin d'assurer le bon fonctionnement de la colonne et d'améliorer la qualité des produits, on utilise :

Avantage :

- Au sommet de la colonne, ils réduisent la quantité de vapeur, ce qui entraîne une réduction du diamètre de la colonne
- La capacité de la colonne augmente en raison de la diminution de la quantité de vapeur.

Inconvénients :

Des plateaux supplémentaires sont prévus

Réduction de la quantité de soutirages latéraux qui surveillent ces flux.

I-6-1-2- Variables opératoires et leur influence:

a)Température de sortie du four:

La charge est partiellement vaporisée lorsque la chaleur nécessaire à la distillation est fournie. La température de sortie du four détermine le degré de vaporisation (à pression constante).

La température du brut entrant dans la colonne est déterminée par l'augmentation du 67 à 82 % du produit sortant du four. Augmente le reflux en tête de colonne et favorise l'échange liquide/vapeur sur les plateaux, ce qui entraîne un fractionnement amélioré.

La température de transfert de ligne doit être maintenue à de telles valeurs que les phénomènes de fissuration de la charge soient évités, car ils pourraient provoquer la formation de charbon sur les parois internes des tubes.

b) Pression dans la colonne:

La colonne de pression est un paramètre opérationnel qui est généralement maintenu constant.

De toute façon, une augmentation de la pression provoque (La température de transfert resterait constante) et le pourcentage de vaporisation brut diminuerait. De plus, le fractionnement entre les produits se détériore.

c) Température de tête de colonne :

La température de tête de colonne doit être telle que le produit de tête de colonne puisse sortir à l'état de vapeur avec l'intervalle d'ébullition souhaité. Les conditions opératoires restent les mêmes ; cependant, une augmentation de la température de tête réduit le reflux intérieur, tandis que la température des plateaux augmente, ce qui alourdit tous les produits. Le débit de reflux lui-même est influencé par la variation de la température de reflux au sommet de la colonne.

d) Quantités des prélèvements :

Le reflux interne de la colonne est influencé par la quantité de chaque prélèvement, qui affecte également les intervalles d'ébullition des prélèvements. Les caractéristiques des coupes (point final, densité, etc.) de chaque produit peuvent être modifiées en fonction de la quantité de prélèvement. Par exemple, si on veut augmenter le point final d'un prélèvement, on augmente la quantité de prélèvement de la Les points finaux des produits situés au-dessous augmenteront également, et pour les ramener à leurs valeurs initiales, le prélèvement doit être diminué immédiatement au-dessous de celui qui est intéressé par la variation. En revanche, lorsqu'on souhaite réduire le point final, cela se fait.

e) Injection de vapeur surchauffée dans le fond de la colonne :

L'injection de vapeur surchauffée réduit la température d'ébullition des composants. Par conséquent, elle s'assure que les parties les plus légères du La viscosité du produit, le point d'inflammabilité et le reste du produit changent.

f) Recirculation des pump arounds (reflux circulant intermédiaire) :

Les pompes rondes soutiennent la chaleur de la colonne de distillation et permettent la condensation des coupes latérales. Des échangeurs transfèrent la chaleur soustraite au brut.

Il est évident que les quantités de recirculation doivent être les plus proches de celles de calcul car la pompe autour est destinée à régler un certain équilibre de la charge liquide et de la vapeur le long de la colonne et à assurer un certain échange thermique.

I-6-1-3- Types d'installations de distillation du pétrole :

L'étape initiale du processus de raffinage du pétrole consiste à distiller, ou fractionner, le pétrole brut afin de le séparer en divers groupes d'hydrocarbures. Les résultats obtenus sont directement influencés par les caractéristiques du matériau brut traité. La plupart de ces produits de distillation sont ensuite transformés.

Les produits sont transformés en produits plus facilement utilisables en modifiant leurs structures physiques et moléculaires par craquage, reformage et d'autres méthodes de conversion. Ensuite, les produits obtenus sont soumis à différentes techniques de traitement et de séparation telles que l'extraction, l'hydrocraquage et l'adoucissement, ce qui conduit à des produits finis tels que :

- Le propane, comme d'autres combustibles gazeux, est stocké et transporté sous forme liquide sous pression dans des wagons spécialisés vers les distributeurs.
- Le transport de carburants liquides par bateau, train ou pipeline.
- En général, les lubrifiants (huiles moteurs, de transmission, graisses, etc.) sont expédiés en vrac dans une installation d'emballage en dehors du site.
- Paraffine, employée pour emballer des aliments congelés, entre autres.
- Le soufre, qui est le résultat de l'élimination du soufre du pétrole, est composé de quelques pour cent de composés organo sulfurés
- Goudron, expédié afin d'être emballé à l'extérieur du site
- L'asphalte est utilisé comme liant pour le gravier afin de créer un enrobé.
- Petr oléum coke, employé comme combustible ou pour fabriquer des électrodes.
- Les composés pétrochimiques sont des substances organiques utilisées dans les industries chimiques pour fabriquer des polymères ou des produits pharmaceutiques.

L'éthylène ou les hydrocarbures aromatiques benzène-toluène-xylènes (BTX) sont des exemples de ces composés. [12]

Trois types d'installations d'unités de distillation sont disponibles, et le choix de ces types est influencé par deux facteurs :

- Les caractéristiques du pétrole brut à traiter. Les résultats à obtenir

a) Unité de distillation atmosphérique dans une seule colonne:

On utilise ce genre de schéma pour traiter un pétrole brut contenant peu de fractions légères et peu de sulfures, dans le but d'éviter la corrosion de la colonne principale, qui est extrêmement coûteuse [13].

a) Avantage :

- La structure est claire.
- Les températures basses (entre 330 et 380 °C) peuvent être utilisées. Dans le processus de fractionnement du pétrole, les fractions lourdes sont vaporisées en présence de coupes légères.
- Ce schéma est étroit (c'est-à-dire ne prend pas beaucoup de surface).

b) Inconvénients :

- L'installation a une capacité limitée.
- Cette unité ne prend pas en charge le pétrole léger qui renferme une grande quantité d'essence en raison de l'augmentation de la pression dans la colonne, ce qui nécessite une épaisseur importante des parois et une augmentation du prix de revient.
- Il est compliqué de maintenir le régime de fractionnement constant de la colonne (Pression, Température, etc.) lorsque la quantité d'essence et d'eau dans le pétrole fluctue.
- Cette unité est spécialement conçue pour gérer le pétrole lourd.

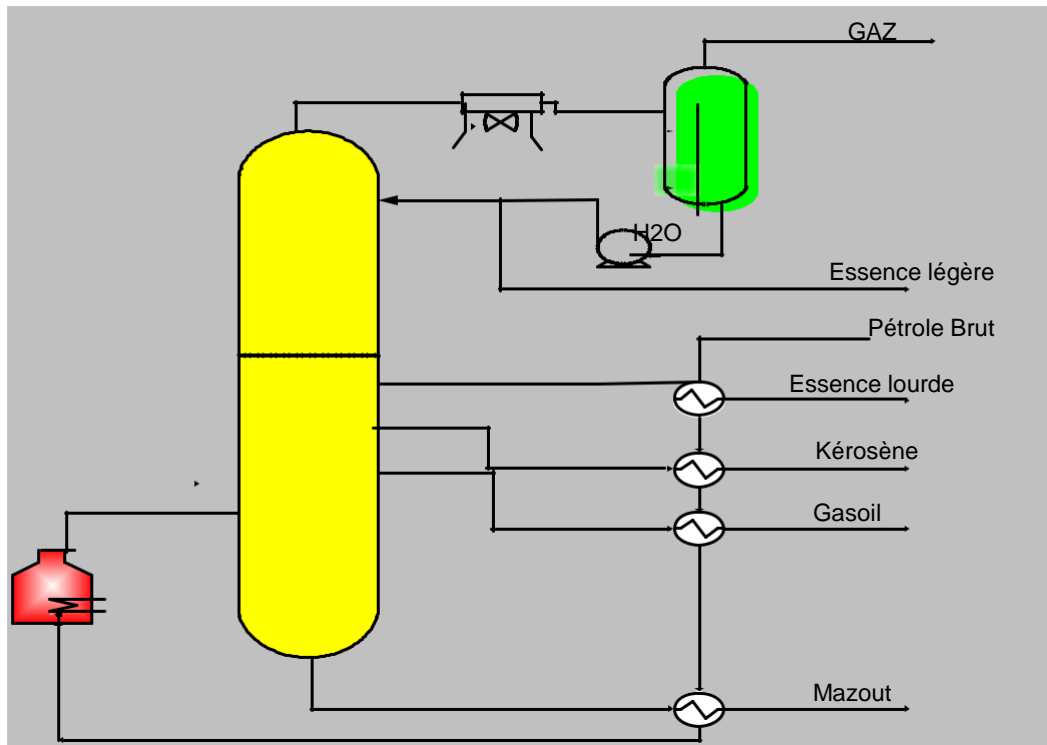


Figure. I.5: Installation de distillation atmosphérique dans une seule colonne

b) Unité de distillation atmosphérique du pétrole avec prédistillation:

Ce schéma permet de gérer un pétrole brut qui n'est pas stabilisé et qui est sulfureux.

a) Avantages :

- Le schéma est facile à comprendre et offre la possibilité de traiter divers pétroles avec une excellente qualité de fractionnement.
- L'absence de fractions légères (flashé) dans le pétrole n'entraîne pas une augmentation de la pression dans le four et dans la colonne atmosphérique.
- La suppression des particules légères (dans la colonne de distillation) permet de réduire la quantité de liquide.

La puissance du four est diminuée car le débit de brut étêté est plus faible que celui du pétrole brut.

- L'installation a une capacité élevée.
- Il est possible de traiter les pétroles non stabilisés bruts.

b) Inconvénients :

- Il est nécessaire de mettre en place une température élevée à la sortie du four afin de permettre l'évaporation des fractions lourdes dans la deuxième colonne.
- La consommation d'énergie est de 40% supérieure à celle du schéma à une seule colonne.
- Une colonne supplémentaire est nécessaire, ainsi que deux pompes supplémentaires pour

alimenter le four et pour le reflux froid.

- L'unité est complexe [13]

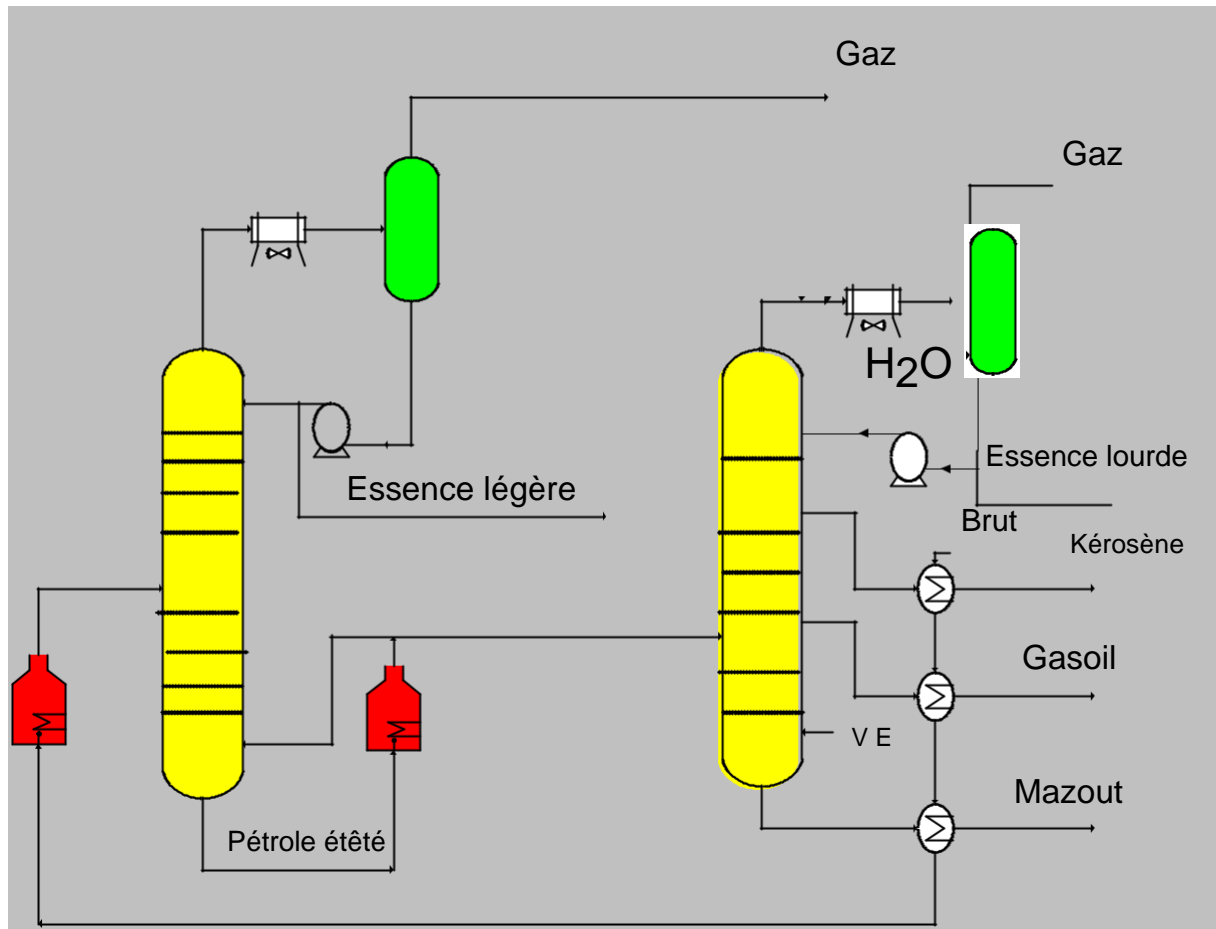


Figure I.6 : Installation de distillation atmosphérique avec une colonne pré-distillation [13].

c) Unité de distillation atmosphérique avec un ballon de flash :

L'objectif de cette installation est de traiter une charge qui renferme une grande quantité de particules légères.

a) Avantages :

- Capacité considérable de l'unité.
- Il est possible d'utiliser des pétroles légers (à condition que le gaz ne dépasse pas 1,5 % de pourcentage).
- La capacité du four diminue lorsque l'essence légère du pétrole est évaporée avant.
- Pas de pression excessive dans le système.

b) Inconvénients :

- Si la quantité de fractions légères change, cela entraîne une mauvaise marche de la

colonne.

-La distillerie du pétrole brut riche en composés sulfureux est complexe et impossible [13].

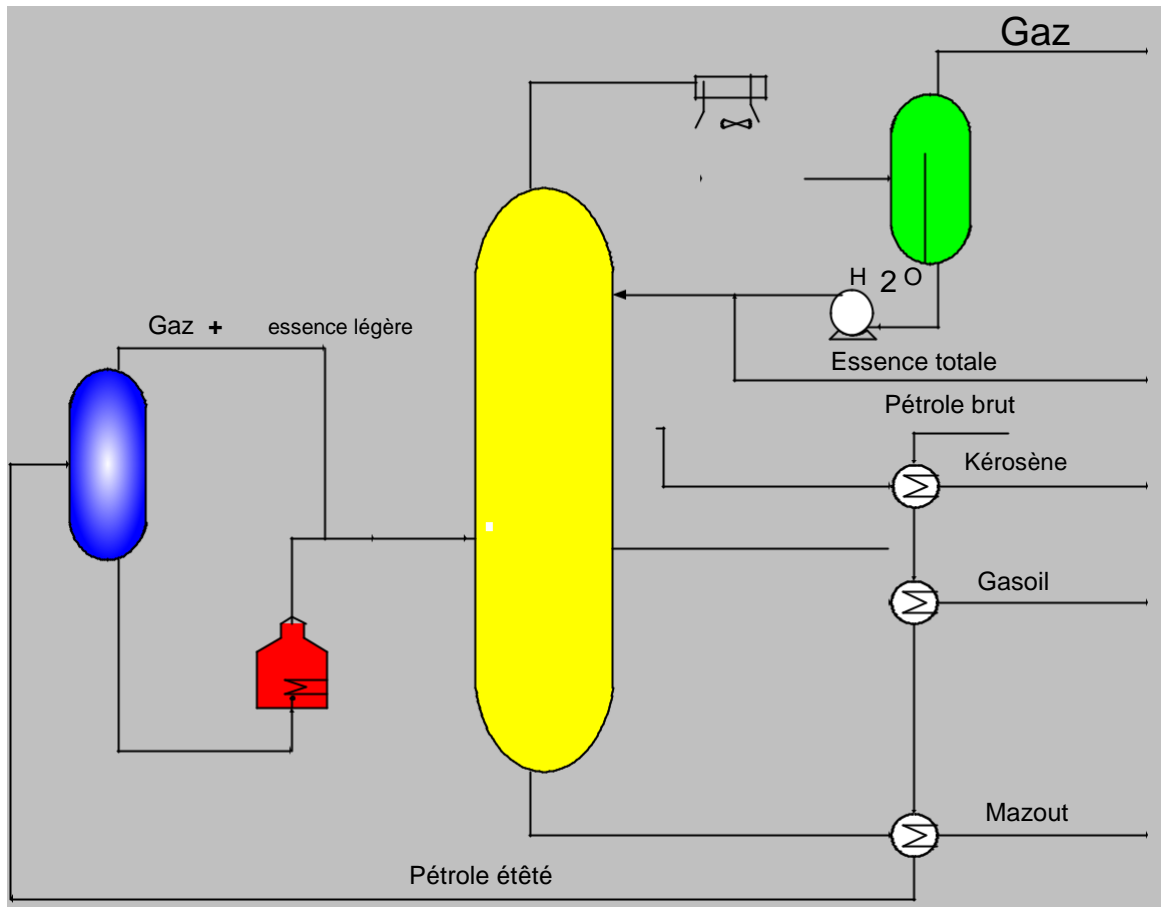


Figure. I.7 Installation de distillation atmosphérique avec un ballon de flash [13]

I-6-2- Distillation sous vide

L'objectif principal de l'installation de distillation sous vide (DSV) est de diviser le résidu atmosphérique en différentes parties pétrolières. Les différentes coupes obtenues sont utilisées ultérieurement en fonction de la composition du résidu atmosphérique et de l'utilisation ultérieure.

Grâce à la technique sous vide, les températures de distillation peuvent être réduites afin d'éviter la dégradation thermique des hydrocarbures à des températures d'ébullition élevées. Son objectif est de ne pas dépasser 400-430 °C, ce qui correspond, dans ce genre d'unité, à la température limite de stabilité des hydrocarbures. Un dispositif d'aspiration des gaz résiduels est installé en tête de colonne pour garantir le vide. On soutient latéralement le gasoil et les

distillats sous vide tels que le spinale ou l'huile légère (SPO), l'huile mi-visqueuse (MVO) et l'huile visqueuse (VO) et on retire le résidu.

On obtient un sous-vide au fond de la colonne. Les essais normalisés suivants sont utilisés pour vérifier la qualité des produits soutirés : [14]

-Gazole sous vide

- source de problème

-Émulsions d'huile

- viscosité, point d'éclairage

-Résidu sous vide

- Viscosité, capacité à pénétrer

La figure I.8 ci-dessous illustre les équipements essentiels qui composent l'opération de distillation sous vide.

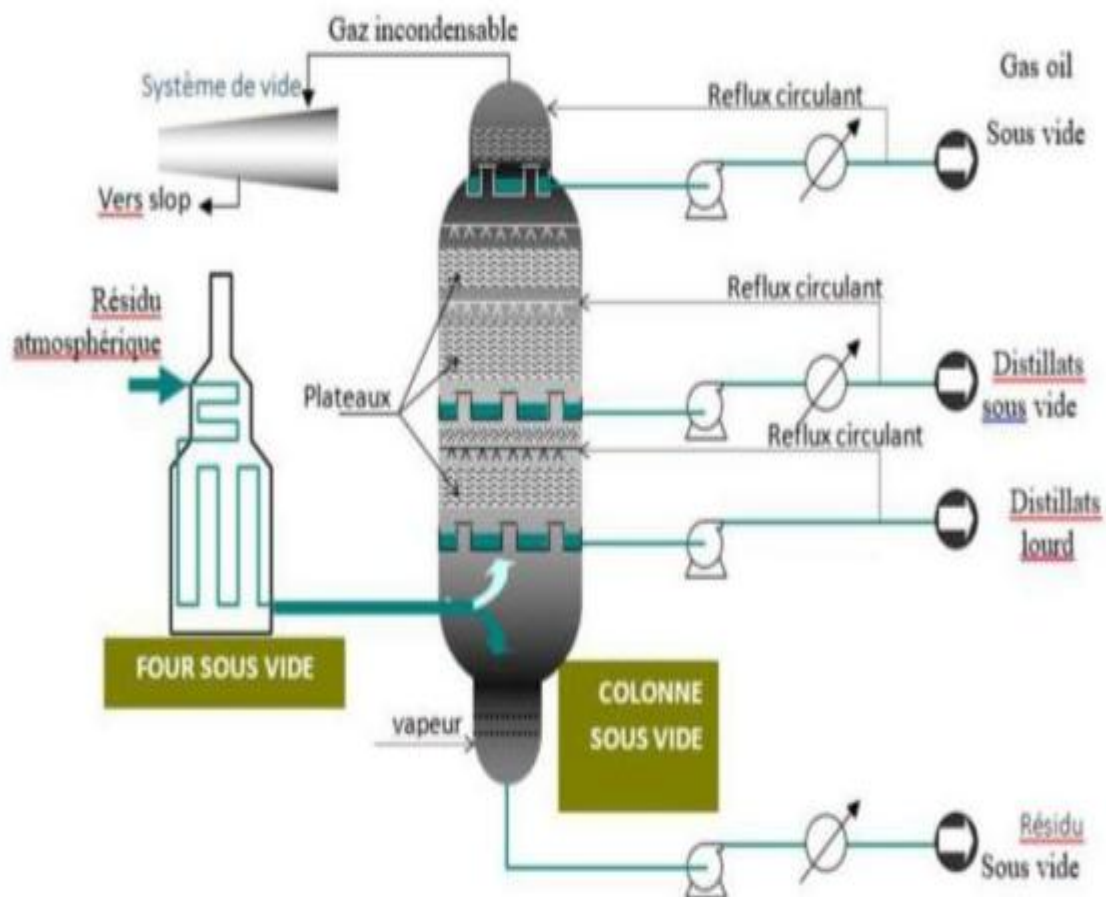


Figure I.8 : Schéma simplifié de la distillation sous vide [15].

Chapitre : II

Caractéristiques du kérosène et de la raffinerie d'Arzew

II .Introduction :

Le pétrole, qui provient des mots latins *petra* et *oleum*, qui signifient « huile de pierre », est une roche liquide carbonée et une huile minérale naturelle qui est utilisée comme source d'énergie. Le pétrole est produit à partir d'un mélange varié d'hydrocarbures, qui sont des molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène) avec d'autres atomes et divers composés organiques piégés dans des formations géologiques spécifiques, principalement du soufre, de l'azote et de l'oxygène. Les caractéristiques physico-chimiques et géographiques du pétrole brut déterminent sa valeur [16].

Le pétrole est utilisé de diverses manières. Bien qu'il soit composé d'hydrocarbures, le pétrole brut ne peut pas être utilisé comme combustible directement. L'essentiel de ce pétrole est raffiné et transformé en plusieurs coupes pétrolières telles que le gasoil et les coupes naphthas d'où les essences automobiles proviennent [17].

Les carburants sont des substances qui, lorsqu'elles sont brûlées en présence d'air, permettent le fonctionnement des moteurs thermiques à pistons (tels que les moteurs à essence ou au gasoil) ou des moteurs à combustion continue (tels que les réacteurs d'avion et les turbines à gaz). Il est important d'éviter toute confusion entre les termes carburant et combustibles, ce dernier étant réservé aux produits utilisés dans les chaudières, les fours et les centrales thermiques [18].

Jusqu'au début du xx siècle, le kérosène, également connu sous le nom de pétrole lampant, était principalement utilisé comme produit de distillation directe intermédiaire entre l'essence et le gazole. Le kérosène est principalement utilisé comme fournisseur de carburant. Le pétrole lampant (éclairage) n'est utilisé que dans certains pays en développement, dans des régions où l'électricité n'est pas disponible et dans certains cas pour la cuisine [19].

II.1. Définition :

Le kérosène, également connu sous le nom de pétrole lampant, est un produit issu du pétrole qui est un mélange d'hydrocarbures distillants qui peut être distillé entre 140 et 300°C. Les principaux composants du kérosène sont des hydrocarbures de C₉ à C₁₆, des hydrocarbures n- et iso-aliphatiques (paraffiniques et alcooliques) et des hydrocarbures iso-aliphatiques (paraffines et alcools à base de plantes). Les hydrocarbures isoparaffiniques, les hydrocarbures cycloaliphatiques (cycloparaffiniques ou naphténiques) et les hydrocarbures aromatiques ont une teneur d'environ 15 à 20 % et une teneur de 0 à 5 % s'il est désaromatisé. Ces coupes ne contiennent généralement pas de benzène [20].

Il sert à alimenter les moteurs à réaction qui sont utilisés dans les avions. De par ses caractéristiques physiques, ce mélange est un mélange entre l'essence et le gasoil. Son utilisation en haute altitude nécessite des exigences rigoureuses pour garantir une sécurité maximale [21].

Les hydrocarbures aromatiques comprennent tous les matériaux contenant un ou plusieurs cycles de benzène. Le benzène, le toluène, les xylènes, l'éthylbenzène, le propylbenzène et le mésitylène sont les plus connus.

Les hydrocarbures paraffiniques sont des hydrocarbures constitués de chaînes hydrocarbonées linéaires (C_n H_{2n+2}), sans cycle et dont le plus fréquent est le méthane (CH₄).

Les hydrocarbures appelés cycloparaffiniques sont ceux qui ont des chaînes hydrocarbonées cycliques [22].

II.2. Composition chimique du kérosène :

Le kérosène est un carburant composé de plusieurs milliers d'hydrocarbures. Les hydrocarbures sont principalement paraffiniques ou alcanes (50-65% vol.), naphténiques ou cyclanes (20-30% vol.) et mono- et polyaromatiques (10-20% vol.). [23].

La formule chimique moyenne du kérosène varie d'une source à l'autre et varie généralement de C_{10,9}H_{20,9} et C₁₂H₂₃, comme nous le montre le tableau ci-dessous :

Tableau II.1 : Formule chimique du kérosène conventionnel

Sources	Formule chimique
Gracia-Salcedo et al	$C_{12}H_{23}$
Edwards et Maurice	$C_{11}H_{21}$
Martel	$C_{11.6}H_{22}$
Guéret	$C_{11}H_{22}$
Nguyen et Ying	$C_{11}H_{23}$

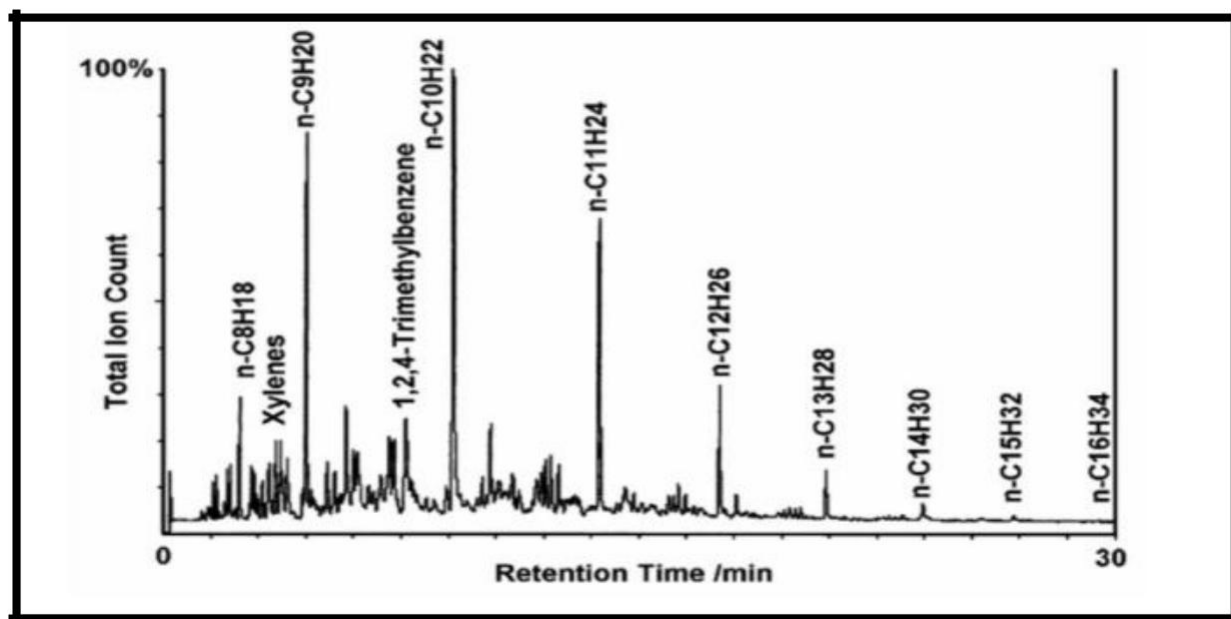


Figure II.1 : Chromatogramme d'un échantillon de kérosène de type TR0.

Les résultats d'une analyse chromatographique en phase gazeuse couplée à un détecteur à spectrométrie de masse (CG/SM) d'un échantillon de kérosène de type TR0 destiné à l'aviation militaire sont présentés dans la figure ci-dessus (Figure II.1). Le chromatogramme révèle clairement la famille chimique des alcanes ($n-C_9H_{20}$, $n-C_{10}H_{22}$, $n-C_{11}H_{24}$, $n-C_{12}H_{26}$) est importante pour le carburéacteur.

II.3. La production du kérosène :

Le kérosène est une coupe de pétrole produite par la distillation du pétrole dans l'atmosphère. Le soufre organique est transformé en hydrogène sulfuré dans cette coupe, qui est ensuite éliminé [22].

Selon leur différence de volatilité et donc la taille des molécules qu'ils renferment, les procédés de distillation permettent de fractionner le pétrole brut en différentes coupes d'hydrocarbures. Le pétrole est divisé en gaz, essences et distillats par distillation atmosphérique. Moyens et en résidus de l'air. On peut trouver parmi ces distillats classiques :

D'une part, la coupe kérosène provenant de l'intervalle de distillation 140 à 250 °C est une fraction légère composée de composés dont les chaînes carbonées sont entre 9 et 15 atomes de carbone (C9 à C15), principalement des paraffines. Cette fraction est principalement utilisée pour fabriquer le carburant Jet A-1, mais elle peut également être utilisée pour corriger la tenue à froid des gazoles des moteurs [24].

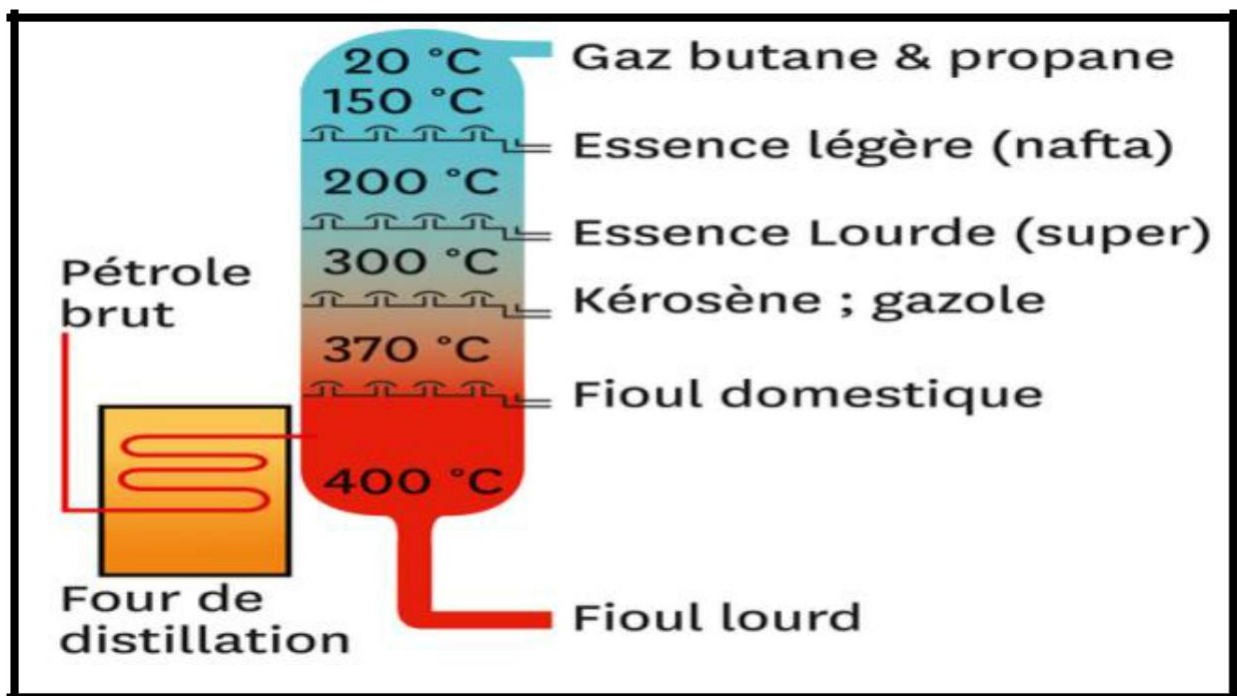


Figure II.2: la production du kérosène

II.4. Types du kérosène:

Le kérosène (Jet A-1, Jet A, TR0, JP-8) est un carburéacteur utilisé dans le secteur aéronautique. De nombreux types de carburéacteur existent dans le monde. Le carburant Jet A-1 est utilisé dans l'aviation civile internationale. Il présente des éléments similaires au Jet A qui a été utilisé aux États-Unis. Le kérosène utilisé dans l'aviation militaire en France est connu sous le nom de TR0 (JP-8 aux États-Unis et AVATUR au Royaume-Uni). [25].

II.5. Utilisation du kérosène:

Le "pétrole lampant" était principalement utilisé pour l'éclairage au XIXe siècle, comme combustible pour les lampes à pétrole (d'où son nom). Ce n'est qu'à partir des années 1950 qu'il acquiert une importance industrielle, comme carburant des avions à réaction et on parle de kérosène. Il a aussi été utilisé pour dégraisser les métaux. [22].

Il peut être employé dans d'autres domaines comme :

- Diluant pour les peintures et les vernis.
- Solvant utilisé pour fabriquer des insecticides.
- Produits anti-mousse, produits de démoulage et produits de nettoyage.
- Agent de dégraissage, carburant de chauffage domestique...



Figure II.3: chauffage au kérosène



Figure II.4: carburant d'avion

II.6. Les caractéristiques du kérosène :

La très faible pression de vapeur saturante du kérosène (non mesurable à 38°C) est une caractéristique du kérosène. Cette caractéristique, combinée à un point éclair à température élevée, assure une utilisation maximale de ce carburant, en particulier dans les aéroports.

Pour obtenir une teneur en vapeur importante de ce combustible dans l'air, le kérosène doit être placé à des températures élevées.

Les pétroles lampants sont des liquides de faible viscosité, incolores ou légèrement jaunes, pratiquement insolubles dans l'eau mais miscibles à de nombreux solvants courants. Le temps de distillation varie de 140 à 300 °C.

II.6.1. Propriétés chimiques :

Les pétroles lampants sont des produits stables dans des conditions de température et de pression normales. Cependant, ils ont la capacité de réagir intensément aux agents oxydants forts [26].

II.6.2. Les propriétés physiques:

Le tableau ci-dessous regroupe les caractéristiques physiques du kérosène :

Tableau II.2 : les propriétés physiques du kérosène [26]

Les paramètres	Les propriétés physiques
Température de fusion	-48à-26°C
Température d'ébullition	150 à 300 °C
Solubilité	Pratiquement insoluble (eau)
Masse volumique	0.8g .cm ³ à 15°C
Température d'auto inflammation	220 °C
Point d'éclair	49à55°C
Limites d'explosivité dans l'air	0.6-6.5% vol

II. 7. Liste des raffineries d'Algérie :

Raffinerie d'Arzew(RA1Z)

Raffinerie d'Alger(RA1G)

Raffinerie d'Adrar

Raffinerie de Hassi-Messaoud(RHM)

Raffinerie de Skikda(RA1K)

II 8.présentation de la raffinerie d'Arzew :

II. 8.1.Historique de la raffinerie d'Arzew :

La raffinerie de pétrole d'Arzew à Oran, en Algérie, a été établie dans les années 1950 grâce à un accord de coopération entre l'Algérie et la France visant à développer l'industrie pétrolière internationale.

Sa construction a débuté en 1956 et elle a été mise en service en 1959 avec une capacité de traitement initiale de 1,2 million de tonnes de pétrole brut par an. Au fil des années, la raffinerie a été agrandie et modernisée, portant sa capacité de traitement à 3,5 millions de tonnes par an en 1973, année où elle a été nationalisée par le gouvernement algérien.

Depuis lors, la raffinerie d'Arzew a connu plusieurs phases d'expansion et de modernisation. En 2009, une nouvelle unité de traitement des gaz de pétrole liquéfié (GPL) a été inaugurée, portant sa capacité totale à 5,5 millions de tonnes par an.

Aujourd'hui, elle est l'une des plus grandes raffineries d'Afrique, produisant une variété de produits pétroliers tels que l'essence, le diesel, le fioul lourd, le GPL et les lubrifiants. [27]

II.8.2.Situation géographique :

La raffinerie d'Arzew est implantée dans la zone industrielle du plateau d'El Mahgoune, à environ deux kilomètres de la ville d'Arzew et à environ 40 kilomètres de la ville d'Oran. Elle s'étend sur 170 hectares et bénéficie d'une proximité avec le port d'Arzew, ce qui facilite le transport par bateau des produits. [28]



Figure II.5 : station raffinerie des Arzew [29]

II.8.3.Capacités de production :

La raffinerie d'Arzew traite chaque année 2,5 millions de tonnes de pétrole brut saharien et 280.000 tonnes de pétrole importé, ce qui représente une capacité annuelle de production pour les différentes unités de production :

15.000 tonnes de propane.

70.000 tonnes de butane.

70.000 tonnes d'essence super.

490.000 tonnes d'essence normale.

160.000 tonnes de naphta.

120.000 tonnes de kérosène.

980.000 tonnes de gazole.

550.000 tonnes de fioul BTS.

70.000 tonnes de fioul HTS.

160.000 tonnes de lubrifiant.

70.000 tonnes de graisse.

4.000 tonnes de paraffines.

120.000 tonnes de bitumes routiers.

20.000 tonnes de bitumes oxydés. [30]

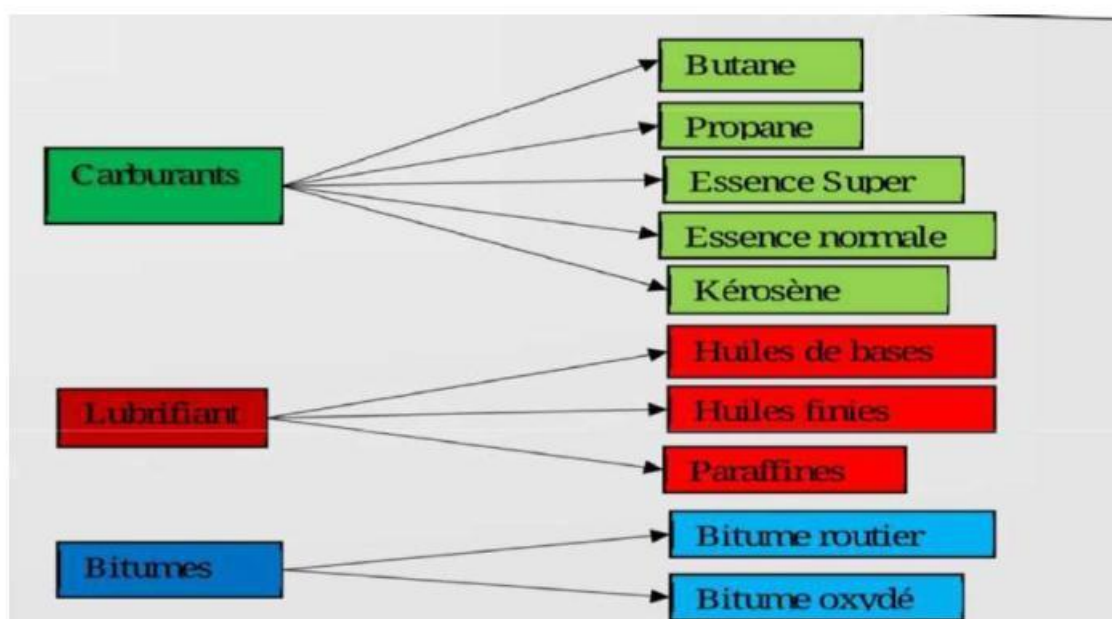


Figure II.6 : Capacité de production au complexe [31]

II.8.4.L'objectif du complexe :

Le but de cette complexe était de traiter le pétrole brut de Hassi- Messaoud. Élaborer des bitumes à partir du brut réduit importé.

Répondre en partie aux besoins de consommation en carburants, en lubrifiants et en bitumes. Exportation des produits en surplus.

En 1978, un consortium Européen a été chargé de construire une unité de production de 120 000 tonnes par an afin de satisfaire les besoins croissants en lubrifiants.

De plus, afin de se moderniser et de satisfaire aux exigences internationales en matière de spécifications des produits pétroliers, la raffinerie d'Arzew a réalisé un investissement considérable pour la rénovation, la réingénierie de ses installations, l'acquisition d'une unité

d'isomérisation et d'une unité d'hydrodésulfuration afin d'accroître sa capacité de traitement, notamment du pétrole brut.

II.8.5.L'unité de l'extraction au furfural :

L'unité 300 de raffinage au furfural de distillats lourds et de résidus désasphaltés est présentée dans ce chapitre, dans le but de produire des bases pour la fabrication des huiles lubrifiantes. L'unité est détenue par l'usine Lubrifiants Arzew 2 %.

Le plan de masse fournit la position géographique de l'unité, tandis que les différents équipements sont positionnés respectivement dans les plots-plans présents dans le paragraphe E ci-dessous.

Les trois types de distillats traités (SFINDLE, SAE 10, SAE 30) proviennent directement de l'unité de distillation sous vide 100.

L'unité 200 de désasphaltage au propane a produit le résidu désasphalté (bright stock).

Deux résidus atmosphériques différents peuvent être traités par l'unité 100 : l'un provient d'un brut "Arzew Mix" et l'autre d'un brut "Hassi Messaoud".

Les schémas de principe ont établi les bilans matières pour une production annuelle de bases d'huiles de 126.000 tonnes pour le cas "Arzew Mix" et de 102.000 tonnes pour le cas "Hassi Messaoud".

Ces suppositions aboutissent aux taux de charges suivants :

Sur le mix d'Arzew : 246.169 tonnes annuelles

Par an, Hassi Messaoud reçoit 254 160 tonnes.

Les installations sont conçues en fonction de ces deux capacités.

Des réservoirs tampons sont utilisés pour stocker les charges provenant de l'unité 100, situés entre l'unité 100 et l'unité 300.

On envoie les produits connus sous le nom de "raffinats" dans des réservoirs tampons situés entre l'unité 300 et l'unité 400 de déparaffinage au MEK.

Les produits dérivés, connus sous le nom d'"extraits", sont transportés vers un réservoir spécifique où ils sont mélangés.

Selon le principe de l'unité, les produits indésirables (fractions aromatiques) sont sélectivement extraits des bases d'huiles en utilisant un solvant approprié: le FURFURAL. On effectue cette extraction dans une colonne à disques tournants.

L'huile est entièrement éliminée du solvant mélangé à contre-courant aux charges dans différentes colonnes, puis séchée dans une colonne de fractionnement avant d'être recyclée.

Les propriétés des charges et des raffinats, et les bases de calcul de l'unité- taux de solvant, températures, rendement en raffinats sont données par Texaco D.C [32]

II.8.5 .1. La séparation:

Après avoir été chauffés, le solvant et le raffinat sont séparés dans un échangeur à échangeur. La détente avec de l'huile chaude, puis le stripping du solvant avec de la vapeur d'eau. Le fond du contacteur soutient la solution d'extrait et de furfural en surveillant son niveau de concentration.

pression, vers un système à trois niveaux de récupération du solvant (atmosphérique, sous pression et sous vide). On obtient la chaleur requise pour la détente de l'atmosphère en récupérant de la chaleur à partir du solvant. Il est possible d'obtenir la chaleur requise pour la détente sous pression en réchauffage dans un échangeur à huile chaude. [32]

II.8.5 .2. Description de l'unité :

L'unité se divise en quatre parties principales

II.8.5 .3. Traitement de la charge :

- Récupérer la raffination Recueillir l'extrait
- Recueillir le solvant Mise sous vide des systèmes Systèmes supplémentaires

1. Résolution de la charge :

Cette partie inclut les équipements essentiels suivants :

- le des aérateurs C - 301,
- la colonne d'extraction au solvant C - 302,
- les échangeurs E - 301 A / B, E - 302, et l'aéroréfrigérant E - 304 Ar.

II.8.5 .4. Rôle de l'unité :

La section 100 de distillation sous vide produit des mélanges d'hydrocarbures paraffiniques, naphthéniques et aromatiques en proportions différentes en fonction du brut d'origine.

L'unité 300 d'extraction au furfural a pour fonction d'éliminer les hydrocarbures aromatiques et naphthéniques qui présentent une viscosité faible et sont facilement extraits. Uniquement les hydrocarbures saturés à chaînes droites ramifiées ou non sont oxydables.

II.8.5 .5.Principe de fonctionnement :

La méthode de l'extraction liquide/liquide consiste à séparer les composants d'un mélange complexe en utilisant un solvant sélectif. Certains des éléments doivent être. Il est nécessaire que les solvants choisis soient au moins partiellement immiscibles, tandis que d'autres doivent y être au moins.

Partiellement miscibles, ce qui entraîne la formation de deux phases dans les conditions

d'opération.

Le furfural est utilisé comme solvant sélectif. En raison de sa température de miscibilité élevée, le furfural est adapté à l'extraction dans les conditions opératoires habituelles. Dans le contacteur, lorsque l'huile est traitée avec du furfural, deux phases se séparent près du sommet de la tour en suivant une surface spécifique appelée l'interface. La phase extraite, qui est entraînée par le solvant, retire la majorité des hydrocarbures aromatiques de la charge. En raison de la forte teneur en furfural, la phase extraite descend jusqu'au fond de la tour. C'est le passage. La deuxième phase, qui est dépourvue de furfural et qui renferme de l'huile à haute viscosité, monte de l'interface en raison de sa densité plus faible et est récupérée au sommet du niveau. Contacteur. C'est l'élégance. [32]

II.8.6.Présentation de la principale installation de RA1Z :

Le P1, P2, P3 et P4 sont les quatre départements de production de la raffinerie d'Arzew. Chaque département est composé de différentes zones qui exercent des activités particulières. Les différentes unités de production constituent chaque département, comme suit :

II.8.6.1.Département de production P1:

La production de carburants, de lubrifiants et de bitumes est le domaine d'activité de ce département. Il utilise le pétrole brut de Hassi-Messaoud comme source de charge et le brut réduit importé (BRI) pour la fabrication des bitumes. Elle est composée des différentes parties :

Zone 03 (Les aménagements)

Cette zone est conçue pour assurer l'alimentation des autres zones avec des équipements tels que l'air, la vapeur, l'eau, l'électricité et le gaz, des éléments essentiels pour les unités de traitement. Elle est séparée en différentes unités :

- **Unité 31** : Élaboration de vapeur d'eau à haute pression utilisée pour le stripage et comme moteur des turbos générateurs.
- **Unité 32** : consiste à produire de l'eau distillée qui sert d'eau d'alimentation aux chaudières.
- **Unité 33** : Répartition des eaux de refroidissement, employées pour les procédés de refroidissement des produits.
- **Unité 34**: Génération d'énergie électrique pour alimenter les équipements de traitement.
- **Unité 35** : Gaz de combustion dans les chaudières et les fours.
- **Unité 36** : Productions d'air service et d'air instrument.
- **Unité 67** : Réseaux d'incendie.

Zone 04 (Les carburants)

Cela marque le début de la procédure de raffinage du pétrole brut.

Elle se divise en 5 unités :

• **Unité 11** : Le Topping est l'unité de distillation atmosphérique. Son objectif est de séparer les différents composants présents dans le pétrole en fonction de leur densité, du plus léger au plus lourd. C'est :

- Du gaz de pétrole liquéfié

(LPG) - Du naphta léger NG

- Du naphta lourd NL

- Du kérosène

- Du gasoil léger et lourd

- Le résidu atmosphérique (BRA).

• **Unité 12:** (Reforming catalytique) : Dans le but de produire une base d'essence à indice d'octane élevé (reformat), elle utilise le naphta lourd (NL) provenant de la distillation atmosphérique.

• **Unité 13** :(traitement du gaz): Elle transforme le gaz provenant des unités 11, 12 et 17 en produits purs tels que le propane et le butane (C₃H₈, C₄H₁₀).

• **Unité 17:** (l'isomérisation) : Son objectif est de traiter le naphta léger (LG) issu de la distillation atmosphérique, dans le but d'améliorer son indice d'octane.

• **Unité 18:** (l'unité du système de l'huile chaude) : Cette unité assure la distribution de chaleur en utilisant un fluide caloporteur pour les unités 11 et 17.

Zone 07 (Les lubrifiants 1)

L'objectif de cette zone est de produire des huiles de base en utilisant du brut réduit atmosphérique (BRA) provenant du topping (unité 11). Sa capacité de production est de 50 000 T/an.

Elle comprend les unités suivantes :

• **Unité 20:** stockage des huiles.

• **Unité 21:** L'unité de distillation sous vide est celle-ci. Le résidu de l'unité 11 de la zone 4 (BRA) est traité en utilisant un processus de soutirage sous vide pour obtenir des huiles de base semi-finies :

- Gasoils VGO

- Huiles SPO (Spindle)

- Huiles mi

-visqueuses (MVH)

- Huiles visqueuses (VO)

- Le résidu sous vide (RSV)

• **Unité 22:** L'unité de désasphaltage au propane est présente. Elle utilise le propane comme solvant pour extraire le résidu sous vide RSV provenant de l'unité 21 dans une colonne, afin d'obtenir une huile désasphaltée (DAH).

• **Unité 23 :** unité de l'extraction au furfural. [33]

Partie
Expérimentale

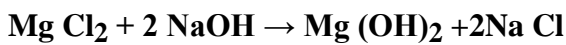
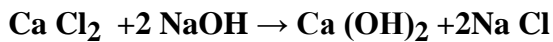
Chapitre : III

Systeme d'adoucissement de la coupe kérosène à d'Arzew

PARTIE 01 : INJECTION DE LA SOUDE**III-I- introduction :**

Rappelons que la solution appliquée par le complexe **RA1/Z** consiste à contrebalancer l'acidité par une injection de soude dont le but est l'élimination des sels hydrolysables présents dans le brut.

La réaction entre **Ca Cl₂ /Mg Cl₂** et la soude génère des espèces chimiques thermiquement stables suivant les réactions :



Le taux d'injection de soude est fonction de :

- ➔ Débit de la pompe de soude,
- ➔ concentration de la soude.

Habituellement, dans une raffinerie, les pompes d'injection de soude nécessitent un calibrage précis et fréquent pour connaître le débit exact de soude injectée.

La concentration d'une solution de soude fraîche peut être mesurée à partir de la densité, une valeur de 30 à 60 g/l est considérée comme acceptable.

La concentration de la soude usagée (venant du ballon de lavage ou du traitement merox) doit être déterminée par titration au laboratoire (il n'y pas de relation entre concentration et densité).

III-2-Inconvénients :

Malheureusement, cette méthode simple s'accompagne d'un certain nombre d'inconvénients :

- ✚ une injection insuffisante de soude provoquera une apparition importante de chlorures dans l'eau de condensation en tête.

d'un autre cote, une injection trop importante de soude peut conduire à :

1-une fragilisation caustique des tubes de four (distillation atmosphérique, distillation sous vide, FCC, etc.).

2-un cokage de ces fours dans la mesure où le sodium est un catalyseur de la formation du coke.

3-la formation de longues chaînes de naphènes de soude (savons) qui risquent de provoquer le moussage en fond de tour atmosphérique et l'entraînement de sodium.

4-la dégradation de la qualité de l'asphalte.

5-la désactivation du catalyseur de FCC.

III-3-stratégie de l'injection

L'idéal serait d'ajuster en permanence le taux d'injection par rapport à la teneur en sels du brut dessalé. Or, ceci n'est pas possible.

En fait, la meilleure stratégie consiste à injecter le minimum de soude (en fonction de la densité du et de sa salinité potentielle) et à augmenter éventuellement la quantité de soude en cas de mauvais dessalage.

Dans tous les cas, il ne faut jamais dépasser 15 ppm de soude dans le brut.

De plus, il ne faut jamais réduire ou même arrêter l'injection de soude en vue d'abaisser le pH de l'eau de tête de colonne.

III-4-point d'injection :

De préférence, la soude devrait être injection dans la ligne de brut immédiatement à la sortie du dessaleur ou la température ne dépasse pas 150°C.

Si la soude est injectée trop loin en aval de l'unité, cela conduira à une perte d'efficacité du fait que :

-l'eau de dilution de la soude se vaporisera dans le brut et fera apparaître des cristaux de soude inefficaces.

-l'hydrolyse des sels aura déjà eu lieu avec génération d'acide chlorhydrique gazeux HCl qui ne réagira pas avec la soude (liquide ou solide).

Tant que les acides sont à l'état gazeux, aucune corrosion n'a lieu mais la dissolution des acides dans l'eau de tête provoquerait une corrosion.

III-5. Protection de tête :

Plusieurs facteurs méritent d'être pris en considération lorsqu'on aborde le problème de protection des équipements.

III-5.1. PH :

Le contrôle du PH est nécessaire mais non suffisant. En effet, la valeur visée est de 6, gamme admissible : 5,5-6,5).

-si le $\text{PH} < 5,5$, il y a alors corrosion due à l'acide chlorhydrique.

-si le $\text{PH} > 6,5$, il y a alors corrosion due à H_2S .

Par contre, si on a $5,5 < \text{pH} < 6,5$, alors la corrosion est minimale.

La maîtrise du pH de l'eau de tête permet de minimiser la corrosion du ballon de tête.

La corrosion rencontrée au niveau du de tête est principalement de type généralisé.

III-5.2. Sulfure :

Leur origine s'explique :

- soit par leur présence dans le brut.
- soit par craquage thermique des mercaptans sous forme ionisée ($>20\text{ppm}$) si le $\text{pH} > 6,5$.

A notre qu'il n'y a pas de corrosion par les sulfures au point de rosée.

III-5.3. Ammoniaque :

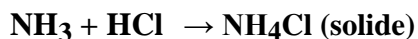
Si de l'ammoniaque parasite est présent dans l'eau de lavage du dessaleur ou dans le brut traité, il sera récupéré dans l'eau de tête. Le pH peut être compris dans la gamme normale sans injection d'inhibiteur neutralisant, mais il y aura une importante corrosion au point de rosée car l'affinité de l'ammoniaque pour l'eau est très inférieure à celle de l'acide chlorhydrique.

L'ammoniaque provoque l'apparition de chlorures d'ammonium solide.

L'ammoniaque n'est pas recommandée comme agent neutralisant.

III-5.4. Chlorure d'ammonium :

En phase gazeuse, on a :



Il y a risque de corrosion sous dépôt.

Le NH_4Cl est un solide hygroscopique ; il absorbe l'eau même avant le point de rosée. Quand NH_4Cl devient pâteux, une décomposition thermique a lieu, l'ammoniaque se dégrade et génère de la corrosion par HCl.

III-6. Eau de lavage :

III-6.1. Avantages : il existe plusieurs avantages liés à une injection d'eau de lavage au niveau du dessaleur :

- ❖ en cas de teneurs élevées en chlorures, on élimine le point de rosée et les problèmes associés.
- ❖ on n'observe pas de dépôt de chlorure d'ammonium en aval du point d'injection.

Mais :

- ✓ les zones sèches en amont peuvent connaître de la corrosion acide.
- ✓ l'oxygène dissous dans l'eau peut aggraver la corrosion.

- ✓ une eau de mauvaise quantité peut engendrer des dépôts de tartre.
- ✓ des quantités relativement importantes d'eau sont nécessaires (5-6% du débit de tête).
- ✓ une augmentation de la capacité du ballon peut être nécessaire pour séparer l'eau additionnelle des naphthas.
- ✓ le transfert de chaleur des vapeurs de tête vers la charge brut est réduit.

III-6.2.procède d'injection:

En vue de minimiser la corrosion en tête, par injection de :

- ✓ inhibiteurs (neutralisants) qui neutralisent les chlorures au point de rosée et ajustent le PH dans la bonne gamme de PH.
- ✓ inhibiteurs filmant pour protéger la surface métallique de l'ensemble des équipements de tête.

NB : possibilité d'injectés un inhibiteur unique, à la fois neutralisant et filmant.

Les inhibiteurs sont injectés dans une ligne située en dérivation du refoulement de la pompe de reflux.

Les avantages d'une utilisation des inhibiteurs sont :

1. une meilleure dispersion des produits.
2. si les deux inhibiteurs sont injectés dans la même ligne, il y aurait des répercussions immédiates des qu'il y a variation des taux d'injection.

Les propriétés requises par un neutralisant sont :

- ❖ Sa solubilité dans l'eau.
- ❖ Son affinité important pour l'eau.
- ❖ Les amino-chlorures produits par réactions avec HCl doivent être liquides, légèrement visqueux et solubles dans l'eau.

- ❖ Doit être liquide au point de rosée.
- ❖ Son profil de condensation doit être identique à celui de l'eau.

Pour espérer obtenir une bonne efficacité, il faudrait que :

- ❖ Le taux d'injection soit ajusté en fonction du pH et de la teneur en chlorure.
- ❖ L'injection soit minimale en permanence, même si le pH est trop élevé pour avoir une bonne efficacité au point de rosée.

PARTIE 02 : SYSTEME D'ADOUCCISSEMENT**Introduction :**

Une installation de production regroupe plusieurs équipements dont la flexibilité diffère d'une installation à l'autre. Pour certaines d'entre elles, les résultats des calculs montrent la possibilité de les faire fonctionner à haute sévérité c'est-à-dire au-delà de la marche permise, tandis que pour d'autres cas, cela n'est pas possible.

Dans l'industrie de raffinage du pétrole brut, le raffineur est amené à croître considérablement sa capacité de production afin de satisfaire les exigences des marchés actuels et de suivre l'évolution de la demande.

Avant d'entamer les calculs pour la détermination des performances des équipements, nous allons présenter tout d'abord les causes qui ont conduit les exploitants de la **RAI/Z** à faire fonctionner l'unité de distillation atmosphérique à taux de marche de 130%.

Le taux de marche actuel est de 120%, mais répondre à la demande des marchés, les exploitants de la **RAI/Z** ont fait appel à une société étrangère d'engineering (KBK) qui a évalué le rendement du topping pendant la période allant du 11/08/2002 au 13/08/2002.

A la lumière des résultats obtenus par cette étude, nous avons pu identifier pour les trois cas considérés les impacts financiers mineurs pour marche à 130%, poussée à 140% et très poussée à 150%.

Le 1^{er} cas représente l'approche la moins coûteuse, lequel a été choisi puisqu'il semblait raisonnable à réaliser et ne semble pas nécessiter de modifications des équipements principaux.

Pour ce taux de charge de 150% et dans le cadre de notre étude mise en place d'un moyen d'adoucissement, les actions proposées sont les suivantes:

- ✚ L'installation d'un précipitateur électrostatique.
- ✚ La modification de le changeur 11E12 : certaines modifications sont proposées pour cet échangeur pour pouvoir assurer l'augmentation de capacité à 150%

Concernant ce nouvel équipement qu'est le précipitateur électrostatique, nous donnons ci-après quelques détails relatifs à son principe de fonctionnement

IV-1-Généralité [6]

Les impuretés solubles dans les hydrocarbures qui ne peuvent être extraites par les moyens conventionnels de dessalage du brut se retrouvent dans les distillats du pétrole en proportions variables. Parmi les différentes sorties d'impuretés on peut noter : les acides naphthéniques, les

compounds d'azote, de sulfure, les crésols, phénols et alkali métaux. Un entraînement d'eau est également un produit indésirable qui doit être autant que possible éliminé.

Afin de pouvoir extraire ces impuretés, différentes sorties de traitement peuvent être envisagées ; traitement chimique, hydro traitement, précipitation électrostatique, filtres moléculaires etc.....

Ce manuel a pour but de familiariser l'opérateur avec le précipitateur électrostatique petreco et son utilisation pour la neutralisation des acides naphthéniques.

IV-2-Fonctionnement de l'unité

Le distillat à traiter est pompé vers le précipitateur électrostatique aux pressions, température et débit spécifiés. Il reçoit en amont une solution de soude de concentration choisie et un débit prédéterminé en fonction de l'indice d'acidité et de débit de charge de la principale. Une vanne de mélange établit un mixage en ligne de deux liquides. Le mélange ainsi obtenu pénètre dans le précipitateur par le bas, est réparti dans l'appareil de façon homogène grâce à un distributeur interne et travers successivement :

a) Deux grilles parallèles dites électrodes de prétraitement.

Par la tension électrique appliquée entre ces grilles parmi la séparation partielle des deux phases par coalescence des particules les plus importantes.

b) Un faisceau de cellules verticales dans lesquelles est maintenu un potentiel élevé. Le produit subit alors au travers de ces cellules un ultime «polissage».

La phase aqueuse coalisée est précipité par gravité dans le fond de réservoir où elle est reportée comme soude usée et éliminée automatiquement par un contrôleur de niveau actionnant une vanne de régulation située sur la ligne de purge.

Le temps de contact de la soude avec le distillat est suffisant pour neutraliser les corps acides contenus dans la coupe et le produit est expédié vers les bacs de stockage. Une vanne de régulation de pression située en aval du précipitateur permet de maintenir une pression constante dans l'appareil.

IV-3-Description De L'équipement

Le précipitateur électrostatique est composé des éléments suivants :

2.1 -Réservoir

2.2 -Equipements interne comprenant :

2.2.1 Distributeur.

2.2.2 Plaque à orifices calibrés (meterplate)

- 2.2.3 Collecteur de soude usée
- 2.2.4 Electrodes de prétraitement
- 2.2.5 Cellules de coalescence
- 2.2.6 Support isolateur
- 2.2.7 Traversée électrique
- 2.3 –Equipement externes et accessoires :
- 2.3.1 Régulateur de niveau et vanne d'effluent
- 2.3.2 Prise d'échantillon
- 2.3.3 Alarme de niveau bas
- 2.3.4 Vanne de mélange
- 2.3.5 Pompe à soude
- 2.3.6 Alimentation électrique
 - 1 coffret électrique antidéflagrant
 - 1 transformateur variable
 - 1 bloc transformateur redresseur H.T.
 - câble de liaison

❖ **Réservoir :**

Le réservoir vertical est fabriqué de telle façon à recevoir et accommoder les différentes parties équipement interne et externe qui lui sont assujetties. Ses dimensions et sa fabrication sont dictées par les impératifs de process tels que capacité de l'unité, température et pression de service, nature de l'hydrocarbure et du traitement adopté etc....

❖ **Equipement interne :**

✓ **Distributeur interne :**

Le distributeur interne est réalisé pour obtenir une perte de charge réduite. La distribution de l'émulsion est radiale sur toute la section de l'appareil. La vitesse du produit à la sortie du distributeur est prédéterminée afin d'obtenir une répartition du produit optimum sans engendrer l'émulsification supplémentaire.

La sortie du distributeur est située 30cm environ au-dessus de niveau interface et 30cm au-dessous de l'électrode de prétraitement, cette position de la distribution permet de d'éviter la turbulence de la phase aqueuse toute en laissant une zone de pré-décantation entre distributeur et électrode.

✓ **Plaque à orifices calibrés (meterplate) :**

Cette plaque est située à la partie supérieure du réservoir et on occupe la section totalement. Elle est percée d'autant d'orifices calibrés qu'il existe de cellules dans l'appareil, chaque orifice étant situé à la vertical de ces derniers. Les orifices sont calibrés de tels façon à provoquer une

légère perte de charge sur le produit les traversant et assure ainsi un débit uniforme et identique chaque cellule ; de plus, le contrôle du débit dans chaque cellule étant réalisé par une perte de charge appliquée sur le produit déjà traité, il ne y a pas de risque au voisinage de l'électrode de prétraitement.

La meter plate est également percée pour recevoir les goujons et guides des cellules et en setenir l'ensemble.

✓

Collecteur de soude usée :

Le collecteur de soude est équipé d'une plaque positionnée de telle façon à éviter la formation de courants préférentiels et vortex.

✓

Electrode de prétraitement :

LES électrodes de prétraitement sont constituées de deux grilles parallèles horizontales situées à la partie basse de l'appareil. La distance qui sépare les deux électrodes peut être ajustée lors d'un montage, néanmoins une distance de 150mm est considérée comme optimum dans la plupart des cas.

Le rôle des électrodes de prétraitement est coalescer la plus grande partie de la phase dispersée. Le champ électrique maintenu entre ses électrodes étant suffisant pour précipiter les particules les plus larges, seule une quantité très réduite de la phase dispersée, constituée essentiellement des particules les plus fines, pénètre dans le champ électrique à gradient de potentiel élevé de l'ensemble des cellules.

✓

Cellules de coalescence :

Les cellules de coalescence ou électrode principales sont constituées d'un ensemble de cellules verticales de 165mm de côté et dans lesquelles pénètrent des tubes supportées par une semelle mobile suspendre par une tige centrale située dans l'axe de l'appareil. Les différents compartiments constituant les cellules sont mis en place sur le site lors du montage de la partie interne. Le tout étant relié à la masse de l'appareil est connectée à la borne de haute tension du power pack. Le champ électrique qui est maintenu dans chaque cellule par l'application d'une tension élevée et ajustable de 10 à 30 kilovolts CC permet de coalescence les particules les plus fines de la phase dispersée durant tout le temps de séjour prolongé de l'émulsion dans les cellules.

✓

Support isolateur :

La tige centrale maintenant l'électrode de mobile en position repose par l'intermédiaire d'un disque en inox, sur un support isolateur. Ce support (KEMLOX) Type 8 PHCP 7-8) est conçu pour éviter toute rotation de l'électrode mobile.

Voir également plan EF376STD001 page 4.

**Traversée électrique :**

La connexion entre la sortie H.T du groupe transformateur redresseur et l'électrode mobile est réalisée au moyen d'un câble et d'une traversée électrique dont l'extrémité inférieure vient en contact avec l'extrémité supérieure (munie d'un contact à ressort) de la tige centrale de l'électrode mobile.

La traversée électrique est vissée sur la bride supérieure de la chambre interne qui contient le support isolant. Un câble H.T gainé dans un flexible et solidaire de la traversée relie cette dernière à la borne H.T du bloc transformateur redresseur. (Voir également le plan F DA5).

**Equipement externe et accessoire :****Régulation de niveau :**

L'évacuation de la soude usée se fait de façon automatique à l'aide d'un contrôleur de niveau interface à tube de torsion qui commande une vanne de régulation situé sur la ligne d'évacuation de soude usée.

Le plongeur de contrôleur de niveau est situé dans une chambre à l'extérieur du réservoir et dans le sein même du liquide qu'il contrôle, ce qui permet un ajustement facile et sûr de niveau interface.

Ces deux appareils sont de fabrication standard et sont également décrit dans la rubrique instrument de ce manuel.

**Prises d'échantillon :**

Les prises d'échantillon sont connectées au précipiteur.

Ces prises permettent d'effectuer des échantillons pour déterminer l'interface de l'huile et de l'eau.

**Alarme niveau bas :**

Situé au sommet du réservoir, elle est du type à ultra son et elle a pour but de couper l'alimentation électrique du précipiteur électrostatique au cas où `ce dernière ne se trouvait pas entièrement rempli de liquide (voir également rubrique instrumentation).

**Vanne de mélange :**

Un vanne de mélange situé sur la ligne principale juste en amont du précipiteur permet d'obtenir l'émulsion souhaitable hydrocarbure/eau traitant la vanne de mélange est type double siège à ouverture rapide. Elle est commandée manuellement ou par l'intermédiaire d'un régulateur de pression différentielle.

La perte de charge à appliquer au travers une vanne du mélange est établie durant la marche de l'unité. Une perte de charge trop importante produira une émulsion difficile à rompre et provoquera un entraînement de soude dans le produit de sorte. Une perte de charge trop réduite se

traduira par une acidité trop élevée du produit traité. Pour la neutralisation des acides naphthéniques, la perte de charge à appliquer sur la VM doit être faible de 3 à 10 psi environ. Les caractéristiques de la vanne de mélange sont données à la rubrique instrumentation.



Pompe d'injection de soude :

L'injection de soude se fait en ligne et en continu à l'aide d'une pompe doseuse dont le débit se règle au moyen d'une vis micrométrique. Un amortisseur de pulsation est situé sur la ligne de refoulement de la pompe afin d'assurer un débit uniforme.

IV-4-Variables Opératoires



Débit :

Le débit maximum de kérosène pour lequel l'unité a été prévue est de 104 m³/heure, ce qui représente une vitesse ascensionnelle du produit dans les cellules de 26"/minute qu'il y a lieu de ne pas dépasser pour éviter un entraînement de la phase dispersée dans l'hydrocarbure. L'unité peut fonctionner à débit réduit, le temps de séjour étant alors prolongé. Les résultats obtenus ne peuvent que s'en trouver améliorés. Ne pas oublier également qu'à un changement de débit de la charge principale doit correspondre un changement de débit de la solution de soude.

Le débit charge dans l'unité devra rester constant dans la limite de possible. Des changements de débit brusques et intempestifs provoquent une réaction incomplète de même qu'un entraînement de phase dispersée dont le résultat peut à la limite se manifester par un produit de sorte franchement trouble et incorrecte.



Pression :

La pression de fonctionnement doit être suffisante pour maintenir le distillat en phase liquide dans l'appareil et ne pas excéder la pression de calcul de réservoir. Dans ces limites la pression choisie n'a pas d'effet sur le traitement. En d'autres termes, que l'unité fonctionne à 3 ou 8 kg/cm³ ne changera les résultats obtenus sur le produit de sortie.

Petresco recommande que la pression de fonctionnement une fois établie ne varie pas de ±10% au voisinage de son point de consigne, également les variations ne seront pas instantanées. En effet des changements brusques de pression troublent l'équilibre du champ électrique et modifier la zone inter faciale provoquant des courts-circuits entre électrodes entraînant de phase dispersé.



Température :

La température de fonctionnement a été établie à 42 °C. Une température supérieure accélère la réaction et n'a pas l'effet nuisible sur le traitement, elle ne pas cependant à conseiller

du fait qu'elle augmente la quantité de phase dispersée soluble dans le produit de sortie. Une température trop basse diminue à la vitesse de la réaction résultant en un produit de sortie non entièrement neutralisé qu'il y aurait lieu de pallier par une consommation excessive de soude. De même, une température trop basse augmente la viscosité du produit traité et affecte l'efficacité de la coalescence des particules au sein de champ électrique.

Des changements brusques de température affectent la marche de l'appareil dû à des courants préférentiels turbulence hydraulique, courant thermique et changement de viscosités et densités).



Soude :



Qualité :

La solution de soude devra être homogène grâce à un bon brassage effectué préalablement.

Le bac de soude sera propre et purgé de temps à autre afin d'éliminer toutes impuretés étrangères. L'eau d'appoint servant à la préparation de la solution sera claire et propre. Ne pas utiliser une eau dure (pas plus de 5 grains par gallons ou 8 degrés français). Au cas où une eau trop dure et utilisée il y a formation de sédiments, les sels auront également tendance à former des stabilisateurs d'émulsion.



Quantité :

La quantité de soude anhydre consommée est fonction du débit et de l'indice d'acidité de distillat à traiter. Etant donné que l'indice d'acidité donné par le laboratoire est le nombre de milligramme de KOH nécessaire pour la neutraliser une gamme de distillat, ce chiffre peut tout aussi bien être exprimé en kilog, par tonne, pour les besoins pratiques de l'unit' et, multiplié par 0,713 (rapport de poids atomiques) de la soude et de la potasse) pour connaître la quantité théorique de soude anhydre nécessaire pour la neutralisation de 1 tonne de distillat. Petreco recommande 1.2 théorique, car il est nécessaire en effet injection une petite quantité supplémentaire pour assurer l'accomplissement de la réaction soit donc 20% de la quantité théorique.

Pour connaître la quantité de soude anhydre consommée par l'heure il suffit d'utiliser la formule suivante :

$$\text{Indice d'acidité} \times \text{débit} \times \text{densité} \times \frac{40}{56,1} \times 1.2 = \text{kg soude/heure.}$$

La densité du kérosène sera prise égale à 0.8

$$\frac{40}{56,1} \times 1.2 \times 0.8 = \text{cste} \sim \pm 0.7$$

*Débit exprimé en m^3 /heure

On arrive donc au formulaire simplifié suivante et applicable sur les kérosènes :

Indice d'acidité \times débit \times 0.7 = kilog soude/heure

Ex : indice d'acidité = 0.05

Débit = $104m^3$ /heure

$0.05 \times 104 \times 0.7 = 3.64$ kg soude/heure

✓

Choix de la concentration de la solution de soude et réglage du débit de cette solution :

La concentration de soude requise pour le traitement des acides naphthéniques est d'une importance majeure dans l'efficacité du procédé. L'expérience a prouvé que la plage de concentration de soude la plus favorable pour le traitement est située entre 2 et 5% pondéral, ceci étant applicable à la plupart des distillats, néanmoins il n'est pas exclus que dans de rares cas certaines coupes puissent être traitées plus efficacement avec une solution de soude à 8%.

Donc pour chaque distillat différent il y aura lieu d'effectuer une procédure de détermination de concentration de soude optimum. Un distillat étant défini dans le cas présent par son type, l'origine de son brut et sa coupe de distillation. Par exemple, si nous admettons que sur un distillat donné une soude concentrée à 3% donne des résultats satisfaisants, le fait de passer à une soude de concentration différente pourrait éventuellement amener les incidents suivants sur la marche d'unité :

- 1°) Un développement rapide d'une émulsion stable au niveau interface.
- 2°) un ampérage élevé et à la limite, une chute brutale du voltage entre électrodes.
- 3°) Un entraînement de naphthenates de sodium et une quantité importante de sodium entraînée dans le produit traité.
- 4°) entraînement d'hydrocarbure dans la solution de soude usée.

En conclusion, le choix de la concentration optimum de la solution de soude sera fait dans laboratoire et exécutée en conformité avec la méthode décrite en annexe.

✓

Réglage de la vanne de mélange :

Afin de pouvoir traiter le distillat avec le minimum de soude, il est nécessaire de mélanger intimement des deux phases, ceci est réalisé au moyen de la vanne de mélange décrite par ailleurs dans la section 2.

La perte de charge à appliquer au travers de la vanne de mélange est établie durant la marche de l'unité. Une perte de charge trop importante produira une émulsion difficile à rompre et provoquera un entraînement de la phase dispersé dans le produit de sortie (facilement détectable au test à la phenolphtaleine) ; une perte de charge insuffisante se traduira par une acidité trop élevée du produit de sortie dû à une mauvaise dispersion de la soude dans le produit. Pour le traitement des acides naphthéniques, la perte de charge à appliquer sur la VM doit être faible (de 0.0 à 0.7 kg/cm² environ). En effet, les sels résultants de la réaction ou naphthénates de sodium ont par eux-mêmes une tendance suffisamment émulsifiante et qui ne justifie pas un mélange poussé. On réglera la vanne de mélange en fonction des analyses obtenues sur le produit de sortie (alcalinité/acidité). Une certaine habitude est à acquérir sur ce réglage, chaque type de coupe pouvant réagir différemment au contact de l'alcali.

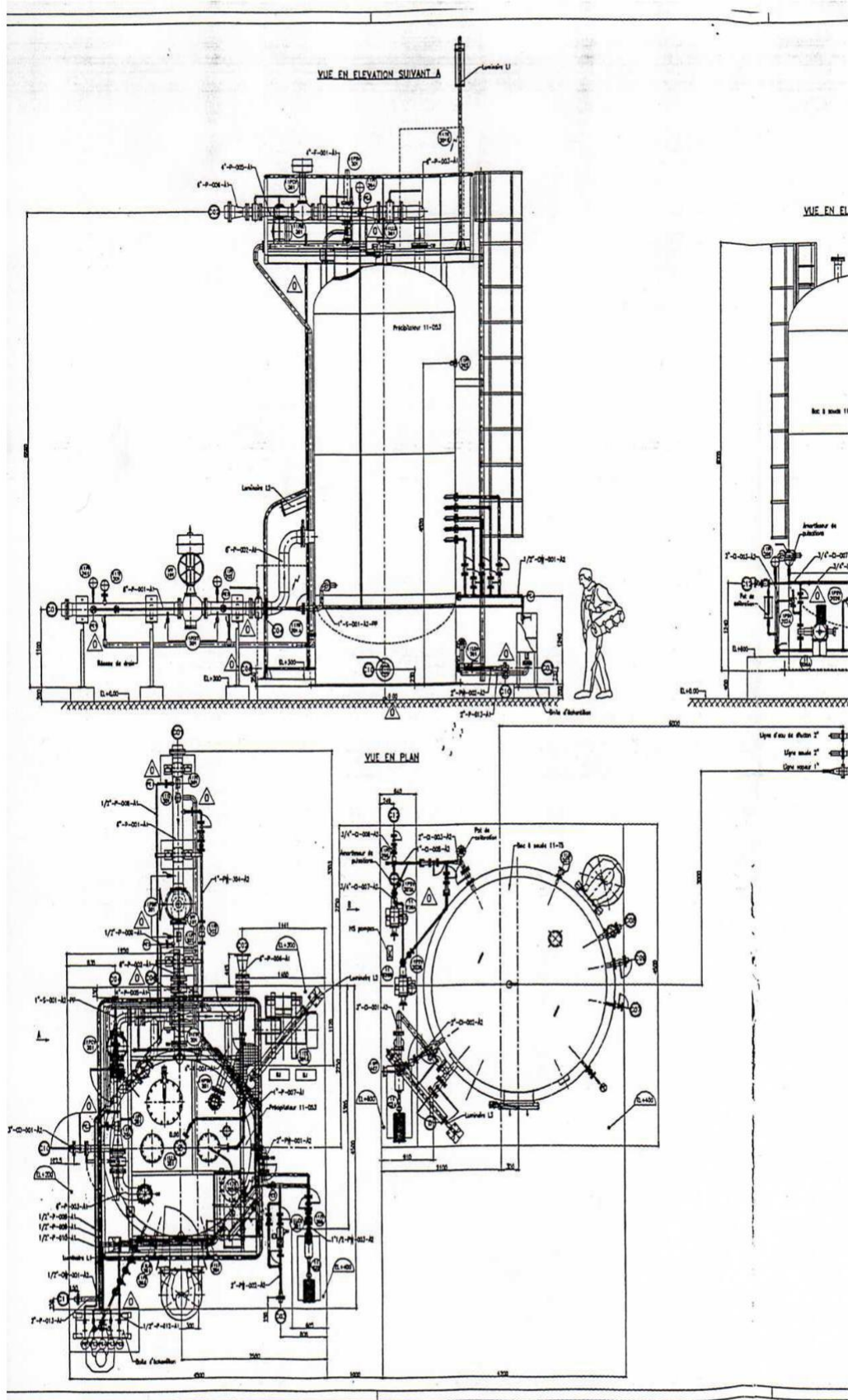


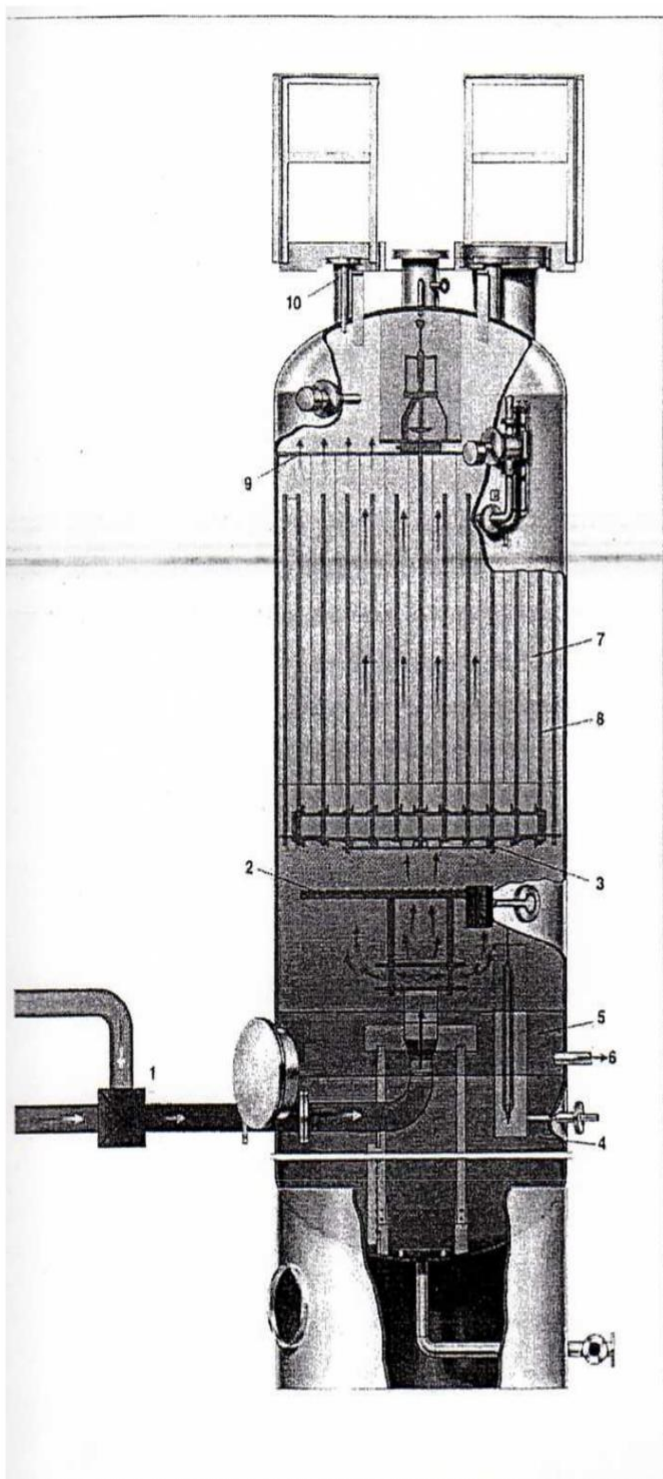
Ajustement de voltage entre les électrodes :

La tension appliquée entre électrode est lue directement sur le kilo voltmètre placé sur le tableau électrique.

L'ajustement de cette tension est effectué au moyen d'un transformateur variable dont le volant de commande est situé à côté des appareils de mesure.

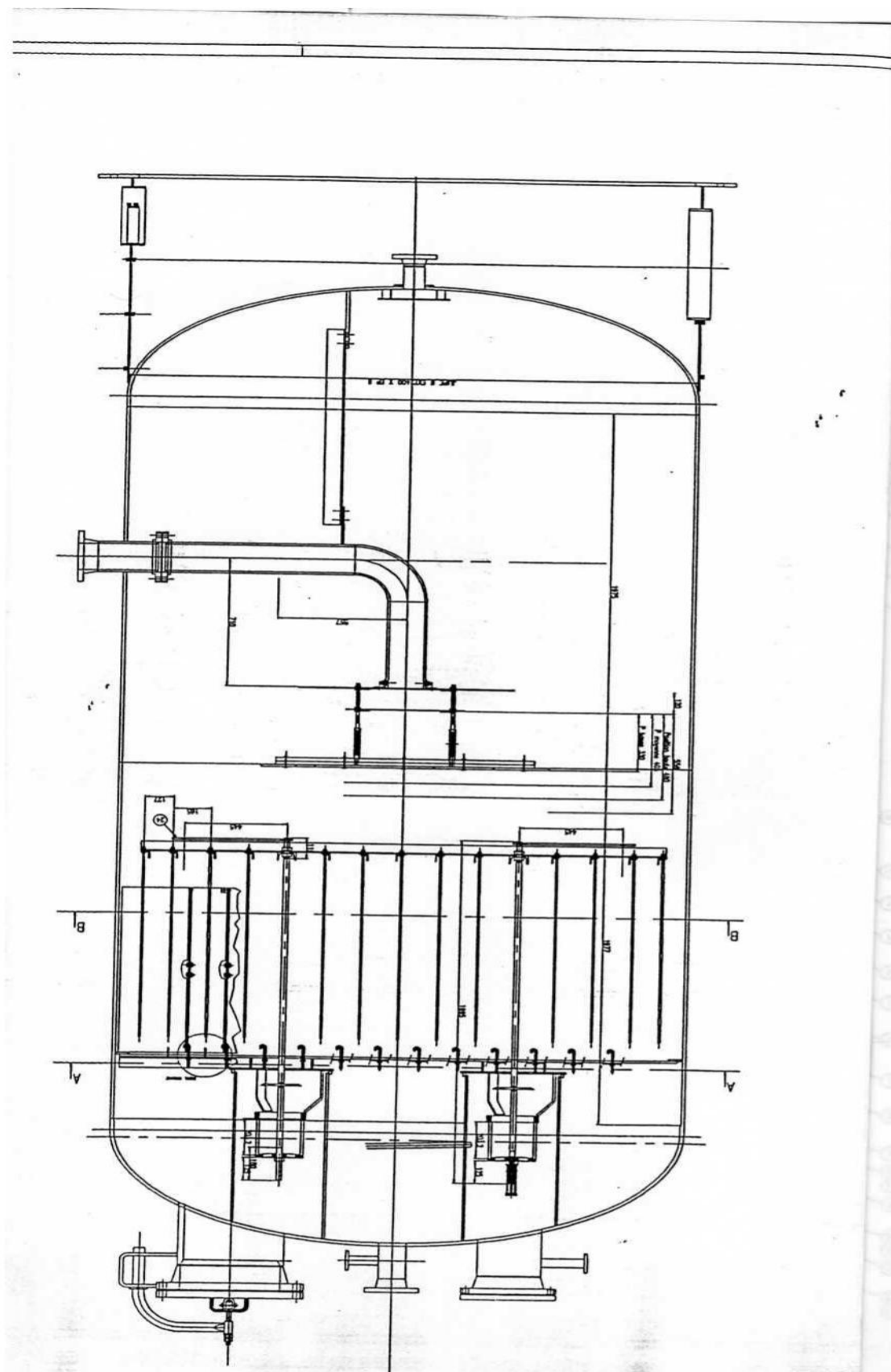
Au démarrage de l'unité ou pour tout changement radical de coupe il y a lieu d'établir et d'ajuster la tension optimum entre l'électrode. Il n'est pas dans le but de ce manuel de décrire le processus de coalescence électrostatique, néanmoins, on peut indiquer ici que lorsque le gradient de potentiel est insuffisant, la force d'attraction entre les particules l'une vers l'autre et briser leur film interfacial pour former une particule de diamètre nouvellement formée provoquant un phénomène incessant de coalescence et de rupture de la phase dispersée dans le champ.

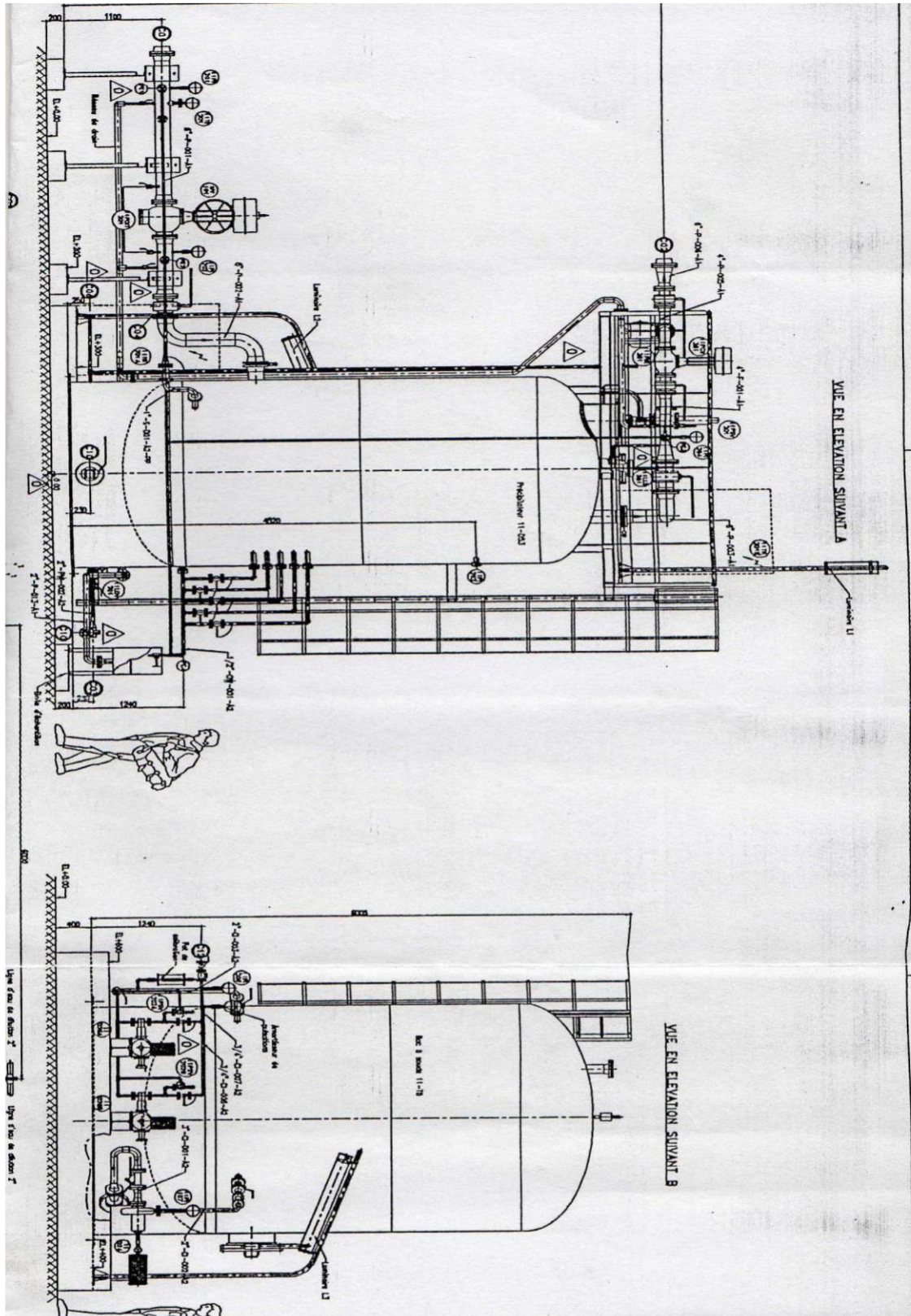




1. Mixing valve
2. Grounded pre-treat electrode
3. Energized pre-treat electrode
4. Aqueous solution holding area
5. Cressylate interphase (optional)
6. Interphase outlet
7. Grounded METERCELL electrode(s)
8. Energized METERCELL electrode(s)
9. Meter orifice(s)
10. Distillate outlet

Other features include:
 D.C. power pack
 High-voltage conduit
 Bushing and insulator housing
 Conduit to switchboard
 Back-pressure control valve





PARTIE 03 : PREPARATION DES DONNEES DE BASE**V-1-Introduction :**

La quantité de pétrole brut de Hassi messaoud traitée dans l'unité de distillation atmosphérique est conçue pour un taux de charge à 100 % soit un débit de $369 \text{ m}^3/\text{h}$ ($2.500.00 \text{ T}/\text{an}$ avec une densité $d_4^{15} = 0,8004$), mais depuis quelques années cette unité fonctionne avec taux de charge de 120 % pour répondre à la demande du marché en carburants, ce qui correspond à un débit de $475 \text{ m}^3/\text{h}$.

La quantité totale de kérosène qu'on peut trouver dans notre pétrole brut selon la **TBP** est de 21 % poids .actuellement, un projet d'augmentation de charge à 130 % est en cours.

V-2-Détermination de la quantité de kérosène à précipiter :

En se basant sur la quantité du kérosène produite dans l'unité de topping de la raffinerie d'Arzew, on peut déterminer la quantité de kérosène à traiter pour une marche de 130% dont le débit correspondant de kérosène a la sortie du topping sera de $104 \text{ m}^3 / \text{hr}$.

Remarque :

Pour déterminer le débit massique correspondant a ce débit volumique, on doit définir la densité du kérosène à $42 \text{ }^\circ\text{C}$, qui représente la température du kérosène entrant dans le précipitateur. (Sortant de l'échangeur).

$$d_4^{42} = d_4^{15} - k(T - 15) \quad (9)$$

Ou :

K : le coefficient dépendant de la densité.

T = 15°C : température du kérosène dans le laboratoire.

T = 42°C : température du kérosène à la sortie de l'échangeur.

Pour $d_4^{15} = 0,7952$ on aura d'après le tableau (I) de l'annexe (III).

K = $0,00080$ dans l'intervalle de d_4^{15} ($0,76-0,80$).

Alors : $d_4^{42} = 0,7952 - 0,0008 (42 - 15) = 0,7736$

Donc, la densité du kérosène à $42 \text{ }^\circ\text{C}$ à la sortie de l'échangeur 11E12 est de :

$$d_4^{42} = 0,7736$$

Débit massique du kérosène : $m_{\text{kéro}} = d_4^{42} Q_{\text{kéro}}$

$m_{\text{kéro}} = 0,7736 \cdot 104 = 80,454 \text{ tonnes /h}$

$m_{\text{kéro}} = 80,454 \text{ tonnes /h}$

Donc, la quantité annuelle du kérosène pour une marche de 330 jours est de :

$$m_{\text{annuelle}} = 80,454.330 \cdot 24 = 637200 \text{ tonne /an}$$

$$m_{\text{annuelle}} = 640000 \text{ tonne /an}$$

$$Q_{\text{annuelle}}^{\text{té}} \text{ de kérosène produite} = 640.000 \text{ tonne /an.}$$

V-2-1- Calcul des échangeurs :

Les unités de séparation telles que la distillation atmosphérique nécessitent des quantités importantes d'énergie calorifique pour obtenir le gradient de température qui permettra le fractionnement.

Le cycle thermique d'une unité consiste toujours à porter l'alimentation à haute température puis à refroidir les fractions obtenues à une température suffisamment basse, permettant de les stockés.

La désignation « échangeur » est réservé aux appareils où le transfert entre fluide chaud et froid correspondant effectivement à une récupération des calories.

Les échangeurs les plus utilisés en raffinage sont :

Les échangeurs (faisceaux / calandre) A.E.S, A.E.U, A.E.K : l'équipement est constitué d'un faisceau de tubes montés entre deux plaques tubulaires dotée des chicanes de circulation de fluide.

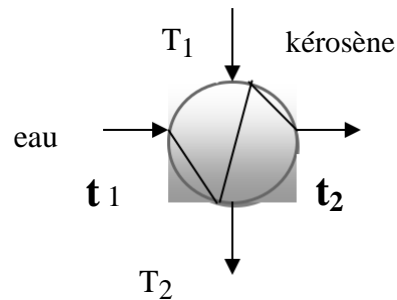
À chaque extrémité sont fixées les boîtes de distribution et de retour qui assurent la circulation du fluide à l'intérieur du faisceau ; ce dernier est logé dans une calandre, munie de tubulures d'entrée et de sortie pour le second fluide qui circule à l'extérieur des tubes suivant le chemin imposé par les chicanes[7].

V-2-2- Méthode de calcul:

La méthode de KERN a été utilisée non seulement pour vérifier le fonctionnement de l'échangeur 11E25 présentant actuellement une sous capacité de refroidissement mais aussi pour le dimensionnement des nouveaux échangeurs à acquérir 11E12A/B et 11E18, cette méthode étant basée sur les paramètres suivants :

- La quantité de chaleur échangée entre les deux fluides
- La surface d'échange nécessaire
- Les pertes de charge

Nous donnons dans ce qui suit l'essentiel de la méthode de dimensionnement.

Dimensionnement de l'échangeur 11E12 :

Cet échangeur à pour but de refroidir le kérosène sortant de l'aérorifrigérant 11E11 de 82°C à 42° par échange de chaleur avec l'eau.

Données :

Coté tubes	Coté calandre
$t_1 = 27,5 \text{ °C}$	$T_1 = 82 \text{ °C}$
$t_2 = 38 \text{ °C}$	$T_2 = 42 \text{ °C}$
$m = 83468 \text{ kg/h}$	$M = 41340 \text{ kg/h}$
$C_p = 1 \text{ kcal/kg °C}$	$C_p = 0,53 \text{ kcal /kg °C}$
$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$P = 795 \text{ kg /m}^3$
$\mu = 0,773 \text{ Cp}$	$\mu = 0,74 \text{ Cp}$
$\lambda = 0,475 \text{ kcal/ hm °C}$	$\lambda = 0,116 \text{ kcal/hm °C}$

V-3-Méthode de calcul.

➤ **La température calorique:** $T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$

$F_c = f(K_c, r) = 0.1$ a partir de l'Annexe(1)

Soit $T_c = 46 \text{ °C}$

Chaleur spécifique : $C_p = 0.53 \text{ Kcal / kg}^\circ \text{ C}$.

Masse volumique : 795 Kg / m^3

Viscosité : $\ln \mu = a - b (T_c)$ soit $\mu = 0.74 \text{ cp}$

Conductivité thermique : $\lambda = 0.116 \text{ kcal / hm}^\circ\text{C}$.

➤ **Détermination de différence de t° logarithmique moyenne :**

$$\theta_1 = T_1 - t_2 = 44^\circ \text{ C}$$

$$\theta_2 = T_2 - t_1 = 14.5^\circ \text{ C}$$

$$\text{DTLM} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}} = 27^\circ \text{ C}, \Delta\text{TLM} = \text{DTLM} \times F$$

Où F est un facteur logarithmique corrigée est égale à:

Estimation du coefficient F à partir des paramètres E et R

$$E = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = 0.19 \text{ avec } E: \text{ rendement de l'échangeur}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = 3.8$$

F=0.94 a partir de l'abaque Annexe (III)

$$\Delta\text{TLM} = 25.38^\circ \text{ C}$$

➤ **La température calorique:** $t_c = t_1 + F_c (t_2 - t_1)$

$$T_c = T_2 - F_c (T_1 - T_2)$$

Avec: t_c : température calorique de l'eau

T_c : température calorique du kérosène

$F_c = (\text{DTLM} - \theta_2) / (\theta_1 - \theta_2) = 0.423$; avec F_c : facteur de

correction Soit $t_c = 31.94^\circ\text{C}$ et $T_c = 25.08^\circ\text{C}$

➤ **Estimation du coefficient d'échange global sal :**

h_{i0} : coefficient de film intérieur rapporté à la surface extérieur $\text{Kcal/hm}^2\text{c}^\circ$, calculé d'après la formule suivante :

$$h_{i0} = h_i \left(\frac{d_i}{d_0} \right)$$

Où : h_i : Coefficient de transfert de chaleur du film intérieur $\text{Kcal/h m}^2\text{c}^\circ$.

d_i = Diamètre intérieur du tube (m).

d_0 : diamètre extérieur du tube (m).

$h_i = 970 \text{ Kcal/hm}^2\text{c}^\circ$, est tiré à partir du figure (II) donnant le coefficient de Transfert en fonction de la nature du fluide Annexe (III) :

h_0 : coefficient de transfert de chaleur du film externe en $\text{Kcal/hm}^2\text{c}^\circ$, est tiré à partir du figure(III) de l'annexe (III).

$$h_0 = 1000 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_{i0} = 755 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

R_S : Résistance totale de l'encrassement en ($\text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$),

avec $R_s = (1/h_0) + (1/h_{i0}) + R_{so} + R_{si} (d_o/d_i) + R_p$.

$$R_{sio} = R_{si} (d_o/d_i).$$

R_{Si0} : (Résistance d'encrassement à l'intérieur du tube) = $7.07 \times 10^{-4} \text{ h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

R_{S0} : (Résistance d'encrassement à l'extérieur du tube) = $0.0002 \text{ h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$.

d_0 = diamètre extérieur du tube (m). Et égale $19,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

d_i = diamètre intérieur du tube (m). Et égale $14,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$R_{sio} = R_{si} (d_o/d_i).$$

Avec:

$$R_p = e/\lambda$$

Ou:

R_p : (Résistance de la paroi) $R_p = e/\lambda = 0.00046 \text{ h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$.

e = l'épaisseur de la paroi.

Avec $e = 0,021 \text{ m}$

λ : Conductivité thermique du matériau du tube = $45 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$U_S = 1/R_s.$$

Soit: $U_s = 1.4 \cdot 10^{-5} \text{ Kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

➤ **Calcul de surface totale d'échange:**

$$A = Q/U_S \Delta T_{LM}$$

A : surface totale d'échange de chaleur (m^2).

Q : charge thermique de l'échangeur Kcal/hr.

U_S : coefficient de transfert de chaleur Kcal/h $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

ΔT_{LM} : Différence de température logarithmique moyenne vraie.

$$A = \frac{0.9 \times (10)^6}{300 \times 26} = 115.38 \text{ m}^2$$

$$A = 115,4 \text{ m}^2$$

➤ **Le nombre des tubes:**

➤ **La surface d'un tube.**

On prend $L = 6.096 \text{ m}$

, at = $\pi d_0 L = 3.14 \cdot (19.05 \cdot 10^{-3}) \cdot (6.096) = 0.364 \text{ m}^2$.

Nombre les tubes :

$$N_t = \frac{A}{a_t} = \frac{116}{0.364} = 319$$

A partir du tableau (II) l'Annexe (III) on prend :

$$N_t = 386 \text{ tube}$$

nt : Nombre de passe coté tube = 4

Disposition des tubes : triangle normal Δ

Dc : diamètre de la calandre = 23 1/4" = 59.1 cm d'après le tableau (II) de l'annexe (III)

➤ **Calcul de la perte de charge coté tube :**

elle est donnée par l'expression suivante [7] .

$$\Delta p_t = \frac{nt \cdot (Gt)^2}{\rho} \left[f \left(\frac{L}{d_i} \right) \left(\frac{\mu}{\mu_t} \right)^{-n} + 2 \right]$$

Ou :

Δp_t : perte de charge cotée tube.

Gt : la vitesse massique cotée tube ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$).

nt: Nombre de passe coté tube = 4

ρ : masse volumique de l'eau (kg/m^3).

f: facteur de friction.

L : longueur de tube (m).

d_i : le diamètre intérieur de tube (m).

μ : viscosité dynamique à $T=27,5^\circ\text{C}$.

μ_t : viscosité dynamique à la température des tubes

T. nt=4

Avec:

$$Gt = \frac{m}{at}$$

at : la section de passage coté tube.

m: débit massique de l'eau = 83468 kg/hr.

$$at = \frac{\pi (d_i)^2}{4} \times \frac{N_t}{nt} = 0,016 \text{ m}^2$$

Soit $Gt=1450 \text{ kg/ms}$

Tt : la température de tube en $^\circ\text{C}$ égale à :

$$T_t = T_c - \frac{(h_{io}/\phi)(T_c - t_c)}{(h_{io}/\phi) + (h_o/\phi)} = 31.94^\circ\text{C}$$

$f = f(\text{Re})$. A partir de la figure (II) de l'Annexe (III).

➤ **Le nombre de Reynolds s'écrit :**

$$\text{Re} = \frac{Gt \cdot d_i}{\mu} = 2.78 \times 10^4$$

Avec :

Gt : la vitesse masque du coté tubes ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).

D_i : le diamètre intérieur des tubes (m).

μ : viscosité dynamique de l'eau (Cp).

$\text{Re} > 10^4$ donc le régime d'écoulement est turbulent alors $n = 0.14$

μ_t : la viscosité dynamique a la température de tube $\mu_t = 0.583$ Cp
à partir de la figure (IV) de l'annexe (III).

En remplaçant dans l'expression de la perte de charge, on obtient :

$\Delta p_t = 0.49$ bar (calculée) < $\Delta p_t = 0.7$ bar (admissible) donc notre estimation est acceptable et d'autre itération n'est pas nécessaire.

➤ **Calcul de la perte de charge coté calandre :**

L'expression de cette perte de charge est :

$$\Delta p_c = \frac{(G_{ct})^2 (N_c + 1) D_c \cdot f}{\rho \cdot d_e}$$

Ou :

Δp_t : perte de charge cotée calandre (en bars).

N_c : nombre du chicane.

G_{ct} : la vitesse massique cotée calandre.

D_c : diamètre de calandre.

P : masse volumique du kérosène.

f : facteur de friction.

d_e : diamètre équivalent (m).

➤ **La Section de passage coté calandre :**

$$a_{ct} = \frac{D_c (p - d_o) B}{P}$$

B : espacement entre chicane (compris entre $D_c/5$ et D_c) on prendra $B=D_c/3=19.682$ cm

P : le pas ici, $p=15/16''$ d'après le tableau (II) de l'annexe (III).

Avec :

d_o : diamètre extérieur du tube (m).

D_c : diamètre de la calandre (m).

Soit : $act=0.02321 \text{ cm}^2$

$$Gct = \frac{M}{act} = 494.75 \text{ Kg/m}^2\text{s}$$

Ou :

M : débit massique de l'eau.

act : section passage, cotée calandre.

Gct : la vitesse massique du cotée calandre.

Or :

$$\text{Diamètre équivalent } De : De = \frac{4(p)^2}{\pi \cdot d_o} - d_o = 13.78 \times (10)^{-3} \text{ m}$$

➤ **Calcul du nombre de Reynolds :**

$$Re = \frac{Gct \cdot De}{\mu} = 0.92 \times (10)^4$$

Comme : $Re < 10^4$ le régime est turbulent d'après le graphe (voir wuithier tome2 page1072) ou d'après la figure (III) de l'annexe (III).

Donc $f=0.15$

N_c : nombre de chicanes $N_c = (L/B) - 1 = 30$

Donc

$\Delta p_c = 0.52$ bar (calculée) $<$ $\Delta p_c = 0.7$ bar (admissible) donc notre estimation est acceptable et d'autre itération n'est pas nécessaire.

Tableau III-1: fiche technique de l'échangeur
11E12A/B.

Grandeurs calculés	Echangeur 11E12
Débit massique de kérosène (kg/h)	41340
Température entrée kérosène (°c)	82
Température sortie kérosène (°c)	42
Débit massique d'eau (kg/h)	83468
Température entrée eau (°c)	27.5
Température sortie eau (°c)	38
Nombre d'appareils	2
Quantité de chaleur/appareils (kcal/h)	0.9x10 ⁶
Type de l'échangeur	A.E.S
Diamètre extérieur des tubes (mm)	19.05
Diamètre intérieur des tubes (mm)	14.83
Langueur des tubes (m)	6.096
Diamètre de la calandre (in)	23 ¼''=59.1cm
Pas (in)	— 15/16'' BWG 14
Nombre de chicanes	30
Espacement entre chicanes (cm)	19.68
Epaisseur de la chicane (in)	3/16''
Nombre des tubes	386
Surface d'échange (m ²)	115,4
Δp_t (calculée)/ Δp_t (admissible)(bar)	0.49/0.7
Δp_c (calculée)/ Δp_c (admissible)(bar)	0.52/0.7

V-4-Etude**Dimensionnement du précipitateur électrostatique :****I- introduction :**

Sur la ligne de sortie de l'échangeur 11E12, soit après avoir refroidi le kérosène, il y a lieu de séparer le kérosène de l'eau qu'il contient.

Cette opération sera réalisée dans le précipitateur électrostatique. Ce dernier consiste essentiellement en la détermination de sa hauteur et de son diamètre.

II-Dimensionnement de précipitateur électrostatique :

Pour déterminer le diamètre de précipitateur électrostatique, nous avons suivi les étapes suivantes :

Estimation du rapport l/d est en fonction de la pression de service ; on prend généralement les valeurs suivantes :

$2 < l/d < 3$; pour $P < 7 \text{ kg/cm}^2$ (dans notre cas $P = 5 \text{ kg/cm}^2$).

$3 < l/d < 5$; pour $p > 7 \text{ kg/cm}^2$.

La forme de stock : $v = 53 \Delta\rho/\mu$ (cm/mm).

$\Delta\rho$: différence de masse volumique (kg/m^3).

μ : viscosité de la phase dans laquelle les gouttelettes décantent (Cp).

On applique ces hypothèses quand H_2S et le R-SH sont en faibles quantités dans la phase hydrocarbure.

Les autres données sont

Densité de la soude = 1,05

Densité du kérosène = 0,7952

Les hydrocarbures occupent 2/3 du volume de liquide du ballon et la soude occupe le tiers restant.

$$V = 4Q/\pi d^2 \quad (1).$$

$$L = 3D \quad (2).$$

$$D' \text{ où } d = 0,65(Q/V_d)^{1/2} \quad (3).$$

La vitesse de décantation ne dépasse pas la 25,4 cm/mm = 15,24 m/h

Avec :

V_s : la vitesse de décantation (m/h).

D : diamètre du précipitateur (m).

Ainsi le diamètre l'appareil est égal à :

$$d = 0,65(Q/V_d)^{1/2} \quad (10).$$

Avec $v = 53 \Delta\rho/\mu$

Or :

$$\mu_d = \nu_{ci} \cdot \rho$$

Avec :

μ_d : viscosité dynamique du kérosène (cst).

ν_{ci} : viscosité cinématique du kérosène (Cp).

ρ : masse volumique du kérosène (m^3/Kg).

Comme la température du kérosène entrant dans le précipitateur est à 42 °C

On a :

$$\mu (42 \text{ °C}) = 1,32 \cdot 10^{-2} \cdot 0,7952 \cdot 1000$$

On convertissant, on aura :

$$\Rightarrow \mu_d = 10,049 \cdot P_0$$

$$\text{Soit } \mu_d = 10,050 \cdot P_0$$

On remplaçant dans (2), on a :

$$V = \{53 \cdot (1,05 - 0,7952)\} / 1,050 = 12,86 \text{ cm/mm.}$$

$$d = 0,65(Q/V_d)^{1/2}$$

Et enfin :

$$d = 2,38 \text{ m}$$

III. Calcul de la hauteur du précipitateur :

La hauteur totale du précipitateur est la contribution de 3 hauteurs partielles

$$H = H_{NB} + H_{NH} + H_{NI}$$

H: hauteur total (m).

H_{NB} : hauteur entre le fond et la ligne NI.

H_{NH} : hauteur entre le niveau NH et la limite supérieure.

H_{NI} : hauteur entre le niveau haut (NH) et le niveau bas (NB).

Le volume du précipitateur est égal à :

$$V = G\tau/\rho$$

Ou :

G : débit massique (Kg/h)

ρ : masse volumique (Kg/m^3)

τ : temps de rétention (min)

Avec :

τ : 5 à 15min, prendra $\tau = 10$ min

$G/\rho = G'$: débit volumique du kérosène

Avec $G' = 104 \text{ m}^3/\text{h}$

Donc :

$$V=104.10/60$$

$$V=17,33 \text{ m}^3$$

Ou encore

$$V = (\pi d^2 / 4) \cdot H_{NI} \Rightarrow H_{NI} = 4V / \pi d^2 = 3,9 \text{ m}$$

Donc

$$H_{NI} = 3,9 \text{ m}$$

H_{NH} : représente l'espace libre, il est égal à $d/2$ d'où $H_{NH} = 1,19 \text{ m}$

H_{NB} : représente la hauteur libre au fond du séparateur.

H_{NB} à $T = 42^\circ\text{C}$ à $P = 7 \text{ bar}$.

Le taux de vaporisation est égal à $e = 0,3$

$$G^m = e \cdot \text{charge} = 0,3 \cdot (106,4) = 31,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

Charge: la somme des charges de kérosène et celle de la soude.

$$V = (G^m \cdot 10) / 60 = 5,32 \text{ m}^2$$

De même, la hauteur H_{NB} est égale à :

$$H_{NB} = 4 \cdot V / \pi d^2$$

Soit :

$$H_{NB} = 1,20 \text{ m}$$

La hauteur total du prépaiteur électrostatique est donc égal à :

$$H = 1,20 + 3,9 + 1,19$$

$$H = 6,3 \text{ m}$$

Etude économique :

Les caractéristiques techniques de l'échangeur étant établies, il nous a semblé intéressant d'effectuer une étude économique afin de faciliter l'aide à la décision d'acquisition ou non de cet équipement.

Pour les calculs nous considérons l'année comme unité de temps avec un temps de fonctionnement de 333 Jours /an, l'équivalent d'environ 8000 h/an.

Les débits horaires ainsi que les prix de ventes de chaque produit sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III-2: débits horaires ainsi que les prix de ventes de chaque produit.

Produits	Débits (T/h)		Prix de vente (DA/T)
	Marche actuelle	Marche à 130%	
GPL	16.67	16.68	2362.00
HSRN +LSRN	112.01	110.52	10000.00
Kérosène	57.19	82.68	11240.00
Gas-oil	78.23	97.16	8839.00
BRA	91.19	109.87	7959.42
Brut	355.28	416.91	7959.42

En appelant respectivement M_{xi} et C_{xi} le débit journalier d'un produit x et son prix unitaire de vente. Le prix de vente journalier de l'ensemble des produits sera donné par la relation :

$$P_v = \sum M_{xi} \cdot C_{xi} \quad , \quad i = 1, n \quad \text{où} :$$

P_v : prix de vente journalier de l'ensemble des produits.

N : nombre de produits.

M_{xi} : débit massique du produit (i).

C_{xi} : prix de vente du produit (i) par unité de masse.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau :

Tableau III-3: répartition des prix (produit et brut) pour différent cas de figure.

	Prix de vente de l'ensemble des produits de l'unité /an	Prix d'achat de pétrole brut de l'unité /an
Marche actuelle	2.5730×10^{10}	2.2600×10^{10}
Marche à 130%	3.0427×10^{10}	2.6520×10^{10}
Gain par rapport à la marche actuelle	0.4697×10^{10}	0.3920×10^{10}

Le bénéfice = le gain par rapport à la marche actuelle – prix d'achat du brut /an.

$$\text{Le bénéfice} = 0.4697 \times 10^{10} - 0.3920 \times 10^{10}$$

$$\text{Le bénéfice} = 776.961 \times 10^6 \text{ DA.}$$

Rappelons que le précipitateur électrostatique est un équipement conçu dans le but de réduire l'acidité du kérosène. L'installation complète occupe une surface de 15 m^2 et englobe les instruments décrits dans le schéma de fonctionnement.

Tous les moyens humains (main d'œuvre) et matériels (chaudronnerie, électricité, transport) sont fournis par la raffinerie d'Arzew.

Conclusion

Conclusion générale

Il existe de nombreux aspects importants relatifs au traitement chimique des fractions de kérosène et de naphta par des solutions d'hydroxyde de sodium (soude caustique) et dont le but est l'élimination des contaminants qui apparaissent naturellement lors de la production de carburant pour réacteurs aéronautiques.

Malgré l'efficacité du traitement par la soude caustique en vue de la neutralisation de l'acidité, on ne peut pas négliger son inconvénient vis-à-vis de l'équipement. Alors, un procédé de traitement en plusieurs étapes est souvent nécessaire pour faire face à l'acidité, à la présence de mercaptan, acide naphthénique; et aux autres spécifications exigées pour valoriser ces fractions en produits carburants pour réacteurs d'avion, et donc, la réduction du nombre de neutralisation peut être également considérée pour les coupes intermédiaires.

L'objectif principal de notre projet se consiste à étudier le problème d'acidité du kérosène, et d'essayer de le résoudre, alors, en premier lieu nous avons étudiés la solution qui a été déjà appliquée, celle de l'injection de soude, cette solution est efficace mais elle présente plusieurs d'inconvénients, la solution proposée c'est un ballon de séparation biphasique (précipitateur électrostatique) pour cela un calcul a été effectué pour l'installation de l'équipement.

Notant que si cette unité d'adoucissement du kérosène (précipitateur électrostatique) sera réalisée, elle devra non seulement résoudre la préoccupation des naphthéniques dans le kérosène, mais pourrait aussi améliorer son aspect qualitatif.

Nous souhaitons que notre projet servira comme preuve pour une installation d'un précipitateur électrostatique pour la raffinerie d'Arzew à sorte de unité 11 après varie stockage.

**Références
bibliographiques**

Références Bibliographiques

- [1] : "Distillation." Encyclopædia Britannica, Encyclopædia Britannica, Inc., 10 Aug. 2021, www.britannica.com/technology/distillation.
- [2]: Seader, J. D., & Henley, E. J. (2006). *Separation Process Principles*. Wiley
- [3]: McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2005). *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill Education. (ISBN: 978-0072848236).
- [4]: Kister, H. Z. (1992). *Distillation Design*. McGraw-Hill Professional.
- [5]: Kister, H. Z. (1990). *Distillation Operation*. McGraw-Hill Professional.
- [6]: J.L. Humphrey, G. E. Keller, "*Procédés de séparation : techniques, sélection, dimensionnement*", Editeur : Dunod Paris, Collection : Technique et ingénierie, 2001.
- [7]: J.G. Stichlmair, J.R. Fair, "*Distillation principles and practices*", Wiley-VCH, New York, 1998.
- [8]: Viktória Varga, "*Distillation extractive discontinue dans une colonne de rectification et dans une colonne inversée*". Génie des Procédés et de l'Environnement. Thèse de doctorat encotutelle: Soutenue le lundi 27 Nov. 2006 à l'Institut National Polytechnique de Toulouse (France) & l'Université des Sciences Techniques et Economiques de Budapest (Hongrie).
- [9]: AL-LOUCH Rabei Mohammed, "*Automatisation d'une installation distillation*", Mémoire d'Ingénieur Industriel Finalité Automatique :2005-2006. Ecole d'ingénieurs et d'Architectes de Fribourg (Suisse).
- [10]: R. Kessas, "*Cours : Operations unitaires du génie chimique : Rectification continue*", Faculté des sciences, Dépt. Chimie, Option: Génie chimie. USTO-MB, 20 Oct. 2007.
- [11] Livre de la société nationale de raffinage de pétrole.
- [12] L.CarlosPereira d'Oliveira. Développement d'une méthodologie de modélisation cinétique de procédés de raffinage traitant des charges lourdes. ENS LYON, 2013.
- [13] J.P., WAUQUIER, Procédés de séparation Paris : Edition Technip, publication de l'institut français de pétrole, Tome 2, (1998) page 145.
- [14] J.-P. Wauquier, Le raffinage du pétrole - Tome 1, Collectif Technip 1994.
- [15], Direction régionale HMD, Janvier 2018 <http://it.univ-ouargla.dz> [9] Manuel opératoire : Nouvelle Raffinerie, Hassi-Messaoud.
- [16] : Y.BARBIER. Dictionnaire du pétrole. Editions SCM. Paris (1980). ISBN-13: 978-2901133193. Page (271).

- [17] : JC. GUIBET. Carburants liquides, caractéristiques et principes généraux. BE 8543 Techniques de l'ingénieur, pp.1-2. 2011.
- [18] : JC. GUIBET, Carburants liquides, Caractéristiques et principes généraux. Montagne X (2011). (www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire).
- [19] : JP. FAVENNEC, Raffinage du pétrole. Tome 5. Exploitation et gestion de la raffinerie. ISBN13 : 978-2-7108-0742-1. Page (70,71).
- [20] : INRS, Fiche toxicologique "White-spirit". (1998), INRS. 5 p.
- [21] : ZM. AYISSI. Essai d'élaboration et analyse chimico-calorifique d'un biocarburant à base de manioc (2007). Mémoire de master DIPET II. École normale supérieure d'enseignement technique, Cameron (Douala), 2007.74p.
- [22] : Union française des industries pétrolières. Pétro Dico. Le lexique de l'industrie pétrolière.2007; <http://www.ufip.fr> (UFIP : Siège social : 4, avenue Hoche, 75008 Paris).
- [23] : P. DAGAUT, A. EL BAKALI, A. RISTORI, The combustion of kérosène : Experimental results and kinetic modeling using 1 to 3 component surrogate mode fuels, Fuel, 2006, vol. 85, pp. 944-956.
- [24] : "Pétrole." Techniques de l'ingénieur Sources d'énergie hors nucléaire base documentaire : TIB21 DUO. 2010. Vol. ref.be8520, p. 1–24.
- [25] : I.SOCHET, F. FAUBERT, P. GILLARD., Combustion et explosion du kérosène : état de l'art, Combustion 1(4), pp. 229-254. (2001).
- [26] : Pétrole Lampant - Fiche de données de sécurité. Paris La Défense, Pétroles lampants - Édition : 1998. Total Raffinage Distribution, 1997.
- [27] : site web : de la société de raffinage d'Algérie (SARA) consulte le 23 avril 2021.
- [28]: site web: fr-academic.com
- [29]: Algérie presse service. Internet
- [30] : document intérieure, bilan de capacité annuelle de production année 2018, département Technique
- [31] : fiche technique de complexe complexe
- [32] *document industriel* << FOSTER WHEELER FRANÇAISE >>
- [33] *didouh hadjer , djaber nebja , étude du rondement de déparaffinage au niveau du complexe , département de production , master 2 , université des science et de la technologie.*

Annexes

Historique du problème :

Durant notre séjour à la raffinerie d'Arzew (**RA1/Z**), les exploitants ont fait savoir que le phénomène d'acidité du kérosène était récent. En effet, il s'est manifesté le **13/04/2023** à **22^H30**, quand les agents du laboratoire ont prélevé un échantillon de kérosène destiné au stockage (kérojet) pour une analyse de routine. Ils ont été surpris par l'existence d'une acidité qui avait atteint la valeur de **0,024 mg KOH/ g**. cette situation nouvelle a créé une certaine « panique » dans le complexe, notamment à la zone (4) où le kérosène est produit. Nous avons indiqué sur la figure la variation de l'acidité en fonction du temps (2023 année d'apparition du phénomène).

Face à cette situation jugée critique, il a fallu agir rapidement pour résoudre ce problème. Les responsables ont d'abord pensé à une solution directe, rapide et facile ; celle-ci consiste à augmenter le taux d'injection de soude immédiatement à la sortie du dessaleur afin de neutraliser l'acidité. Et, effectivement, le 14/04/2023, l'acidité a été ramenée à 0,017 mg KOH/g et le 15/04/2023 à 0,013 mg KOH/g.

Si, d'un côté, cette solution d'injection de la soude a permis de réduire l'acidité elle a, d'un autre côté, causé de sérieux problèmes. En effet, les dépôts exagérés de sodium (Na^+) sous forme de NaCl dans le résidu brut réduit atmosphérique **BRA**, qui est utilisé comme charge pour les unités de cracking catalytique, ont empoisonné les catalyseurs.

Cet empoisonnement a conduit à un arrêt total de l'unité afin de procéder au changement du catalyseur. Il est clair que cette procédure a demandé beaucoup de moyens humains et matériels, en plus du fait qu'elle a causé un manque à produire conséquent. Nous désignerons par « solution 1 » cette manière de contrôler l'acidité.

Cependant, il existe une autre solution, il s'agit de l'utilisation des technologies de **NAPFINING**, **MERICAT II** et **AQUAFINISHING** pour les applications du traitement du kérosène ou tout simplement d'adoucissement du kérosène. Cette solution consiste à éliminer les acides naphéniques et les mercaptans en utilisant des techniques de lavage, de séchage et de filtration; et pratiquement n'utilise pas.

Néanmoins, les cadres de la raffinerie ont envisagé également l'application d'une autre solution plus pratique, celle du précipitateur électrostatique qui est un ballon de séparation biphasique. Cet appareil permet de maintenir un taux minimum stable d'injection de **NaOH** au niveau du dessaleur, le reste étant injecté au niveau du précipitateur.

Avant de passer en revue en détail ces deux solutions, nous avons jugé utile d'examiner les analyses effectuées au niveau du laboratoire, concernant à la fois le brut (tableau I.1) et le kérosène (tableau I.2) de **la RA1/Z**, en comparant par la même occasion, les résultats trouvés à ceux fixés par les normes.

Tableau I.1 : caractéristiques physico-chimiques du brut de la raffinerie d'Arzew.

Caractéristiques	résultats
Densité à 15 °C	0,8004
°API	45,28
Viscosité cinématique en cst à ;*20,0 °C/68 °F	2,23
Tension de vapeur Reid (kg/cm ²)	0,775
Teneur en eau par extraction (% vol)	Nulle
Teneur en eau et sédiments, BSW (% vol)	Traces
Point d'éclair. Vase fermé (°C)	<-5

En comparant les résultats du tableau précédent à ceux du tableau 2 donné en annexe II, on remarque que la seule différence se situe au niveau de la valeur de la tension de vapeur raid (TVR).

Cette dernière indique 0,775 kg/cm² alors que la spécification requise est de 0,50 kg/cm² dans l'essai de référence.

Tableau I.2 : caractéristiques du kérosène de la raffinerie d'Arzew

Intervalle de distillation	165-235 °C
Rendement/brut % poids	13,16
% vol	13,47
Position /brut % poids	28,41-41,57
% vol	32,57-46,04
Densité à 15°C	0,7952
°API	44,53
Indice de réfraction à 20°C	1,44415
Viscosité cinématique en cst à 20°C	1,80
Doctor test	Négatif
Corrosion à la lame de cuivre, 3H à 50°C	La, négatif
Point d'aniline (°C)	63
Indice d'acidité (mg KOH/g)	0,011
Point d'éclair à vase fermé (°C)	52
Point de congélation (°C)	-50
Couleur	+30
Pouvoir calorifique inférieur, (kcal/kg)	10356,45

En comparant les résultats du tableau I.2 à ceux du tableau 3 donné en annexe II, on constate qu'il n'y a pas une différence marquante entre les deux, ce qui laisse penser que le kérosène est de quantité satisfaisante.

RESUME :

Le but est d'étudier le problème de l'acidité du kérosène et d'essayer de le résoudre. Nous avons étudié la solution qui a été appliquée, qui est l'injection de soude. Cette solution est efficace, mais elle présente plusieurs inconvénients, et la solution proposée est le précipitateur électrostatique.

Le distillat est pompé dans le précipitateur. En amont, il reçoit la solution de soude. La vanne mélangeuse crée un mélange qui passe à travers les électrodes de traitement. Le produit subit ensuite un processus de polissage. la phase aqueuse est précipitée pour être transportée sous forme de soude usée et éliminée automatiquement.

Mots clés : Soude, distillation, précipitateur électrostatique, acidité

SUMMARY:

The goal is to study the problem of acidity in kerosene and try to solve it. We studied the solution that was applied, which is soda injection. This solution is effective, but it has several disadvantages, and the proposed solution is the electrostatic precipitator.

The distillate is pumped into the precipitator. It receives upstream the soda solution. The mixing valve creates a mixture and is distributed throughout the device. It passes through the treatment electrodes. Fusion of molecules occurs. The product then undergoes a polishing process. The aqueous phase is precipitated to be transported as spent soda and disposed of automatically.

Key words: Soda, distillation, electrostatic precipitator, acidity

ملخص :

الهدف هو دراسة مشكلة الحموضة في الكيروسين ومحاولة حلها قمنا بدراسة الحل الذي تم تطبيقه وهو حقن الصودا هذا الحل فعال ولكن له عدة عيوب والحل المقترح هو المرسب الكهروستاتيكي

يتم ضخ نواتج التقطير في المرسب يتلقى عند المنبع محلول الصودا يقوم صمام الخلط بإنشاء مزيج ويتم توزيعه في جميع أنحاء الجهاز يمر عبر أقطاب المعالجة يحدث اندماج للجزيئات ثم يخضع المنتج لعملية تلميع يتم ترسيب الطور المائي ليتم نقله كصودا مستهلكة والتخلص منه تلقائياً

الكلمات المفتاحية : الحموضة, المرسب الكهروستاتيكي , التقطير , الصودا