



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم  
Abdelhamid Ibn Badis University - Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم هندسة الطرائق  
Department of Process Engineering



Department of Process Engineering

The Date

Ref : ...../U.M/F.S.T/2023

قسم هندسة الطرائق

التاريخ :

رقم : ..... / ج م / ك.ع.ت // 2023

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DEMASTER ACADEMIQUE

**Filière : Génie des procédés.**

**Option : Génie chimique**

### Thème

**L'impact du changement de la température sur la condensation de propane dans la raffinerie d'Arzew**

Présenté par

1-BENDJEMAA Smail

Soutenu le 27/09/ 2023 devant le jury composé de :

Président :	BESSAHA Fatiha	MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	BENALIOUA Bahia	MCA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	MANSRI Kada	MCB	Ecole normale supérieure
Co-Encadrant :	BENYAMINA Imane	MCB	Ecole normale supérieure

Année Universitaire 2022/2023

## **Remerciement**

*Je remercie en premier lieu ALLAH tout puissant de m'avoir accordé*

*La puissance et la volonté pour achever ce travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux co-encadrante  
Maitre de Conférences « B » Madame BENYAMINA Iman et l'encadrant  
Maitre de Conférences « B » Monsieur MANSRI Kada qui m'ont aidé à  
contribuer à la réalisation de ce projet.*

*Mes remerciements, ma gratitude à tous les membres du jury, la  
présidente Maitre de Conférences « A » Mme BESSAHA Fatiha et  
l'examinatrice Maitre de Conférences « A » Mme BENALIOUA Bahia.*

*J'adresse aussi mes remerciements à tous les enseignants de la faculté  
également au personnel du département de génie des procédés et tous  
les employés de la raffinerie d'Arzew.*

*Et finalement, je remercie mes parents, mes sœurs, mes frères qui m'ont  
soutenu en période de ce stage.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*A mes frères, mes grands-parents et ceux qui ont partagé avec moi tous  
les moments.*

*Aux personnes les plus importantes de ma vie, qui sont mes parents.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus  
de succès.*

*A tout ami m'a encouragé à arriver à ce stade*

## ملخص

تنتج مصفاة أرزيو الزيوت الأساسية المستخرجة من النفط الخام ومعالجتها في المنطقة 7 ، الوحدة 22 هي واحدة منها ، فهي تساهم في إزالة الأسفلت بواسطة مذيب البروبان ، والذي يتم تبريده بعد كل عملية إزالة البيتومين باستخدام المبردات الهوائية ومع ذلك ، نظرا لوجود المبرد الهوائي ، عندما تزداد درجة الحرارة المحيطة ، يتكثف البروبان بكمية ليست كافية وبالتالي يؤثر على معدل الشحن. بعد تحديد أبعاد مبردات الهواء لتكثيف البروبان ، والتي عملت بشكل جيد عند درجة الحرارة 27 و في الصيف ، تصل درجة الحرارة إلى قيم أعلى و عند درجة الحرارة 37 ، هناك فرق كبير بين منطقة التصميم والمنطقة المحسوبة ، مما يقلل من معدل الشحن وكمية تكثيف البروبان

الكلمات المفتاحية : المبادلات الحرارية، تكثيف البروبان، البيتومين

## Résumé

La raffinerie d'Arzew produit des huiles essentielles extraites du pétrole brut et les traite dans la zone 7, l'unité 22 en fait partie, elle contribue à l'élimination de l'asphalte par un solvant au propane, qui est refroidi après chaque élimination de l'asphalte à l'aide de refroidisseurs d'air

Cependant, en raison de la présence d'un refroidisseur d'air, lorsque la température ambiante augmente, le propane se condense en quantité insuffisante et affecte ainsi le taux de charge. Après avoir déterminé les dimensions des refroidisseurs d'air pour la condensation du propane, qui fonctionnaient bien à la température 27 et en été, la température atteint des valeurs plus élevées et à la température 37, Il existe une différence significative entre la zone de conception et celle calculée, ce qui réduit le taux de charge et la quantité de condensation de propane

Mots clés: échangeurs de chaleur, propane à condensation, Asphalte

## Summary

The Arzew refinery produces essential oils extracted from crude oil and processes them in Zone 7, Unit 22 is one of them; it contributes to the removal of asphalt by propane solvent, which is cooled after each asphalt removal using air coolers

However, due to the presence of an air cooler, when the ambient temperature increases, propane condenses in an insufficient amount and thereby affects the charge rate. After determining the dimensions of the air coolers for condensing propane, which worked well at Temperature 27 , and in summer the temperature reaches higher values , and at Temperature 37 There is a significant difference between the design area and the calculated one, which reduces the load rate and the amount of propane condensation

Keywords: heat exchangers, condensing propane, bitumen

## Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### **CHAPITRE I : LA RAFFINERIE D'ARZEW (RA1Z)**

<b>I.1- Historique.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2- Localisation de la raffinerie.....</b>	<b>2</b>
<b>I.3- Objectifs de la raffinerie d'Arzew .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4- Capacité de production.....</b>	<b>3</b>
<b>I.5- Les différentes produits chimiques utilisés .....</b>	<b>5</b>
<b>I.6- Les Départements de la raffinerie d'Arzew (RA1Z).....</b>	<b>5</b>
I.6.1- Département de sécurité.....	5
I.6.2- Département de fabrication P1 .....	6
I.6.2.1- Zone 03 : Les utilités.....	6
I.6.2.2- La zone 04 : Les carburant .....	7
I.6.2.3- La zone 07 : Les lubrifiantes .....	7
I.6.2.4- Zone 10 : bitumes.....	8
I.6.2.5- Zones de stockage .....	8
I.6.3- Département de fabrication P2 .....	8
I.6.3.1- Zone 05 : Production des huiles de base .....	8
I.6.3.2- Zone 19 : Les utilités.....	8
I.6.4- Département de fabrication P3 .....	8
I.6.4.1- Zone 06 : fabrication des huiles finies .....	9
I.6.5- Département de fabrication P4 .....	9
I.6.5.1- Zone 27 (Station de traitement).....	9
I.6.5.2- Zone 28 : Zone de stockage des matière première et expédition de gas-oil.....	9
I.6.5.3- Zone 30 : Zone de chargement de carburant dans des camions et d'expédition.....	9
I.6.6- Laboratoire de la raffinerie d'Arzew .....	9

### **CHAPITRE II : LES PROCÉDÉS DE FABRICATION DES HUILES DE BASE (ZONE 07)**

<b>II.1- Introduction.....</b>	<b>11</b>
II.1.1- Définition.....	11
II.1.2- Rôles des huiles lubrifiantes .....	11
II.1.3- Les tendances des huiles.....	12
II.1.4- Différents types des huiles lubrifiantes .....	12

II.1.5- Composition des huiles lubrifiants .....	12
II.1.6- Structures et les propriétés des huiles lubrifiantes .....	13
II.1.7- Caractéristique des huiles lubrifiantes .....	13
II.1.8- Généralité sur les additifs .....	14
II.1.8.1- Définition .....	14
II.1.8.2- Rôle des additifs.....	14
II.1.8.3- Les types des additifs .....	15
<b>II.2- Description du procédé.....</b>	<b>15</b>
II.2.1- Généralité sur le choix de solvant .....	15
II.2.2- La distillation sous vide (U21) .....	16
II.2.3- Désasphaltage au propane (U22).....	17
II.2.4- Extraction au furfural (Unité 23).....	18
II.2.5- Déparaffinage au Méthyl-éthyl-Cétone (MEC) / Toluène .....	19
II.2.6- Unité d'hydrofinissage (U25).....	20
<b>II.3- Description générale de l'unité de désasphaltage au propane (unité 22) .....</b>	<b>20</b>
II.3.1- Rôle de l'unité de désasphaltage au propane.....	20
II.3.2- Mécanisme de désasphaltage au propane :.....	20
II.3.2.1- La précipitation .....	21
II.3.2.2- Dérésinage .....	21
II.3.2.3- La décantation.....	21
II.3.3- Choix de solvant .....	21
II.3.4- Les propriétés de la charge et les produites .....	22
II.3.5- Caractéristiques de fonctionnement .....	22
II.3.5.1- Conditions d'extraction.....	22
II.3.5.2- Conditions de fonctionnement des strippers .....	22
II.3.6- Description de l'unité (22).....	23
II.3.7- Circulation des produits [12] .....	23
II.3.7.1- Système DAO .....	23
II.3.7.2- Système asphalte.....	23
II.3.7.3- Système de récupération de propane sec .....	23
II.3.7.4- Système de récupération de propane humide.....	23
II.3.8- Les types de la colonnes d'extraction.....	24

## **CHAPITRE III : LES DIFFÉRENTES ÉCHANGEURS DE CHALEUR**

<b>III.1- Introduction .....</b>	<b>25</b>
----------------------------------	-----------

<b>III.2- Les échangeurs de chaleur</b> .....	25
III.2.1- Définition .....	25
III.2.2- Les modes de transfert de chaleur .....	25
III.2.2.1- Conduction .....	25
III.2.2.2- Convection.....	26
III.2.2.3- Rayonnement .....	26
III.2.3- Les fonctions des échangeurs de chaleur .....	26
III.2.3.1- Fonction réfrigération .....	27
III.2.3.2- Fonction chauffage .....	27
III.2.3.3- Fonction condensation.....	27
III.2.3.4- Fonction vaporisation .....	27
III.2.4- Principe d'opération (Fonctionnement) .....	28
III.2.5- Modes de circulation .....	28
III.2.5.1- Échangeur à co-courant .....	28
III.2.5.2- Echangeur à contre-courant .....	28
III.2.5.3- Echangeur à courant croisé.....	29
III.2.6- Les types des échangeurs .....	29
III.2.6.1- Échangeurs à tubes (monotubes, coaxiaux et multitubulaires).....	29
III.2.6.2- Echangeurs à plaques .....	30
<b>III.3- Les aéroréfrigérants</b> .....	30
III.3.1- Définition .....	30
III.3.2- Principe de fonctionnement d'un aéroréfrigérant .....	31
III.3.3- Les tubes d'un aéroréfrigérant .....	32
III.3.4- Les faisceaux d'un aéroréfrigérant.....	33
III.3.5- Les avantages et comparaison technologiques des aéroréfrigérant.....	34
III.3.6- Avantages et désavantages des aéroréfrigérant par rapport au refroidissement à l'air .	34
III.3.6.1- Avantages du refroidissement à l'air .....	34
III.3.6.2- Désavantages du refroidissement à l'air .....	34

## **CHAPITRE IV : L'IMPACT DU CHANGEMENT DE LA TEMPÉRATURE SUR LA CONDENSATION DE PROPANE**

<b>IV.1- Introduction</b> .....	35
IV.1.1- Données de calcul .....	35
IV.1.1.1- Les caractéristiques des tubes et ailettes de l'aéroréfrigérant .....	35
IV.1.1.2- Les paramètre de fonctionnement .....	36

IV.1.1.3- Les caractéristiques physiques des deux fluides .....	37
<b>IV.2- Les calculs des aéroréfrigérant .....</b>	<b>37</b>
IV.2.1- Calcul de la surface d'échange installé .....	37
IV.2.2- Interface faciale installé .....	38
IV.2.3- Quantité de chaleur échangé (Q).....	38
IV.2.4- Température de l'air à la sortie ( $t_2$ ) .....	38
IV.2.5- Débit massique d'air ( $M_a$ ) .....	39
IV.2.6- Coefficient de transfert de chaleur coté air, ( $h_a$ ).....	39
IV.2.7- Calcul les coefficients de transfert coté air $h_a$ .....	40
IV.2.8- Calcul la surface d'échange ( $A_{\text{Calculé}}$ ) � une température $27^\circ\text{C}$ .....	41
IV.2.8.1- La zone de désurchauffe.....	41
IV.2.8.2- La zone de refroidissement .....	44
IV.2.8.3- La zone sous refroidissement .....	47
IV.2.9- Les résultats obtenus à $T=27^\circ\text{C}$ .....	49
IV.2.9.1- Interprétation des résultats .....	49
IV.2.10- La surface d'échange ( $A_{\text{calculé}}$ ) � une température $37^\circ\text{C}$ .....	50
IV.2.10.1- La surface d'échange.....	50
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>51</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>54</b>

## Liste des figures

### Chapitre I : La raffinerie d'Arzew (RA1Z)

Figure I-1 : La raffinerie d'Arzew .....	2
Figure I-2 : Localisation de la raffinerie .....	3
Figure I-3 : Présentation graphique de la capacité de production.....	4
Figure I-4 : Plan de masse de la raffinerie [3] .....	6
Figure I-5 : Laboratoire de raffinerie (de contrôle) .....	10

### Chapitre II : Les Procédés de fabrication des huiles de base (zone 07)

Figure II-1 : Stockage et Composition des huiles lubrifiantes .....	11
Figure II-2 : Chaîne de fabrication des huiles de base (zone 07) .....	16
Figure II-3 : Schéma de la distillation sous vide (Unité21).....	16
Figure II-4 : Schéma de désasphaltage au propane (U22).....	17
Figure II-5 : Schéma de l'extraction au furfural (U23).....	18
Figure II-6 : schéma de déparaffinage au MEC / Toluène .....	19
Figure II-7 : Schéma d'hydrofinissage (U25) .....	20
Figure II-8 : Les zones de fonctionnement de la colonne d'extraction .....	21
Figure II-9 : Les types de colonnes d'extraction .....	24

### Chapitre III : Les échangeurs de chaleurs

Figure III-1 : Transfert thermique par conduction .....	25
Figure III-2 : Transfert thermique par convection.....	26
Figure III-3 : Transfert thermique par rayonnement .....	26
Figure III-4 : Circulation à co-courant [14] .....	28
Figure III-5 : Circulation à contre-courant [14] .....	28
Figure III-6 : Circulation à courant croisé [14] .....	29
Figure III-7 : Les échangeurs tubulaires.....	29
Figure III-8 : Echangeur à plaques [14] .....	30
Figure III-9 : Echangeur à plaques en U .....	30
Figure III-10 : Echangeur à plaques en Z.....	30
Figure III-11 : Schéma d'un aéroréfrigérant .....	31
Figure III-12 : Principe de fonctionnement d'un aéroréfrigérant.....	31
Figure III-13 : La convection naturelle d'un aéroréfrigérant .....	32
Figure III-14 : La convection forcée d'un aéroréfrigérant .....	32
Figure III-15 : Les tubes d'un aéroréfrigérant.....	33
Figure III-16 : Les faisceaux d'un aéroréfrigérant.....	33

### Chapitre IV: Impacte de changement de la température sur la condensation du propane

Figure IV-1: Les étapes de condensation de propane par l'air ambiant.....	41
---	----

## Liste des tableaux

### Chapitre I : La raffinerie d'Arzew (RA1Z)

Tableau I-1 : La capacité de production de la raffinerie d'Arzew [2] .....4

Tableau I-2 : Les produits chimiques utilisés .....5

### Chapitre II : Les Procédés de fabrication des huiles de base (zone 07)

Tableau II-1 : Structures et les familles hydrocarbures des huiles de base ..... 13

Tableau II-2 : Les propriétés de la charge (RSV) et les produites [12].....22

Tableau II-3 : Condition d'extraction (Unité22) [12].....22

Tableau II-4 : Conditions de fonctionnement des strippers [12].....22

### Chapitre III : Les échangeurs de chaleurs

Tableau III-1 : Comparaison et avantages et tirages induites et forcée .....34

### Chapitre IV : L'impacte de changement de température sur la condensation de propane

Tableau IV-1: Caractéristiques géométrique des tubes, (Annexes 1,2,3 et 4)..... 35

Tableau IV-2 : Caractéristique géométrique des ailettes .....36

Tableau IV-3 : Données procédés du propane et l' air (Annexe 2).....36

Tableau IV-4 : Caractéristique physique de propane et l'air (Annexe 2) .....37

Tableau IV-5: Les vitesses d'air en fonction des nombre de rangées .....37

Tableau IV-6 : Les résultats obtenue à la température 27 °C .....49

Tableau IV-7 : Les résultats obtenus à une température de 37 °C..... 50

## Liste des abréviations

**RA1Z** : La raffinerie d'Arzew

**API**: American Petroleum Institute

**JGC**: Japan Gasoline Company

**SPO**: Spindle Oil

**MEC/Toluène**: Méthyle, Ethyle, Cétone/ Toluène **VGO**: Vacuum Gasoil

**RDC**: Rotating Disc Contactor.

**DAO**: De-Asphalted Oil

**VGO**: Vacuum Gasoil

**MVO**: Medium Viscous Oil **VO**: Viscous Oil

**VO**: Viscous Oil

**SAE**: Society of Automotive Engineers **BS**: Bright Stock

**RSV**: Résidu Sous Vide

**BRA**: Brut Réduit Atmosphérique **BRI** : Brut Réduit Importé

**VI** : Indice de viscosité

**BS** : Bright stock

**HB3** : Huile de base 3

**HB4** : Huile de base 4

# *Introduction Générale*

## **Introduction Général**

Le raffinage du pétrole est considéré comme le processus de traitement du pétrole afin d'extraire diverses matières énergétiques et de la douceur de ces matières, il existe des huiles de sorte qu'elles sont utilisées comme lubrifiant dans les transports et ne se limitent pas à celles-ci, mais ont une variété d'utilisations

L'unité de dés-asphaltage au propane c'est une unité responsable de la production d'huiles de base dans la zone 7 par traitement le résidu sous vide (RSV) par l'utilisation de solvants (Propane), le propane est récupéré après il passe à travers un système de réfrigération(aéro-réfrigérant) qui utilise de l'air pour le refroidissement de propane

Lorsque la température ambiante est relativement élevée, la condensation totale du propane devient impossible et inversement en période froide la condensation est idéale par conséquent le travail se fait sur un taux de charge élevé, Le but de ce travail est de rechercher de bonnes solutions pour la bonne condensation du propane et de travailler avec un taux de marche élevé, et c'est à travers dimensionnement de refroidisseurs d'air (aéro-réfrigérant) nécessaires pour augmenter la quantité condensé de propane avec température ambiante à 37°, Étude d'impact de la température ambiante sur la condensation du propane

Le travail est structuré par les étape suivant :

Dans le premier chapitre, nous donnons une explication sur l'entreprise et ses différents départements

Dans la deuxième partie, nous présenterons les différents mécanismes utilisés dans l'entreprise pour l'extraction des huiles de base au niveau la zone 7

Dans le troisième chapitre, nous expliquerons les différents échangeurs thermiques, et le principe de fonctionnement de l'aéroréfrigérant

Et la quatrième et dernière partie, nous présenterons le problème qui concerne l'aéro-réfrigérant avec les solutions proposées

Et une conclusion générale

***Chapitre I : La  
raffinerie d'Arzew  
(RAIZ)***

## **I. La raffinerie d'Arzew (RA1Z)**

### **I.1- Historique**

La raffinerie d'Arzew (Figure I.1) est l'une des zones industrielles les plus importantes pour le raffinage du pétrole, construite en 1972. Et actuellement exploitée par la compagnie pétrolière nationale (Sonatrach), La raffinerie d'Arzew, également connue sous le nom de complexe pétrochimique d'Arzew, est la principale raffinerie située à Arzew, dans la région d'Oran en Algérie. Elle est considérée comme l'une des plus grandes raffineries du pays et joue un rôle vital dans l'industrie pétrolière et gazière algérienne. Depuis 1987. En Algérie, l'industrie de raffinage est née avec la découverte du pétrole en juin 1956 par la société Française SN REPAL (Elf) à Hassi-Messaoud



**Figure I-1** : La raffinerie d'Arzew

### **I.2- Localisation de la raffinerie**

La raffinerie d'Arzew est située dans la ville d'Arzew, qui se trouve en Algérie. Arzew est une ville côtière située dans la wilaya (province) d'Oran, à environ 35 kilomètres à l'est de la ville d'Oran, la deuxième plus grande ville d'Algérie. La raffinerie d'Arzew est l'une des installations pétrolières et gazières majeures du pays, et elle joue un rôle essentiel dans le raffinage et le traitement du pétrole brut et du gaz nature.



Figure I-2 : Localisation de la raffinerie

### I.3- Objectifs de la raffinerie d'Arzew

La raffinerie d'Arzew, l'un des plus grands complexes pétrochimiques d'Algérie, a été conçue pour répondre aux exigences suivantes

- Traiter le pétrole brut de Hassi-Messaoud via RTO et le brut réduit importé BRI
- Exporter "demande internationale" de ses produits finis ou semi-finis
- Pour répondre à la consommation croissante du marché national.
- Fabrication de produits stratégiques tel que lubrifiantes et bitumes [1]

### I.4- Capacité de production

La raffinerie d'Arzew, après réhabilitation, traite 3,8 millions tonnes/an de pétrole brut de Hassi-Messaoud et 280.000 tonnes par an de Brut Réduit Importé (BRI) pour la fabrication des Bitumes. Les capacités annuelles de production des différentes unités sont représentées dans le tableau I.1 suivante

Tableau I-1 : La capacité de production de la raffinerie d'Arzew [2]

Produits	Capacité de production annuelle
Propane	15000
Butane	70000
Gasoil	980000
Kérosène	250000
Essence super	70000
Essence normale	270000
Naphta	200000
Fuel basse teneur en soufre	800000
Fuel haute teneur en soufre	60000
Lubrifiants	170000
Graisses	70000
Paraffines	70000
Bitumes routiers	120000
Bitumes oxydés	2000

Nous notons dans le tableau que la quantité (gasoil, fuel basse teneur en soufre) est la plus grande quantité produite par l'entreprise, la quantité moyenne est à la fois de (kérosène, propane...) et la quantité minimale représente à la fois le graisses, paraffines.

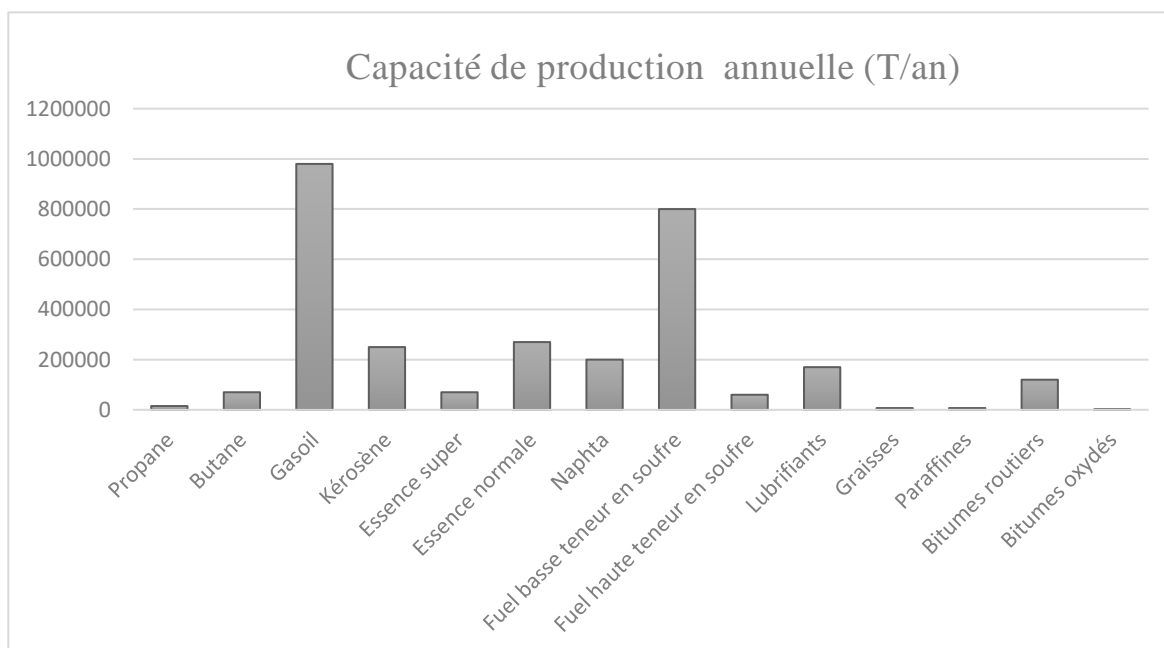


Figure I-3 : Présentation graphique de la capacité de production

## I.5- Les différentes produits chimiques utilisés

La raffinerie d'Arzew nécessite l'utilisation de produits chimiques, essentielles aux différents processus des unités, présenté dans le tableau suivant

Tableau I-2 : Les produits chimiques utilisés

Nome de produits	Zone et l'unité d'utilisation
Sulfite de sodium	Zone 03 et 19
Phosphate de sodium	Zone 03 et 19
La javel	Zone 03 et 19
Hydroxyde de sodium	zone 03 , 19 et 04
Acide sulfurique	Zone 03 et 19
Furfural	Zone 07 unité 23 et Zone 05 unité 300
MEC	Zone 07 unité 24 et Zone 05 unité 400
Toluène	Zone 07 unité 25 et Zone 05 unité 500

## I.6- Les Départements de la raffinerie d'Arzew (RA1Z)

### I.6.1- Département de sécurité

L'induction à la raffinerie d'Arzew a commencé par la visite du département Sécurité. Ce département comprend les services Sécurité, Prévention et Intervention et une cellule Environnement.

Contient 03 services de sécurité sont

- Service intervention;
- Service surveillance;
- Service prévention.

La raffinerie d'Arzew (RA1Z) comprend trois départements de production P1, P2, P3 et P4. La production implique du carburant, des lubrifiants, en utilisant le pétrole brut de Hassi Messaoud comme matière première, et réduit l'importation de pétrole brut pour la production de bitume. Elle est composée des zones et unités suivantes

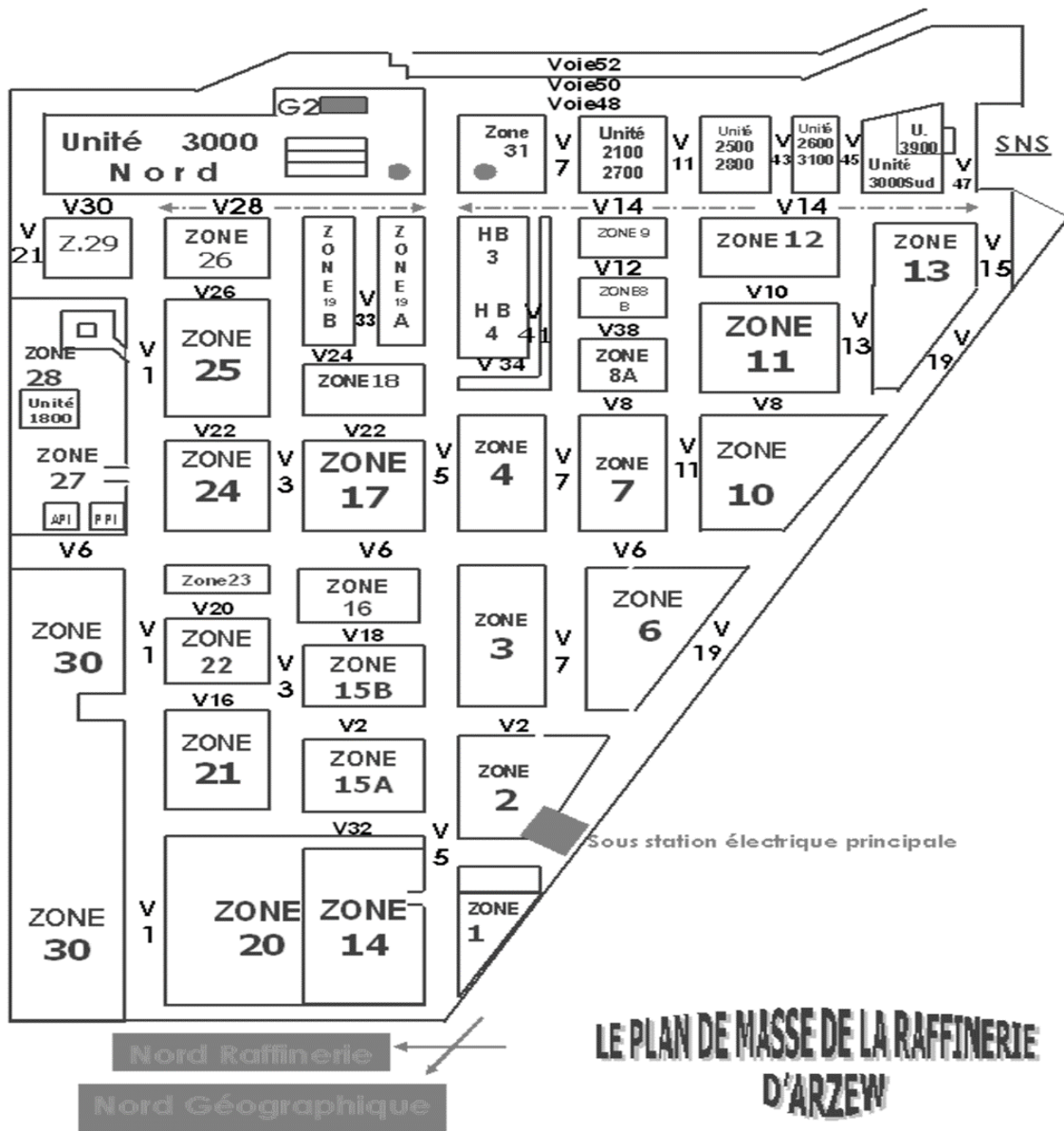


Figure I-4 : Plan de masse de la raffinerie [3]

## I.6.2- Département de fabrication P1

Le département de production P1 créé en 1970 spécialisé à la production des carburants, des bitumes et des lubrifiants, comprend les zones suivantes :

### I.6.2.1- Zone 03 : Les utilités

Pour assurer le bon fonctionnement des unités de production des anciennes installations de production du P1 en utilités ; tel que : Eau distillée- Vapeur- Electricité- Air comprimé (de service et d'instruments) - Eau de refroidissement - Gaz de combustion

- Unité 31 : Spécialisée à la production de la vapeur et de l'électricité : [31 H1 (60t/h) - 31 H2 (60t/h) - 31 H3 (120t/h) – 31 K1 : 4.5 MW (3.5 MW exploité)].
- Unité 33 : distribution eau de refroidissement pour refroidir les équipements.

- Unité 35 : réception et distribution de gaz combustible.
- Unité 36 : fabrication de l'air instrument et air service.
- Unité 67 : installation de lutte contre l'incendie (réseaux l'incendie).

### **I.6.2.2- La zone 04 : Les carburant**

C'est la zone de démarrage du raffinage du pétrole, contient 05 unité :

- **Unité 11** : c'est l'unité de distillation atmosphérique. Sa fonction est de séparer les différents composants contenus dans l'huile selon leurs densités (du plus léger au plus lourd) par distillation atmosphérique. Il s'agit :
  - Des gazes de pétrole liquéfié (GPL).
  - Du naphta lourd HSRN (naphta lourd à écoulement étroit).
  - Du naphta léger LSRN (naphta léger à écoulement étroit).
  - Des gasoils lourds (HGO), et des gasoils légers (LGO).
  - Du kérosène.
  - Soutirage les produits lourds et résidus atmosphérique pour traitement sous vide (zone 05 / 07).
- **Unité 12** : C'est l'unité de reformage catalytique (Reforming catalytique). Dans cette unité le naphta lourd HSRN qui prévient de l'unité 11 subit un traitement dans le but d'en produire un base hydrocarbure (essence) à haut indice octane.
- **Unité 13 (traitement de gaz)** : Elle traite le GPL obtenu de l'unité 11, 12 et 17 en le séparant en produits purs, tel que le propane et le butane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>).
- **Unité 17 (unité d'isomérisation)** : Elle traite le naphta léger (L.S.R.N) provenant de la distillation atmosphérique permettant l'amélioration de l'indice d'octane d'essence légère.
- **Unité 18 (système d'huile chaude)** : fournir de la chaleur pour les unité 11 et l'unité 17.

### **I.6.2.3- La zone 07 : Les lubrifiantes**

Spécialisé à la production les huiles de base à partir du brut réduit atmosphérique (BRA) provenant de l'unité 11 de la zone 4. Elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 20** : stockage d'huile.
- **Unité 21** : La distillation sous vide.
- **Unité 22** : Désasphaltage au propane.
- **Unité 23** : Extraction au furfural.
- **Unité 24** : Déparaffinage des huiles au MEC / toluène, et déshuilage.
- **Unité 25** : L'unité de hydrofinissage

#### **I.6.2.4- Zone 10 : bitumes**

Les bitumes se compose de deux parties, les bitumes routier (unité 14) et oxydé (unité 15) sont extraits à partir d'un brut importé (BRI). Et l'unité 45 (conditionnement et stockage de bitumes).

#### **I.6.2.5- Zones de stockage**

Il s'agit du stockage des produits finis comme les carburant, les GPL, ainsi que les additifs chimiques, le brut de Hassi-Messaoud, puis le mélange du reformat, LSRN, butane pour l'obtention des essences. Les zones 8 et 9 pour (RSV) et 11,12 et 13 pour stockage de (BRA).

### **I.6.3- Département de fabrication P2**

Elle comprend trois zones principale

#### **I.6.3.1- Zone 05 : Production des huiles de base**

Elle a mêmes principes que la zone 07 avec capacité de production 3 fois. Elle comprend 02 section (HB3 : unité 100,200 et 300) et (HB4 : unité 400, 500 et 600).

#### **I.6.3.2- Zone 19 : Les utilités**

Elle comprend les unités suivantes

- **Unité 1100** : production de vapeur (SG1101 - SG1102- SG1103).
- **Unité 1200** : production d'électricité AT1201 : 8.8 MW – 5.6 MW exploité
- **Unité 1300** : eau de refroidissement
- **Unité 1400** : Gaz combustible
- **Unité 1500** : Production d'air comprimé (air instrument et air service).
- **Unité 1600** : stockage et traitement d'eau
- **Unité 1700** : réseau de torche.
- **Unité 1800** : traitement des effluents

### **I.6.4- Département de fabrication P3**

Comprend la zone suivant

#### **I.6.4.1- Zone 06 : fabrication des huiles finies (Mélange et conditionnement des lubrifiants)**

Mélanger et conditionnement des lubrifiants à partir des huiles de base, Les mélanges des huiles de base sont réalisés avec des additifs. Le lubrifiant est conditionné dans des fûts de 200 litres. La gamme des lubrifiants compose de (huile industrielle, huile pour moteur, Huile hydraulique, huile de graissage). Et la zone 06 contient les unités suivantes

- **Unité 3000 (Les huiles finies et graisses) :** L'unité est destinée à produire des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans les unités 100 à 500 et des additifs importés. Elle est destinée à produire des huiles finies à partir des huiles de base et des additifs importés. Et les grades d'huile à produire sont (premier grade c'est l'huiles pour moteur représentent environ 81% du tonnage produit, soit 96.5000 T/an : huiles pour moteur à essence, huiles pour moteur diesel, huiles pour moteur transmission et le deuxième grade c'est huiles industriel représentent environ 19% tonnage produit, soit 23000 T/an : huiles turbines (TORBA), huiles hydraulique (TISKA), huiles compresseur (TORADA) huiles engrenage (FODDA).

- **Unité 3800 :** pomperie eaux brutes.

- **Unité 3900 :** Réalisée en 1997, emballages divisionnaires (conditionnement des huiles finies bidon 2L, 5L).

#### **I.6.5- Département de fabrication P4**

Ce département comprend les zones suivantes

**I.6.5.1- Zone 27 (Station de traitement) :** La zone est basée sur le traitement des effluents et récupération de sloop.

**I.6.5.2- Zone 28 :** Zone de stockage des matière première et expédition de gas-oil, essence, propane, butane, kérosène.

**I.6.5.3- Zone 30 : Zone de chargement de carburant dans des camions et d'expédition.**

#### **I.6.6- Laboratoire de la raffinerie d'Arzew**

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme bien défini à un contrôle de qualité rigoureux au niveau du laboratoire. Avant tout transfert ou expédition de produit fini, un certificat de qualité attestant la conformité de ce produit aux spécifications est établi.

Le laboratoire de contrôle aussi la qualité des eaux [4]. Le laboratoire comprend deux section (contrôle et des analyses chimiques).



**Figure I-5** : Laboratoire de raffinerie (de contrôle)

***Chapitre II : Les  
procédés de fabrication  
des huiles de base  
(Zone 07)***

## II.1- Introduction

### II.1.1- Définition

Un lubrifiant est une matière onctueuse, d'une couleur claire, soit liquide, semi plastique ou solide [5], obtenues à partir du résidu atmosphérique dans une colonne sous vide (RSV).

Les lubrifiants d'origine minérale sont un mélange d'huile de base issue de majorité des raffinerie et d'additifs destinés à ajuster leurs caractéristiques. Ceci explique l'intérêt des compagnies pétrolière pour cette activité. Si les huiles de base constituent la composante la plus importante en terme de volume (80-90%) [6]. Les additifs apportent à eux seuls près de (10-20%) de la valeur ajoutée.

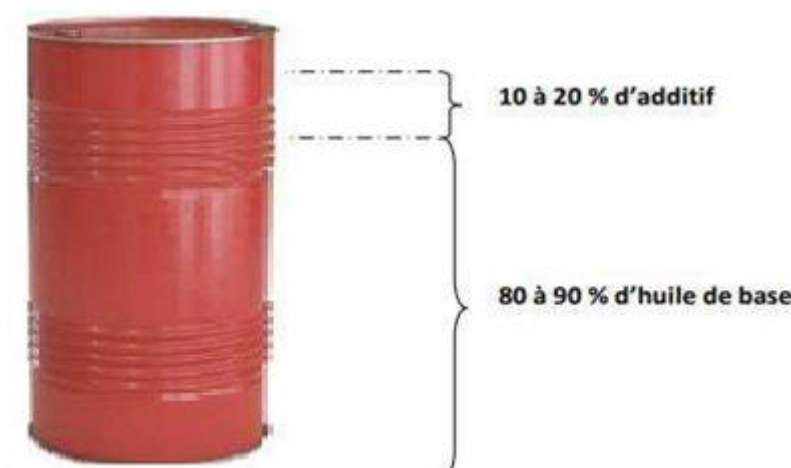


Figure II-1 : Stockage et Composition des huiles lubrifiantes

### II.1.2- Rôles des huiles lubrifiantes

La lubrification a pour but

- Refroidissement, la dispersion et la neutralisation des produits de combustion des fuels.
- Diminuer la température : La réduction de la température des machines par échange calorifique avec le milieu ambiant [7]
  - La protection contre la corrosion.
  - Diminution des bruits de moteurs.
  - Isolation électrique.
  - Diminution Les frottement entre les pièces métalliques pour la protection des surfaces métallique.
- La sécurité de fonctionnement

### **II.1.3- Les tendances des huiles**

- Les huiles répondant à trois tendances, les huiles de base sont obtenues par distillation du p Les huiles à base d'aromatique : Caractérisées par
  - Densité élevé.
  - Indice de viscosité très faible.
- Les huiles à base Naphtènes : Caractérisées par
  - Densité élevé (0,9).
  - Point d'inflammabilité bas.
  - Indice de viscosité bas.
- Les huiles à base de paraffines : Caractérisées par
  - Faible densité.
  - Température de congélation élevée.
  - Indice de viscosité voisine de 100.

### **II.1.4- Différents types des huiles lubrifiantes**

Les types des huiles lubrifiantes sont

- Huiles isolantes : Elles sont utilisées dans les transformateurs et les condensateurs [8]
- Huiles noires : Elles sont utilisées à des fins pharmaceutiques
- Huiles pour moteurs
- Huiles de coupes : Permet de lubrifier et refroidir des pièces métalliques.

### **II.1.5- Composition des huiles lubrifiants**


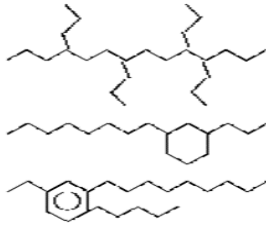
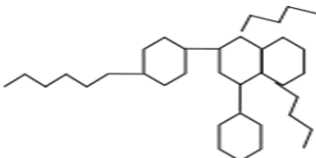
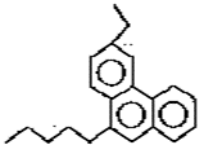
Pour conférer des propriétés spécifiques à un lubrifiant pour une application particulière, des additifs sont ajoutés à l'ingrédient principal appelé "base". Cette dernière peut être minérale (origine pétrolière) ou synthétique.

- Huiles à base minérale : Les bases utilisées actuellement sont des hydrocarbures de diverses familles issues presque exclusivement de la distillation du pétrole. Les huiles sont classées en un grand nombre de familles (ex huiles pour moteur à essence, diesel, huiles pour turbines...)
- Huiles à base synthétique : Elles sont constituées à partir de bases synthétiques de diverses sortes (esters aliphatiques, phosphoriques).

### II.1.6- Structures et les propriétés des huiles lubrifiantes

Les hydrocarbures présents dans les huiles sont : les paraffines, les naphthènes et les aromatiques. Ce sont des hydrocarbures saturés "n-paraffines" à chaîne droite ou "isoparaffines" à chaîne ramifiée. Les trois séries ont les propriétés définies dans le tableau ci-dessous

Tableau II-1 : Structures et les familles hydrocarbures des huiles de base

Famille d'hydrocarbures	Structure type
Paraffines en chaîne droite	
Paraffines ramifiées et paraffines avec peu de cycles	
Naphténiques	
Aromatiques	

### II.1.7- Caractéristique des huiles lubrifiantes

Ces huiles de base doivent avoir des caractéristiques précises, déterminées au niveau du laboratoire, et nous Peut citer :

**Viscosité :** est une propriété clé de l'huile lubrifiante et est une mesure de la fluidité de l'huile. Il existe deux mesures de viscosité couramment utilisées; cinématique et dynamique [9]. La viscosité cinématique est un écoulement dû à la gravité et La viscosité dynamique est due à l'écoulement appliqué contrainte mécanique et est utilisé pour mesurer la fluidité à basse température.

**L'indice de viscosité ou VI** : est basé sur une échelle arbitraire utilisée pour mesurer le changement de viscosité en fonction de la température. L'échelle était développée pour la première fois en 1928 et était basé sur les "meilleurs" et "pires" lubrifiants connus à l'époque [9].

**Le point d'écoulement** : est la température à laquelle le fluide cesse de couler et est presque un solide [9].

**La couleur (apparence)** : est la mesure de la couleur et du changement en présence de lumière ou de chaleur.

**Point d'éclair** : C'est la température minimale à laquelle l'huile doit être portée pour que la vapeur s'enflamme à l'approche de la flamme. Il permet d'évaluer la présence de lumière dans l'huile.

**Stabilité** : L'huile doit conserver ses propriétés d'origine le plus longtemps possible.

**Résistance à l'oxydation** : Huile en présence d'air à haute température (chambre de combustion); ne se décomposent pas par réaction avec l'oxygène, entraînant la formation de substances corrosives pour les métaux du moteur.

## **II.1.8- Généralité sur les additifs**

### **II.1.8.1- Définition**

Le lubrifiant moderne est un produit de grade technicité contenant de 15-20% en poids d'additifs divers qui permettent au moteur de fonctionner dans des conditions de plus en plus sévères [10].

Les additifs sont une série de composants chimiques qui ont la capacité d'augmenter les performances d'une huile lubrifiante. Ils sont commercialisés comme commerciaux, à base de métaux (Zn, Cu, Fe, etc.)

### **II.1.8.2- Rôle des additifs**

Les additifs incluent les rôles suivants :

- Améliorer la qualité du film lubrifiant sous condition extrême pression;
- Retarder l'oxydation;
- Formation d'émulsions huile/eau stables;
- Augmenter les propriétés d'écoulement à froid;
- Augmenter l'indice de viscosité;
- Réduire la mousse;
- Accroître la capacité perméable du métal
- Maintenir la propreté des pièces des moteurs.

### **II.1.8.3- Les types des additifs**

Les types sont

- Additifs antioxydants.
- Additifs détergents.
- Additifs dépressifs.
- Additifs antifrictions.
- Additifs anti-usures.
- -Additifs anticorrosifs.
- Additifs abaissant le point de congélation.
- Additifs anti-mousses.
- Additifs dispersants
- Additifs anticorrosifs.

## **II.2- Description du procédé**

La zone 07 (Figure II.2) est une unité de mélange et conditionnement, la zone assure la fabrication des huiles de base de type SPO, MVO, VO, RSV. Elle dispose des unités suivantes.

- Unité 21 : distillation sous vide;
- Unité 22 : désasphaltage au propane;
- Unité 23 : extraction au furfural;
- Unité 24 : déparaffinage au MEC/Toluène;
- Unité 25 : hydrofinissage

### **II.2.1- Généralité sur le choix de solvant**

Le solvant est choisi en tenant compte des critères suivants :

- La densité
- La sélectivité
- Le pouvoir solvant
- La stabilité
- La régénération
- Récupération facile
- La sécurité

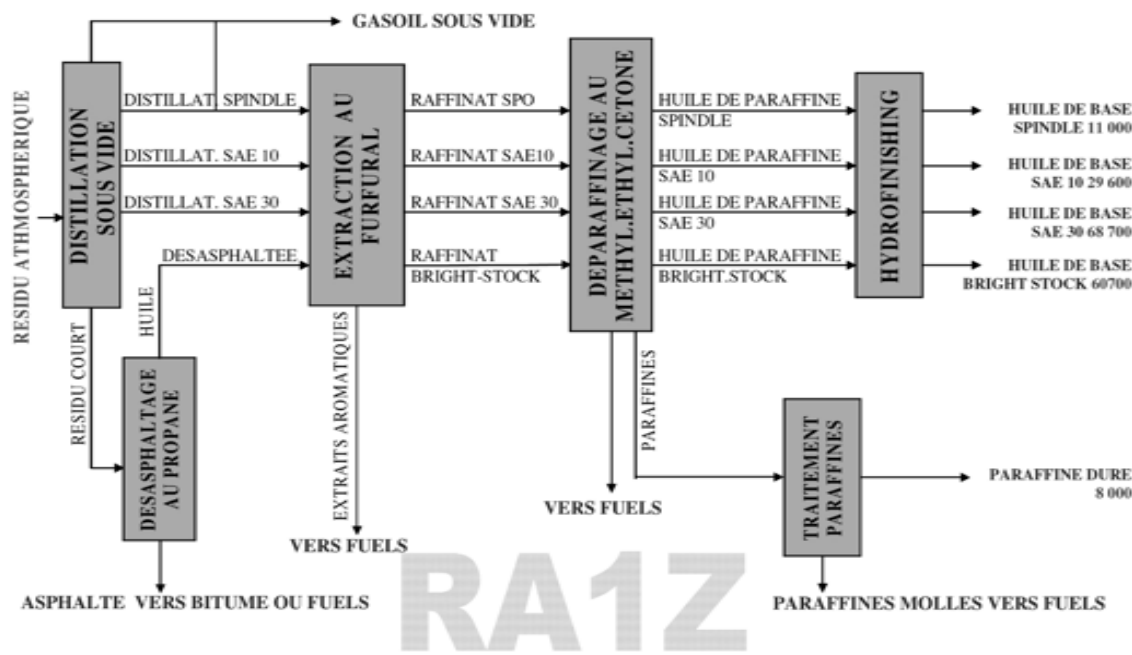


Figure II-2 : Chaîne de fabrication des huiles de base (zone 07)

### II.2.2- La distillation sous vide (U21)

L'unité de distillation sous vide (Figure II.3) a été réalisée pour obtenir divers coupes latérales (distillats) et un résidu court (RSV) à partir du brut réduit atmosphérique (BRA), l'unité est prévue pour traiter 350000 t /an de BRA, Les distillats sont : Gazole sous vide(VGO), SPO (Spindle ou huiles légère), MVO (SAE10 ou huile mi- visqueuse), VO (SAE30 ou huile visqueuse), RSV (résidu sous vide).

La colonne sous vide 21C1 est équipée de 28 plateaux (à clapets et à calottes). Les plateaux à clapets sont conçus pour le fractionnement et les plateaux à calottes sont adoptés pour le transfert de chaleur, le lavage et le stripage

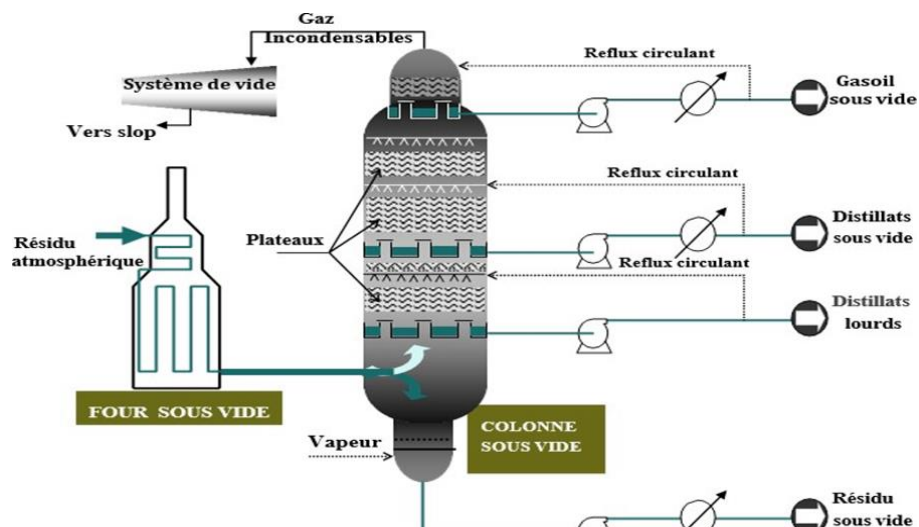


Figure II-3 : Schéma de la distillation sous vide (Unité21)

### II.2.3- Désasphaltage au propane (U22)

Le désasphaltage au propane est un procédé de traitement de résidu sous vide (RSV) provenant de l'unité de distillation sous vide U21 en vue de produire une huile désasphaltée (DAO), le contact à contre-courant entre le résidu sous vide et le solvant (Propane) se fait dans l'extracteur (contacteur) à disque rotatif (RDC).

Les éléments les plus légers contenus dans le résidu sont dissous dans le propane de préférence au asphaltènes plus lourds, on obtient ainsi une séparation de produit initial en vue mélange d'huile désasphaltée et un mélange d'asphalte. Après le propane est récupéré du mélange d'huile désasphaltée et du mélange d'asphalte par évaporation et stripage à la vapeur, le propane récupéré est recyclé vers RDC pour être réutilisé en tant que le solvant.

Le schéma suivant présente le désasphaltage au propane

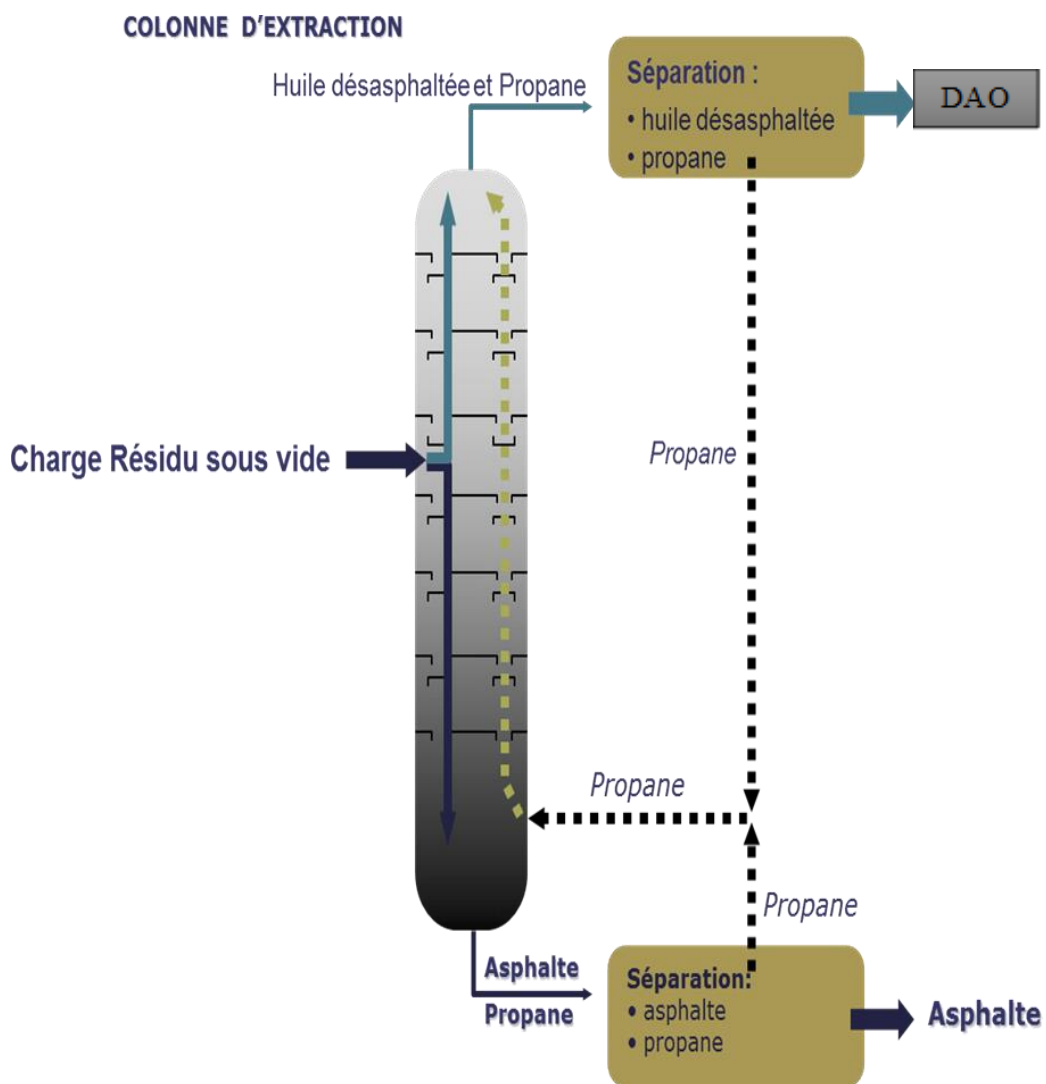


Figure II-4 : Schéma de désasphaltage au propane (U22)

### II.2.4- Extraction au furfural (Unité 23)

Cette unité est destinée à séparer les aromatiques contenues dans les distillats de l'unité de distillation sous vide (U21) et d'huile désasphaltée de l'unité 22, pour but d'améliorer l'indice de viscosité (VI).

Le furfural a été choisi comme solvant dans cette unité d'extraction vu ses avantages et sa grande utilisation à travers le monde. Cette unité traite successivement les différentes coupes d'huiles de basse (SPO, MVO, VO, BS)

L'extraction s'effectue en injectant le furfural et la charge (distillat) dans la colonne à disque rotatifs RDC. Après mélange des deux produits on obtient deux phases :

- Un mélange de raffinat en tête de la colonne
- Un mélange de raffinat en fond de la colonne

Le schéma simplifié de la colonne d'extraction au

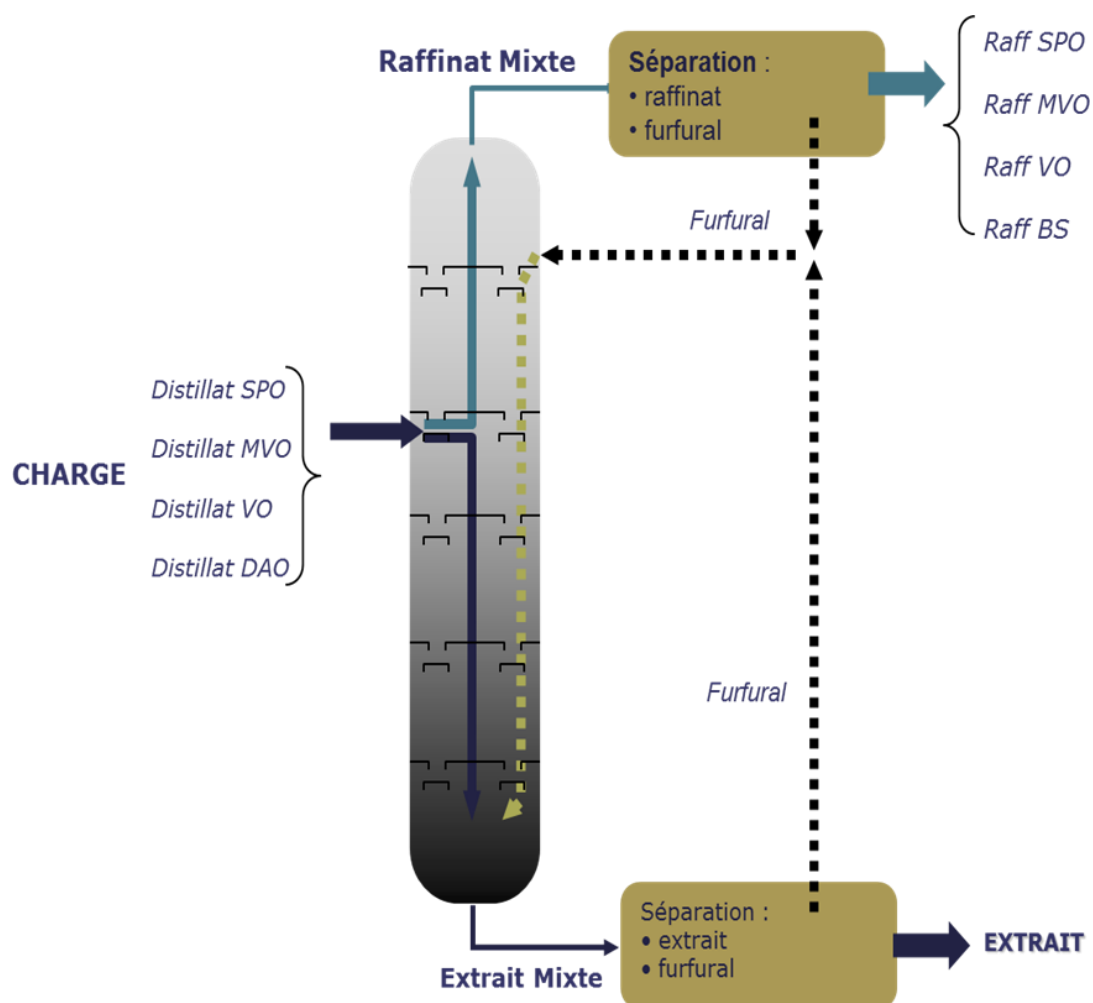


Figure II-5 : Schéma de l'extraction au furfural (U23)

### II.2.5- Déparaffinage au Méthyl-éthyl-Cétone (MEC) / Toluène

Cette unité est installée pour le traitement des quatre raffinats qui contiennent des molécules paraffiniques après leur passage à travers l'unité d'extraction des aromatiques au furfural ; donc le but est la séparation d'huile de paraffine solide par refroidissement, pour que la paraffine ne fige pas ; il faut éliminer les paraffines qui se congèlent entre la température ambiante et la température  $-12^{\circ}\text{C}$  en ajoutant un solvant (50% MEC et 50% de toluène) :

**Toluène** : à la propriété de dissoudre l'huile

**Méthyl-éthyl-cétone** : C'est un anti-solvant qui dissout moins bien les huiles et à la propriété de favoriser la cristallisation des paraffines.

Donc le rôle de déparaffinage au MEC/toluène est de produire d'une part des huiles déparaffinées à bas point d'écoulement et d'autre part des paraffines dures à basse teneur en huile ou point de fusion élevée

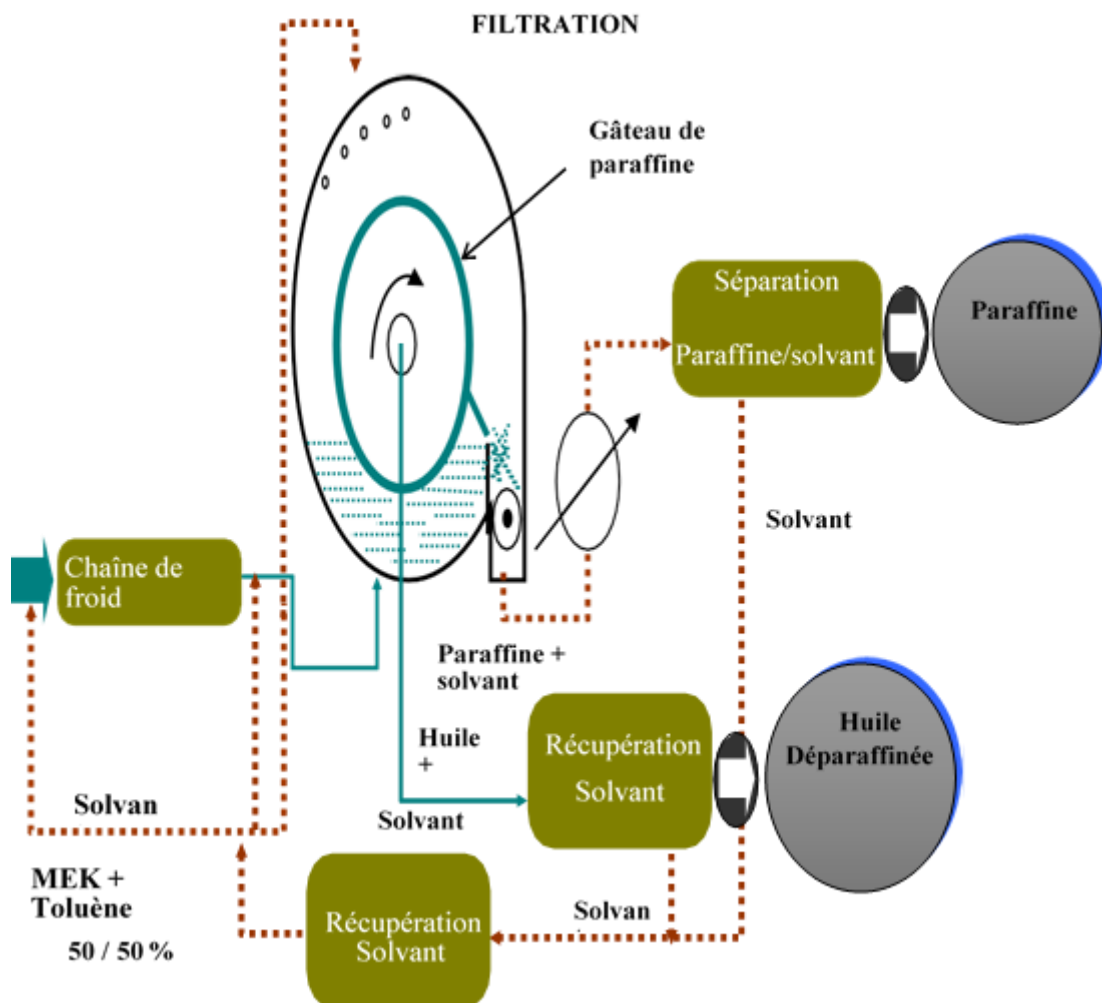


Figure II-6 : schéma de déparaffinage au MEC / Toluène

## II.2.6- Unité d'hydrofinissage (U25)

Ce procédé a pour but le traitement à l'hydrogène des huiles déparaffinées et des paraffines pour but d'améliorer la couleur, la stabilité à l'oxydation et minimiser la teneur en impuretés. En éliminant le soufre, l'azote et l'eau. Cette unité peut fonctionner isolement. Le procédé s'effectue en écoulant un mélange d'huile et de gaz riche en hydrogène à travers le lit du catalyseur du type FF 62 à une pression de 30 kg/cm<sup>2</sup>

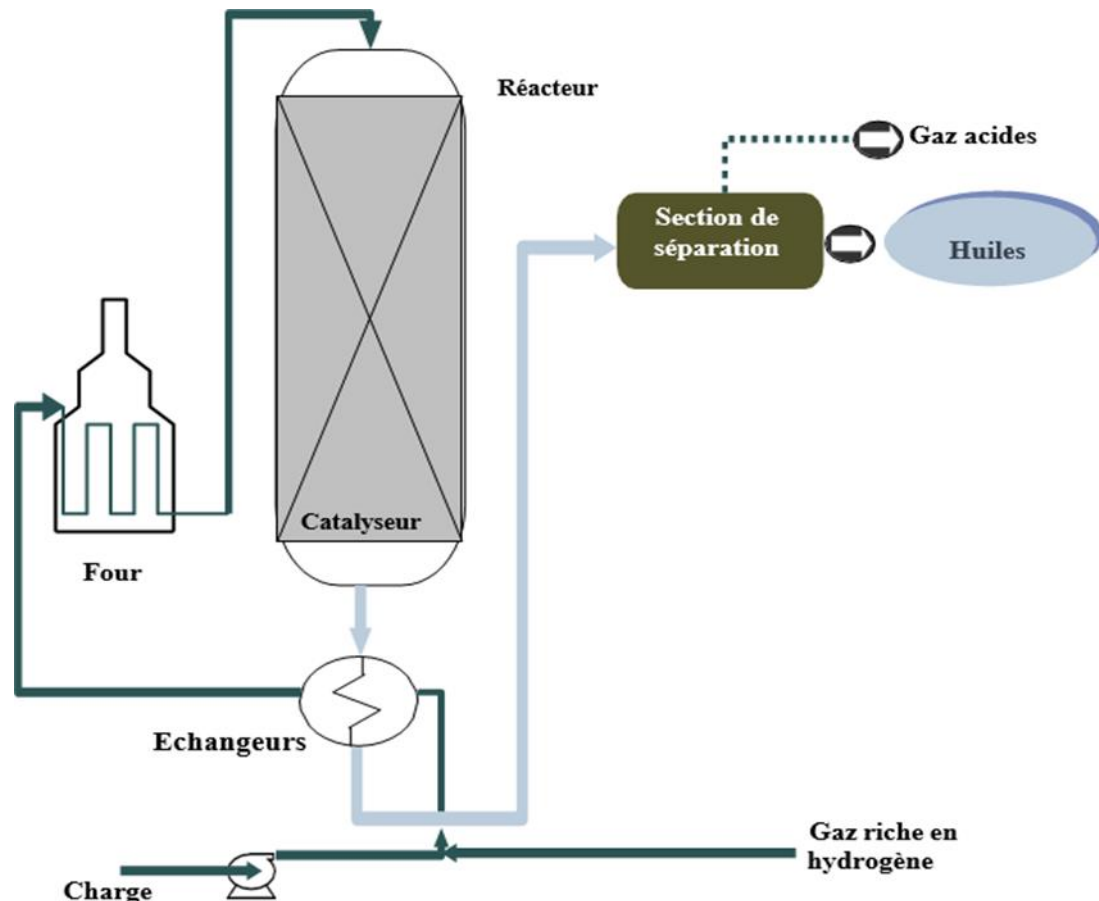


Figure II-7 : Schéma d'hydrofinissage (U25)

## II.3- Description générale de l'unité de désasphaltage au propane (unité 22)

L'unité 22 effectue le désasphaltage de l'huile et la fabrication de l'huile désasphaltée (DAO) et l'asphalte et L'huile désasphaltée est destinée à préparer la "Bright stock") alors que l'asphalte constitue la charge d'unité de production de bitume ou bien il est utilisé comme fuel. Le raffinat traité est Le résidu sous vide (RSV) issues de l'unité de la distillation sous vide (21).

### II.3.1- Rôle de l'unité de désasphaltage au propane

C'est d'extraire l'asphalte et l'obtention d'un produit principale, l'huile désasphalté au DAO.

### II.3.2- Mécanisme de désasphaltage au propane :

### II.3.2.1- La précipitation

La précipitation de l'asphalte consiste à rompre l'équilibre existant entre le milieu huileux et la phase asphaltique. Cette précipitation est conditionnée par variables suivantes : la nature du solvant, le taux de solvant et la température dans la tour d'extraction.

La section de précipitation est constituée de deux zones [11]:

- Une zone de pré-dilution
- Une zone d'entrée de charge.

### II.3.2.2- Dérésinage

Le dérésinage consiste à créer un reflux interne permettant d'améliorer la séparation entre le milieu huileux et les résines.

### II.3.2.3- La décantation

Cette opération consiste à laver l'émulsion d'asphalte par le solvant pur dans le mélange (solvant-huile).

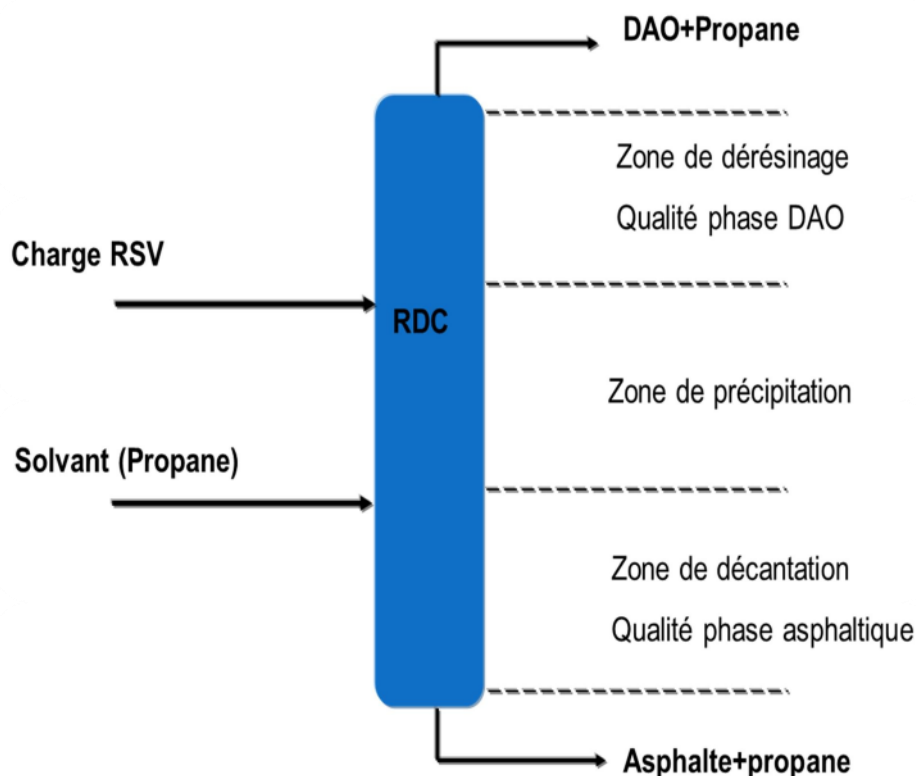


Figure II-8 : Les zones de fonctionnement de la colonne d'extraction

### II.3.3- Choix de solvant

Le propane a également une propriété intéressante pour le désasphaltege. Il dissout mieux. Propane disponible

### II.3.4- Les propriétés de la charge et les produites

Les propriétés sont :

Tableau II-2 : Les propriétés de la charge (RSV) et les produites [12]

	<b>charge</b>	<b>DAO</b>	<b>asphalte</b>
Densité à 15/4 °c	0.972	0.935	
Viscosité à 40°C	6		1.071
Viscosité à 100°C	250	38	
Point d'écoulement		46	
Couleur		6	
Point d'éclair		290	

### II.3.5- Caractéristiques de fonctionnement

#### II.3.5.1- Conditions d'extraction

Les conditions d'extraction sont :

Tableau II-3 : Condition d'extraction (Unité22) [12]

<b>Taux de solvant</b>	<b>8 (vol)</b>
Pression tête RDC	31,3 Kg/cm <sup>2</sup>
Température tête RDC	70 °c
Température de la charge	60 °c
Température du fond RDC	56 °c
Solvant dans le mélange d'huile (DAO)	93 % vol
Solvant dans le mélange d'asphalte	50 % vol

#### II.3.5.2- Conditions de fonctionnement des strippers

Les conditions de fonctionnement des strippers sont :

Tableau II-4 : Conditions de fonctionnement des strippers [12]

	<b>22C 2 (DAO)</b>	<b>22C4(Asphalte)</b>
Température de charge à l'entrée	220 °c	260° c
Pression kg/cm <sup>2</sup>	0.42	0.42
Débit vapeur de strippage kg/h	230	130
Taux de vapeur srippage kg/m <sup>3</sup>	24	36

### **II.3.6- Description de l'unité (22)**

L'alimentation du RDC (22C1) en RSV et en propane se fait à partir des bacs de stockage de RSV 20T706 / 707 à l'aide de la pompe 22G1a/b sous contrôle de la 22FRC1 d'une part, et à partir du ballon de propane 22D1 à l'aide de la pompe 22G2A/B sous contrôle de la 22FRC 3.

### **II.3.7- Circulation des produits [12]**

#### **II.3.7.1- Système DAO**

Le mélange d'huile désasphaltée et le propane s'écoule sous pression régulée (22PRC1) de la tête de 22C1 vers le 22 E4 (évaporateur à basse température) à travers l'échangeur 22 E6 où la plupart du propane liquide contenu dans le mélange est vaporisé, ensuite passe dans le 22 E5(évaporateur à haute température) dans lequel on vaporise la plus grande partie du propane restant, les dernières traces de propane sont éliminées par strippage à la vapeur dans le stripper 22 C2, l'huile récupérée du fond de 22C2 est envoyée vers stock par la pompe 22 G 3 à travers l'échangeur 22 E6.

#### **II.3.7.2- Système asphalte**

Le mélange d'asphalte provenant du bas de 22C1 passe sous régulation de débit 22FRC 16 à travers le four 22F1 où la plus grande partie du propane est vaporisée et se dirige vers la colonne de flash d'asphalte 22C3. Le mélange d'asphalte se dirige ensuite vers le stripper d'asphalte 22C5 où les dernières traces de propane sont éliminées par strippage à la vapeur. L'asphalte provenant du fond du stripper 22C4 est envoyé vers fuels ou -Zone10- à l'aide de 22G4.

#### **II.3.7.3- Système de récupération de propane sec**

Les vapeurs de propane provenant de 22 E4 ,22 E5 et de 22C3 passent à travers le condenseur 22 E2 où ils sont condensés et dirigés vers l'accumulateur 22D1.

#### **II.3.7.4- Système de récupération de propane humide**

Les mélanges de vapeur de propane et de vapeur d'eau provenant de 22C2, 22C4 passent à travers le séparateur de vapeur 22C5 où la vapeur est condensée et envoyée vers égout. Les vapeurs de propane passent par le ballon d'aspiration du compresseur 22D2 puis par le compresseur de propane 22G7.

Le propane comprimé passe à travers le ballon de décharge 22D3 et se rejoint au propane provenant des évaporateurs et des colonnes

### II.3.8- Les types de la colonnes d'extraction

Il existe plusieurs types de conceptions de tours de traitement en continu utilisées dans les usines de lubrification conventionnelles. Il s'agit notamment des tours trayées, des tours garnies et des contacteurs à disques rotatifs (Figure II.9). Les composants internes de la tour de traitement sont conçus pour favoriser le contact et la séparation des phases d'huile et de solvant [13].

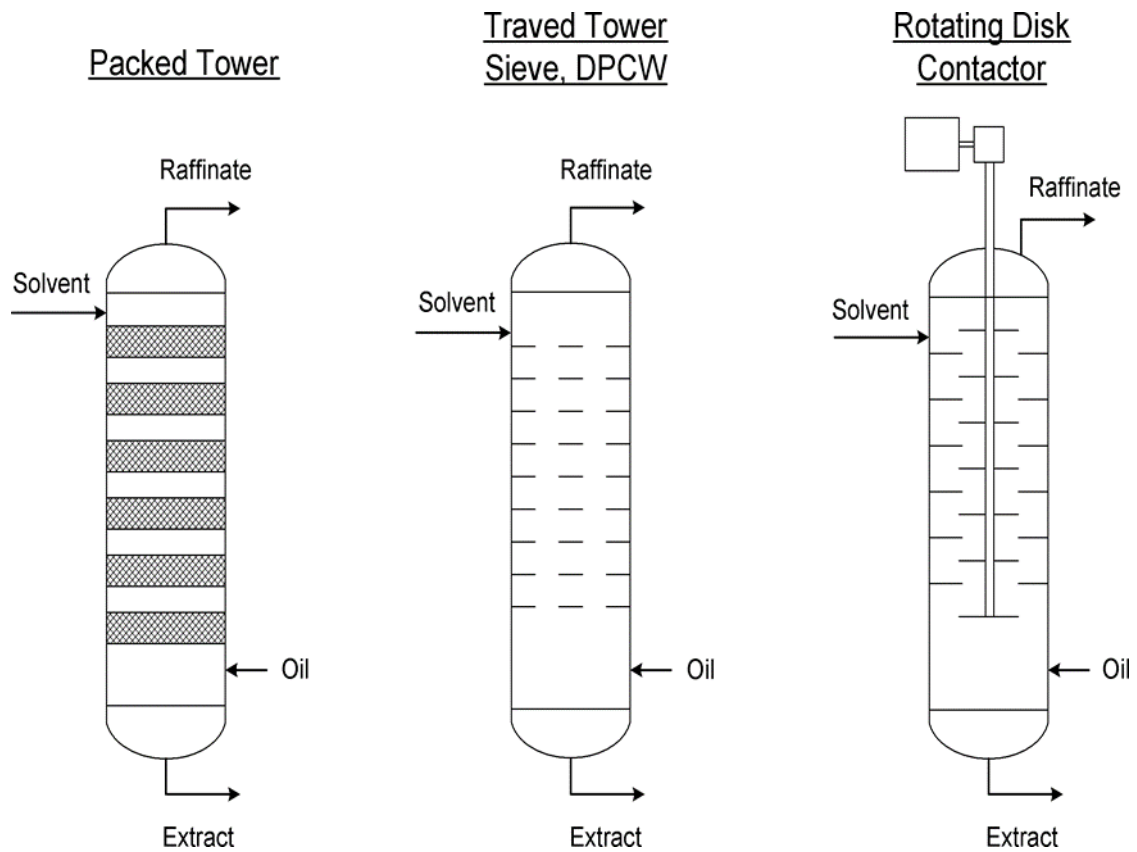


Figure II-9 : Les types de colonnes d'extraction

***Chapitre III : Les  
différentes échangeurs  
de chaleur***

### III.1- Introduction

Les procédés utilisés dans l'industrie du raffinage des produits pétroliers nécessitent souvent un chauffage ou un refroidissement du fluide traité lors de diverses opérations effectuées sur le fluide traité, qu'un changement de phase se produise ou non. La chaleur perdue en œuvre représente une importante dépense d'énergie ou dans certains cas un gisement d'énergie, dont il est nécessaire de récupérer la plus grande quantité possible au profit des fluides de procédés à utiliser. De ce fait les échangeurs de chaleur constituent des équipements importants et omniprésents dans toute unité de raffinage [14].

En effet, Le choix d'un échangeur de chaleur, pour une application donnée, dépend de nombreux paramètres : domaine de température et de pression des fluides, propriétés physiques et agressivité de ces fluides, maintenance et encombrement.

### III.2- Les échangeurs de chaleur

#### III.2.1- Définition

Un échangeur de chaleur, est un appareil destiné à transmettre la chaleur d'un fluide à un autre. Dans les échangeurs les plus courants, les deux fluides sont séparés par une paroi à travers de laquelle les échanges se font par conduction, la transmission de chaleur fluide-paroi relevant essentiellement de la convection

#### III.2.2- Les modes de transfert de chaleur

##### III.2.2.1- Conduction

Selon la loi de Fourier 1822, le transfert de chaleur par conduction s'effectue lorsqu'il y a une différence de température en deux points du système considéré. Au sein d'un corps homogène en composition (solide), la propagation de la chaleur par conduction s'effectue selon la mobilité des électrons plus ou moins libres selon la nature des liaisons mises en jeu (métalliques, covalentes, ioniques, Van der Waals ...) entre les atomes ou les molécules.

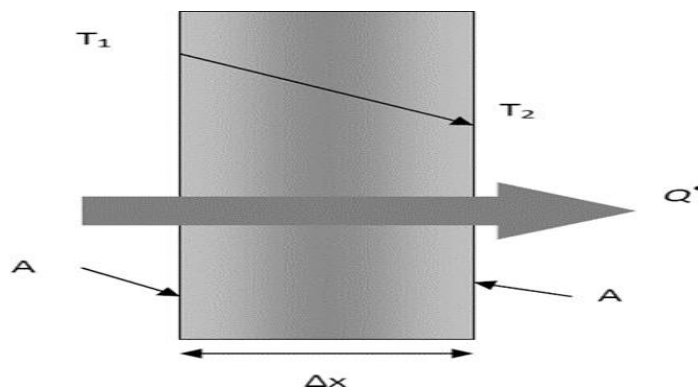


Figure III-1 : Transfert thermique par conduction

### III.2.2.2- Convection

Selon Newton, La convection définit le transfert de chaleur dans un fluide (gaz ou liquide) dont les molécules sont en mouvement ; elle est donc étroitement liée à l'écoulement des fluides.

Deux types de convection sont généralement distingués [15] :

- La convection naturelle : dans laquelle le mouvement résulte de la variation de la masse volumique du fluide avec la température
- La convection forcée : dans laquelle le mouvement est provoqué par un procédé mécanique indépendant des phénomènes thermiques

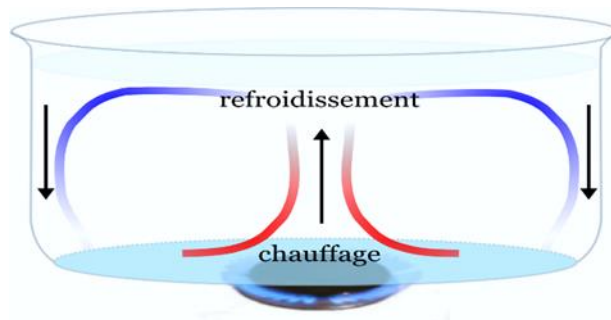


Figure III-2 : Transfert thermique par convection

### III.2.2.3- Rayonnement

Le transfert de chaleur radiatif est un mode de transfert de chaleur qui se produit à travers le vide de l'espace ou un milieu transparent (tel que l'air ou l'eau) sans contact physique entre les objets. Ou c'est l'émission par un corps d'ondes électromagnétiques qui sont les vecteurs de ce transfert de chaleur. Les ondes sont émises dans toutes les directions et appartiennent au domaine de l'infra-rouge et du visible. Aucun support matériel n'est nécessaire pour leur propagation [15].

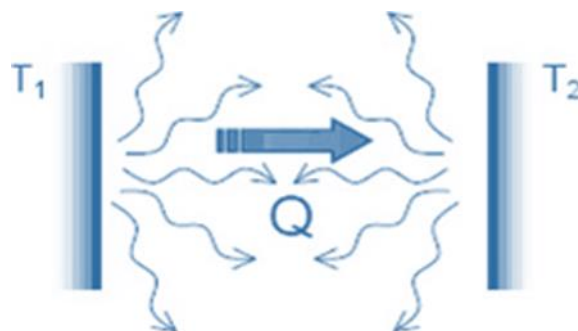


Figure III-3 : Transfert thermique par rayonnement

### III.2.3- Les fonctions des échangeurs de chaleur

Les échangeurs de chaleur peuvent avoir à assurer des fonctions différentes, on peut donner

- Fonction réfrigération
- Fonction chauffage
- Fonction vaporisation [14]
- Fonction condensation.

### III.2.3.1- Fonction réfrigération

**Réfrigérants** : ils refroidissent un liquide ou un gaz par circulation d'un fluide auxiliaire qui peut être un fluide de procédé ou de l'eau.

**Réfrigérants intermédiaires** : Associés au fonctionnement de compresseur pour la réfrigération des gaz comprimés.

**Réfrigérants finals** : réfrigérants qui terminent la réfrigération d'un produit et assure les conditions de sécurité.

**Aéroréfrigérants** : Ils utilisent l'air en tant que fluide réfrigérant

**Chillers** : Ils refroidissent le fluide de processus par évaporation du fluide frigorigène.

### III.2.3.2- Fonction chauffage

**Préchauffeur** : Il préchauffe le fluide de procédé avec de la vapeur d'eau ou un autre fluide de procédé chaud, qui continue généralement à chauffer dans un four en aval.

**Réchauffeur** : Il chauffe également le fluide du procédé.

**Surchauffeur** : Il élève la température d'un gaz ou d'une vapeur au-dessus de sa température de condensation

**Economiseur** : Indique les serpentins qui permettent le préchauffage de l'eau d'alimentation de chaudière.

### III.2.3.3- Fonction condensation

**Condenseur** : il assure une condensation totale ou partielle de la vapeur par circulation d'eau ou Le fluide de procédé est suffisamment froid.

**Aérocondenseur** : il remplit la même fonction en utilisant l'air comme fluide de refroidissement.

**Subcooler** : il assure la condensation de la vapeur et le refroidissement du condenseur, généralement dû à la circulation de l'eau.

### III.2.3.4- Fonction vaporisation

**Vaporiseur** : il assure une vaporisation totale ou partielle du fluide de procédé, l'apport de chaleur étant généré par de la vapeur ou du liquide chaud, qui peut se présenter sous forme condensée.

**Rebouilleur :** il évapore partiellement les produits de queue de la colonne de distillation pour les renvoyer au processus de fractionnement.

**Générateur de vapeur :** il produit de la vapeur en récupérant la chaleur existante contenus dans les fluides de procédé, les fumées ou par la combustion de gaz.

### III.2.4- Principe d'opération (Fonctionnement)

Le principe général d'un échangeur thermique consiste à faire circuler deux fluides à travers des canalisations qui les mettent souvent en contact thermique, les deux fluides sont mis en contact thermique à travers une paroi, généralement métallique, qui favorise l'échange thermique. Fluide caloporteur pour fluide froid.

### III.2.5- Modes de circulation

Il existe trois modes

#### III.2.5.1- Échangeur à co-courant

Le fluide qui s'écoule dans la région annulaire est séparé de celui qui s'écoule sur l'axe par la paroi du tube central [16]. Les fluides s'écoulent dans le même sens, on dit à co-courant

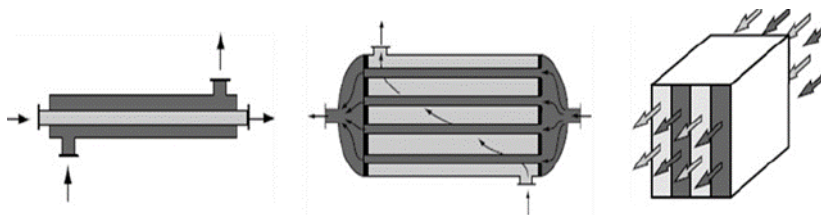


Figure III-4 : Circulation à co-courant [14]

#### III.2.5.2- Echangeur à contre-courant

Les fluides s'écoulent parallèlement dans les sens contraires, on dit à contre-courant

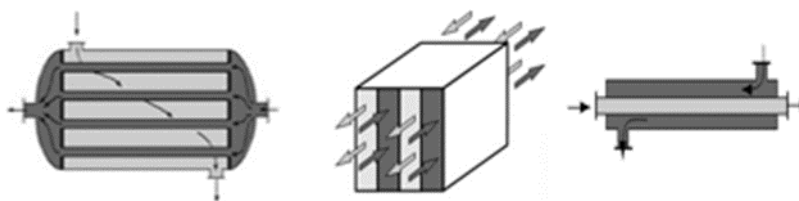


Figure III-5 : Circulation à contre-courant [14]

### III.2.5.3- Echangeur à courant croisé

L'écoulement de 2 fluides se fait dans 2 directions perpendiculaires. La réalisation peut se faire :

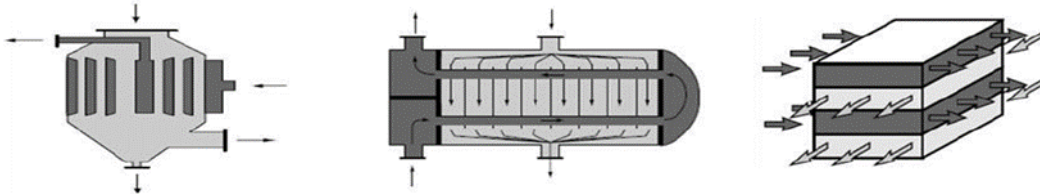


Figure III-6 : Circulation à courant croisé [14]

### III.2.6- Les types des échangeurs

Les types des échangeurs de chaleur sont

#### III.2.6.1- Échangeurs à tubes (monotubes, coaxiaux et multitubulaires)

On peut distinguer trois catégories suivant le nombre de tubes et leur arrangement

- **Monotube** : est placé à l'intérieur du réservoir se forme serpentín (Figure III.7 a).
- **Multitubulaire** : il comprend quatre forme (Échangeur à tubes séparés (Figure III.7 c), Échangeur à tubes rapprochés (Figure III.7 d), Échangeur à tubes ailettes (Figure III.7 e) et Échangeur à tubes et calandre (Figure III.7 f).
- Coaxial : le fluide chaud ou le fluide à haute pression s'écoule dans le tube intérieur (Figure III.7 b).

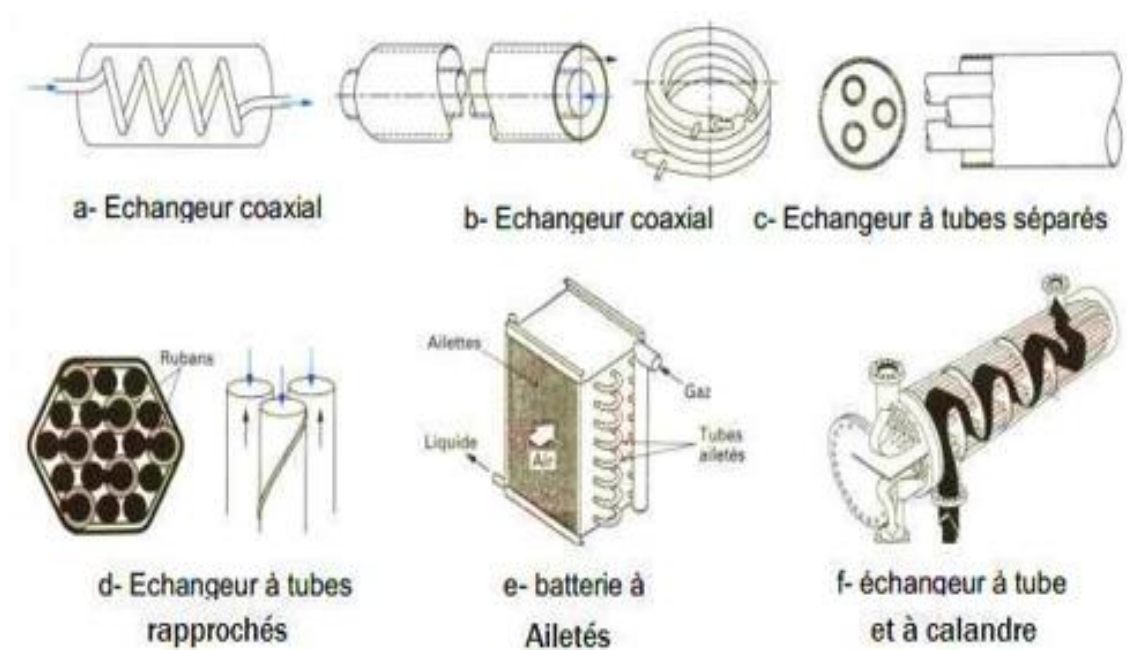


Figure III-7 : Les échangeurs tubulaires

### III.2.6.2- Echangeurs à plaques

Echangeurs à plaques (Figure III.8) sont constitués d'un empilement de plaques rainurées entre lesquelles circulent alternativement l'un ou l'autre liquide

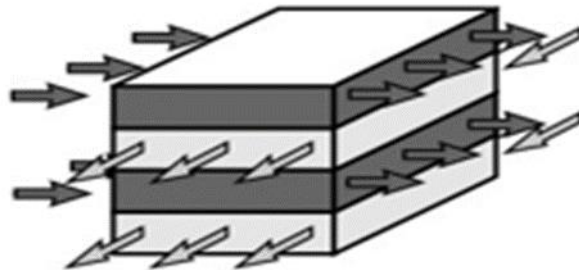


Figure III-8 : Echangeur à plaques [14]

Les fluides froids et chauds alternent d'une voie à l'autre, et en général, la répartition des fluides entre voies se fait en schémas U (Figure III.9), Z (Figure III.10) ou multivoies

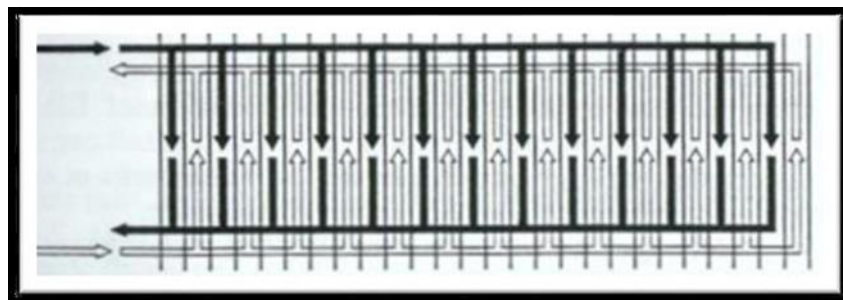


Figure III-9 : Echangeur à plaques en U

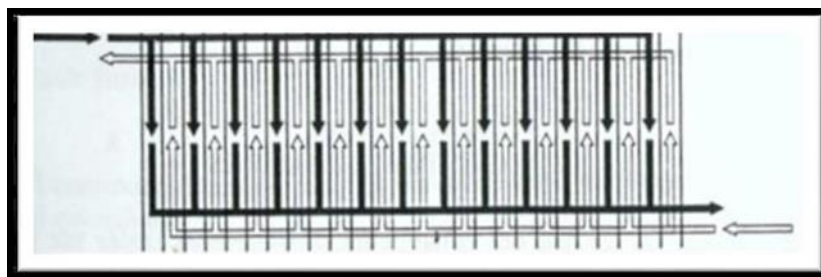


Figure III-10 : Echangeur à plaques en Z

## III.3- Les aéroréfrigérants

### III.3.1- Définition

Un aéroréfrigérant (Figure III.11) est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique du fluide interne vers l'air extérieur [17]

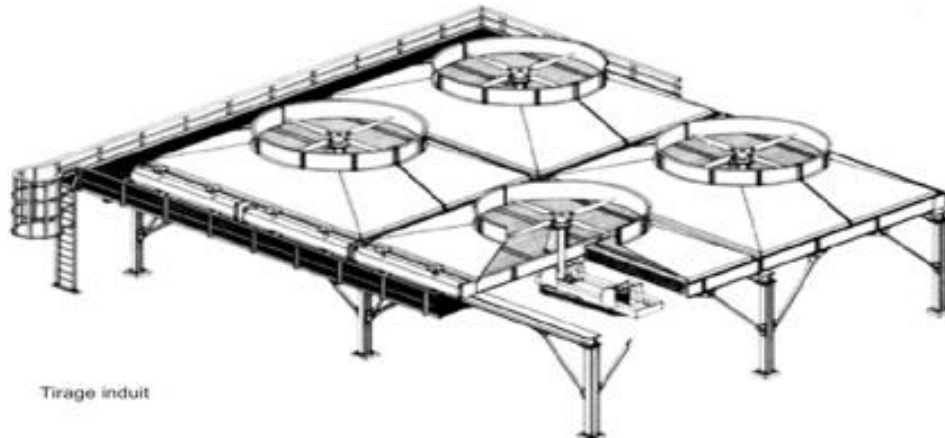


Figure III-11 : Schéma d'un aérateur

### III.3.2- Principe de fonctionnement d'un aérateur

L'aérateur (Figure III.12), est composé d'une surface d'échange et d'un moyen de ventilation. Le fluide à refroidir passant dans des tubes et l'air extérieur passant autour des tubes qui sont munis d'ailettes pour augmenter le coefficient d'échange thermique.

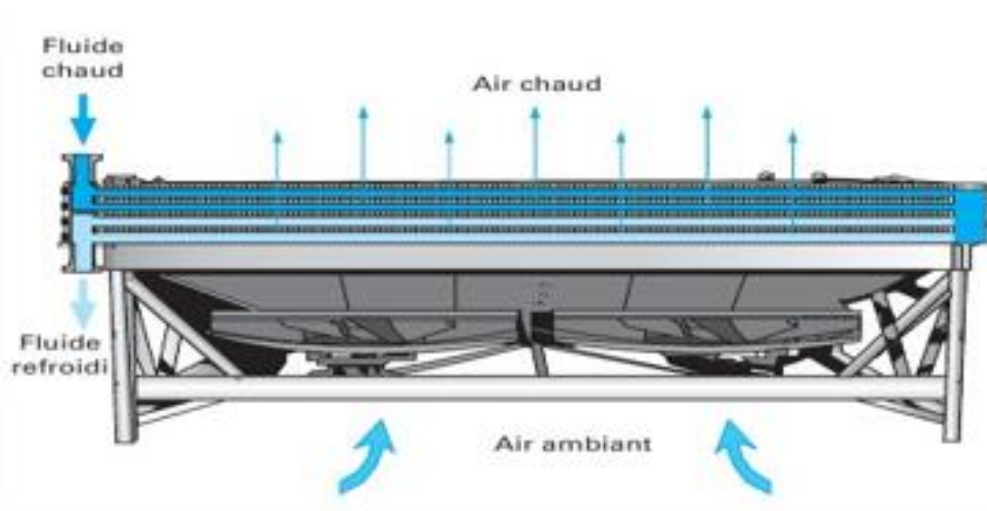


Figure III-12 : Principe de fonctionnement d'un aérateur

A l'intérieur des tubes ailetés circule le produit en condensation, ou en réfrigération. Le faisceau aboutit à des boîtes de distribution ou collecteurs, qui répartissent le débit en une ou plusieurs passes. Ces boîtes de distribution peuvent être à couvercle démontable ou soudé.

Dans ce dernier cas, un bouchon fileté se trouve dans l'axe de chaque tube ce qui permet de le nettoyer, ou de le condamner. Des ventilateurs produisent la circulation de l'air à travers le faisceau. Dans tous les cas, l'air circule de bas en haut et selon la disposition du ventilateur par rapport au faisceau de tubes, on distingue.

- Les appareils à tirage naturelle (libre) (figure III.13): le ventilateur est au-dessus du faisceau

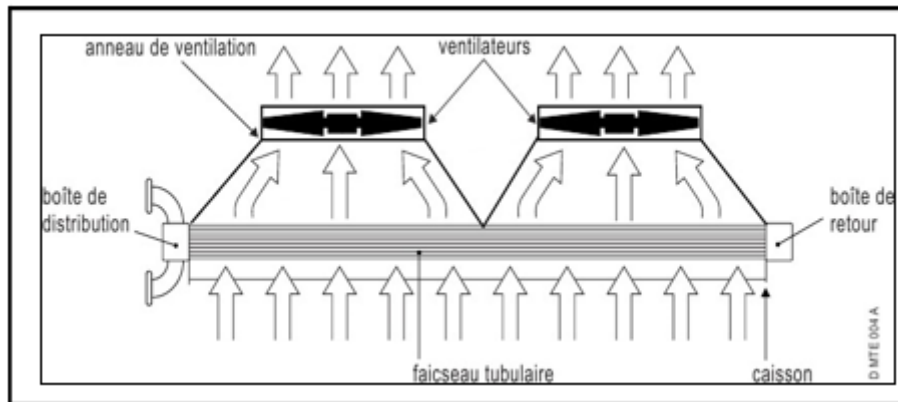


Figure III-13 : La convection naturelle d'un aéroréfrigérant

- Les appareils à tirage forcé (figure III.14): le ventilateur est sous le faisceau.

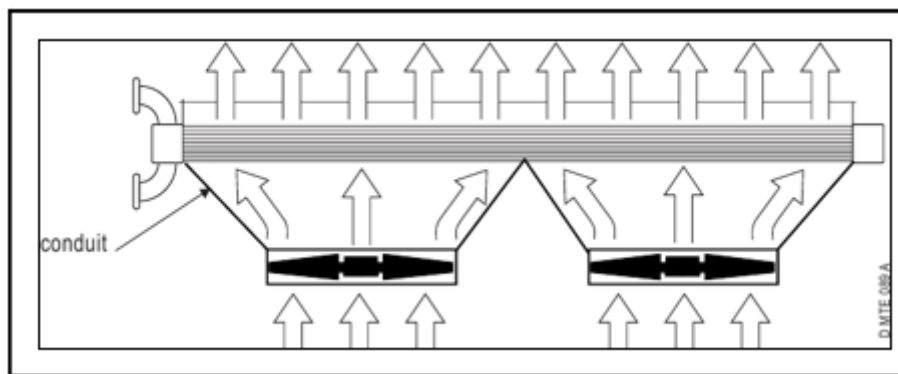


Figure III-14 : La convection forcée d'un aéroréfrigérant

### III.3.3- Les tubes d'un aéroréfrigérant

Les tubes ont généralement un diamètre extérieur de 25,4 mm à 50,8 mm et peuvent atteindre jusqu'à 20 m de longueur. Leur épaisseur est calculée en fonction des contraintes de corrosion, de la tenue mécanique à la pression et de la tenue à la température propres à l'application du client.

De nombreux types de surfaces peuvent être utilisés dans la conception des échangeurs parmi lesquels (Figure III.16)

- Les tubes elliptiques à ailettes rectangulaires ou elliptiques;
- Les tubes cylindriques à ailettes rectangulaires;
- Les tubes cylindriques à ailettes spiralées enroulées;
- Les tubes cylindriques à ailettes encastrées ou extrudées

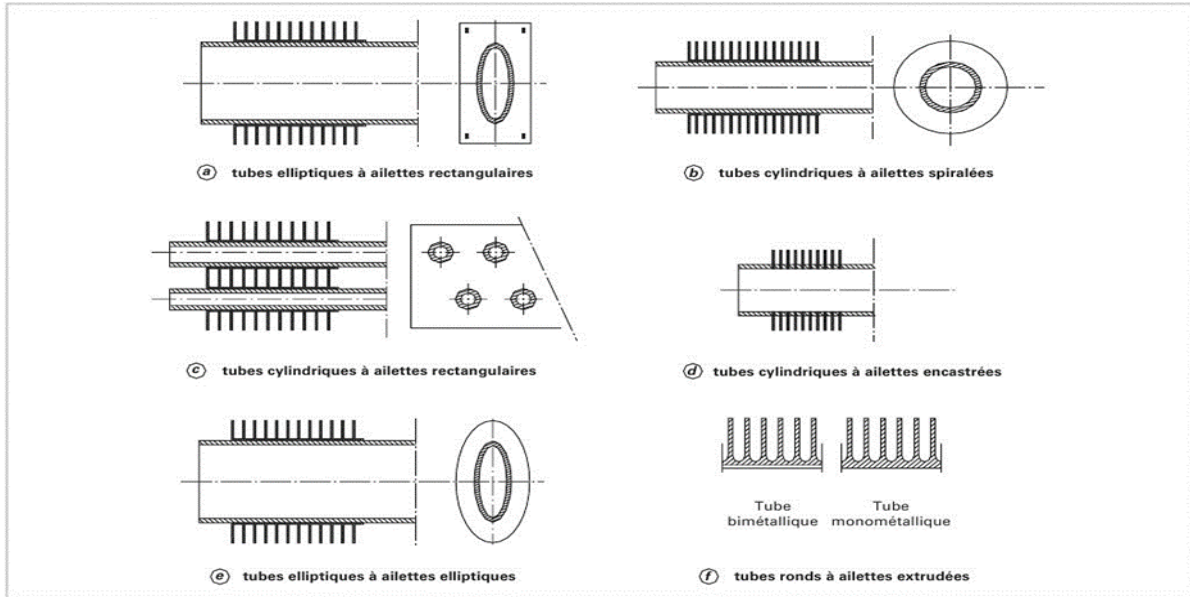


Figure III-15 : Les tubes d'un aérorefrigérant

### III.3.4- Les faisceaux d'un aérorefrigérant

Les faisceaux sont le cœur de tout ensemble de l'aérorefrigérant (Figure III.15), elle comprend essentiellement

- Des tubes ailetés d'échange
- Des collecteurs avec tubulures
- Un châssis constitué de deux longerons et des traverses internes

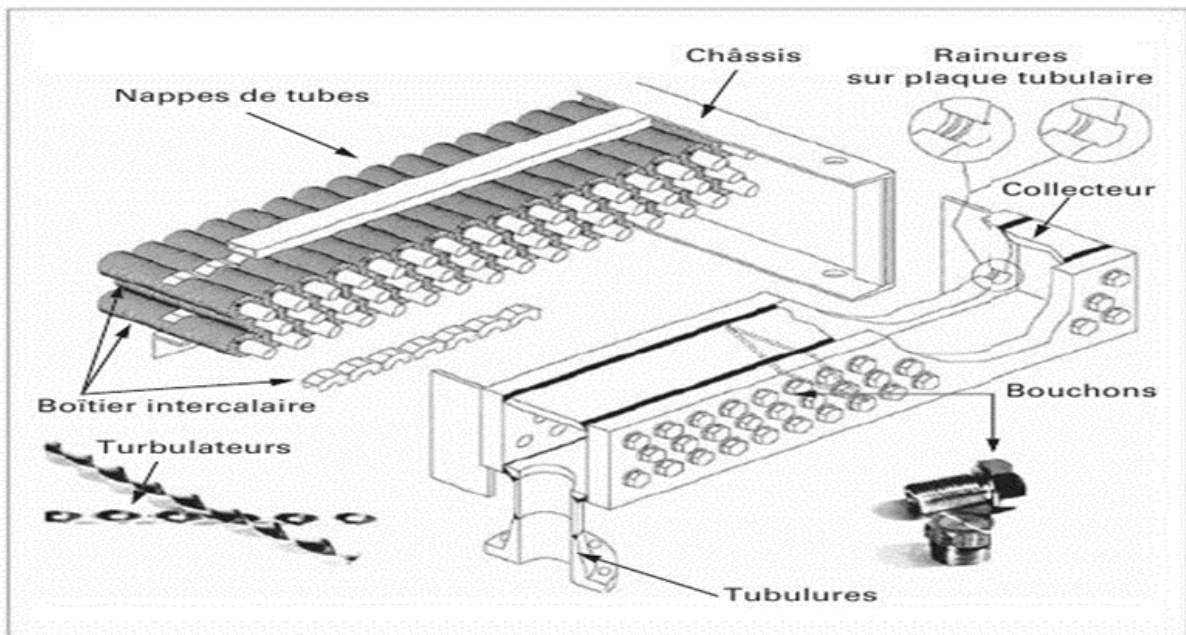


Figure III-16 : Les faisceaux d'un aérorefrigérant

### III.3.5- Les avantages et comparaison technologiques des aéroréfrigérant

Comparaison et les avantages de deux appareils sont résumés dans le (tableau III.1) ci-dessous :

Tableau III-1 : Comparaison et avantages et tirages induites et forcée

Convection naturelle	Convection forcée
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réserve des problèmes de sécurité</li> <li>– Bonne protection du faisceau</li> <li>– Moins de risques de recirculation d'air (vitesse de sortie de l'air plus grande)</li> <li>– Bonne distribution de l'air</li> <li>– Bon tirage naturel par effet de cheminée quand les ventilateurs sont arrêtés (conserve 30 à 40 % de son efficacité)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Puissance consommée plus faible</li> <li>– Bonne accessibilité du faisceau</li> <li>– Possibilité d'intervention sur un ventilateur hors arrêt</li> <li>– Pas d'axe traversant le faisceau</li> <li>– Moins de vibrations</li> <li>– Maintenance plus facile</li> <li>– Bonne disposition de l'ensemble moto-ventilateur qui travaille dans l'air froid</li> </ul>

### III.3.6- Avantages et désavantages des aéroréfrigérant par rapport au refroidissement à l'air

#### III.3.6.1- Avantages du refroidissement à l'air

- L'emplacement de l'aéroréfrigérants n'est pas conditionné
- Les frais d'entretien sont faibles (20 à 30%) par rapport au refroidissement à l'eau
- Grande pureté de l'air tout au long de l'année
- Pas de calcaire, de sel ou de dépôts, pas de formation de substances organiques
- Peu corrosif et peu de problèmes de nettoyage
- Peu d'impact sur l'environnement
- Il est facile de localiser d'éventuelles fuites

#### III.3.6.2- Désavantages du refroidissement à l'air

- L'air est mauvais convecteur, il nécessite par conséquent de munir les tubes d'ailettes.
- L'air ne peut refroidir à des températures basses en raison de sa faible capacité calorifique

*Chapitre IV : L'impact  
du changement de la  
température sur la  
condensation de  
propane*

## **IV.1- Introduction**

Refroidisseur d'air ou les aéroréfrigérants utilisées pour condenser le propane récupéré de deux solutions (DAO/C3 et bitume/C3) ont été dimensionnées par le fabricant pour une température ambiante de 27°C. Cette dernière atteint des valeurs nettement plus élevées en été, Peut atteindre plus de 40 °C

Durant cette période, lorsque les températures sont plus élevées, les capacités de condensation de la batterie du refroidisseur d'air sont limitées et la pression dans le réservoir 22D1 de propane augmente considérablement. En dépassant la pression de réglage de la vanne.

Evacuation Le transfert de propane de ce réservoir vers le réseau de gaz devient inévitable. La condensation du propane au niveau de la batterie du refroidisseur d'air est fonction de plusieurs facteurs et Paramètres, à savoir (Débit de propane à condenser, Conditions de température et de pression et Température de l'air ambiant).

Et à partir de là, nous chercherons une solution qui permettra de faire fonctionner l'unité à sa capacité maximale sans pour cela avoir des problèmes d'exploitation.

### **IV.1.1- Données de calcul**

#### **IV.1.1.1- Les caractéristiques des tubes et ailettes de l'aéroréfrigérant**

Les dimensionnements des tubes et des ailettes d'aéroréfrigérants (E2)

**Tableau IV-1:** Caractéristiques géométrique des tubes, (Annexes 1,2,3 et 4)

<b>DIMENSIONS DES TUBES</b>	
Diamètre extérieur ( $d_o$ ), m	0,0254
Diamètre intérieur ( $d_i$ ), m	0,021184
Epaisseur ( $e$ ), m	0,002108
Conductibilité thermique, kcal/mh <sup>0</sup> C	45
Longueur ( $L$ ), m	9,144
Largeur de la cellule ( $I$ ), m	4,88
Surface facile ( $F_A$ ), m <sup>2</sup>	89,25
Nombre de rangées ( $N_r$ )	4
Nombre de tubes total ( $N_t$ )	560
Nombre de passes ( $N_p$ )	4
Nombre de faisceaux	4

**Tableau IV-2 : Caractéristique géométrique des ailettes**

<b>DIMENSIONS DES AILETTES</b>	
Diamètre extérieur ( $D_f$ ), mm	57,2
Epaisseur ( $t$ ), mm	0,406
Hauteur ( $l$ ), mm	15,9
Espacement ( $s$ ), mm	1,9
Rapport, $A_t / A_0$	23

- La surface étendue sur la surface des tubes nus.  $A_t/A_0 = 9400/408.61 = 23$

#### **IV.1.1.2- Les paramètre de fonctionnement**

Les paramètres de fonctionnement d'aéroréfrigérants (E2) côté propane et côté sont dans le tableau IV.3

**Tableau IV-3 : Donnes procédés du propane et l' air (Annexe 2)**

<b>Caractéristiques</b>	<b> Tubes</b>	<b>Faisceaux</b>
fluide	Propane	L'air
Débit (m), Kg/h	$57,09 * 10^3$	-
Température d'entrée (T1), °C	94	27
Température de sortie (T2), °C	57	-
Pression d'entrée, bars	22	-
Températures de condensation, °C	60	-
coefficient de salissure ( $r$ ), $m^2h^\circ C/kcal$	0,0002	0,0004
Vitesse faciale ( $V_f$ ), m/s	-	3,02

### IV.1.1.3- Les caractéristiques physiques des deux fluides

Les caractéristiques physiques des deux fluides sont représentées sur le tableau IV.4

Tableau IV-4 : Caractéristique physique de propane et l'air (Annexe 2)

Désignation	Coté tube		Coté air
	propane Vapeur	Propane Liquide	
Poids moléculaire; kg/kmol	41,1	41,1	-
Poids spécifique; kg/m <sup>3</sup>	32	435	1,2
Chaleur latente de condensation à 60°C ; kcal/kg	63		-
Chaleur spécifique; kcal/ kg °C	0,73	0,77	0,24
Conductibilité thermique; kcal/ m.h.°C	0,02	0,115	0,023
Viscosité ; 10 <sup>2</sup> cp	1,3	7,4	1,85
Viscosité du C3 vapeur à 60°C; 10 <sup>2</sup> cp	0,93	-	-
Viscosité du C3 liquide à 60°C; 10 <sup>2</sup> cp	-	6,7	-
Enthalpie à T1 ; kcal/kg	121,5	-	-
Enthalpie à T2 ; kcal/kg	-	37	-
Enthalpie du C3 vapeur à 60°C; kcal/kg	103	-	-
Enthalpie du C3 liquide à 60°C	-	40	-

## IV.2- Les calculs des aéroréfrigérant

### IV.2.1- Calcul de la surface d'échange installé

- Par rapport au diamètre extérieur

$$A_0 = \pi * d_0 * L * N_t$$

IV-1

A<sub>0</sub> : La surface d'échange du design

Tableau IV-5: Les vitesses d'air en fonction des nombre de rangées

Nombre de rangées	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vitesse faciale V <sub>f</sub> (m/s)	3,02	3,02	2,87	2,75	2,58	2,48	2,36	2,26	2,16	2,16

La batterie d'aéroréfrigérants E2 comporte 4 rangées de tubes ( $N_r=4$ ).

Donc la vitesse faciale est :  $V_f = 3.02 \text{ m/s}$

Donc :

$$A_0 = 3,14 \times 0,0254 \times 9,144 \times 560$$

$$A_0 = 408,6 \text{ m}^2$$

#### **IV.2.2- Interface faciale installée**

$$F_A = L \times \text{Langeur de cellule} \times \text{nombre de cellule} \quad \text{IV-2}$$

Donc :

$$F_A = 9,144 \times (4,88 \times 2)$$

$$F_A = 89,25 \text{ m}^2$$

#### **IV.2.3- Quantité de chaleur échangé (Q)**

- Bilan thermique (Propane) avec  $Q_{c3}$  : Quantité de chaleur de propane

$$Q_{c3} = M \times (H_{T_1} - H_{T_2}) \quad \text{IV-3}$$

- Bilan thermique (air) avec  $Q_a$  : Quantité de chaleur de l'eau

$$Q_a = M_a \times c_a \times (t_2 - t_1) \quad \text{IV-4}$$

Avec :

Q : Quantité de chaleur échangée, Kcal/h

M : Débit de propane, Kg/h

$M_a$  : Débit massique d'air, Kg/h

$H_{T_1}$  : Enthalpie du propane à  $T_1$ , Kcal/Kg

$H_{T_2}$  : Enthalpie du propane à  $T_2$ , Kcal/Kg

$C_a$  : Chaleur spécifique de l'air, Kcal/Kg °C

$t_1, t_2$  : Températures d'entrée et de sortie de l'air

$T_1, T_2$  : Températures d'entrée et de sortie du propane

Donc :

$$Q_{c3} = 57,09 \times 10^3 \times (121,5 - 37)$$

$$Q_{c3} = 4,82 \times 10^6 \text{ Kcal/h}$$

Avec  $Q_{c3} = Q_a$

#### **IV.2.4- Température de l'air à la sortie ( $t_2$ )**

$$Q = V_F \times 1038 \times F_A \times (t_2 - t_1) \quad \text{IV-5}$$

$$t_2 = \frac{Q}{V_f \times 1038 \times F_A} + t_1$$

Avec

$F_A$  : Surface faciale, m<sup>2</sup>

$V_f$  : Vitesse faciale de l'air, m/s

$$t_2 = \frac{4,82 \times 10^6}{3,02 \times 1,038 \times 89,25} + 27$$

$$t_2 = 44,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### IV.2.5- Débit massique d'air (Ma)

$$M_a = \frac{Q}{(t_2 - t_1) \times c_a} \quad \text{IV-6}$$

$$M_a = \frac{4,82 \times 10^6}{(44,22 - 27) \times 0,24}$$

$$M_a = 1,166 \times 10^6 \text{ kg/h}$$

#### IV.2.6- Coefficient de transfert de chaleur coté air, (ha)

Est donner par la relation suivant

$$N_{u} = 0,134 \times R_e^{0,681} \times P_r^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \times \left(\frac{S}{t}\right)^{0,1134} \times \frac{A_t}{A_0} \quad \text{IV-7}$$

Avec :

$A_t$  : Surface totale des tubes y compris les ailettes, m<sup>2</sup>

$A_0$  : Surface totale des tubes nus, m<sup>2</sup>

$$A_t/A_0 = 9400 \text{ } 408,61 = 23$$

$S$  : Espacement entre ailettes, mm

$l$  : Hauteur de l'ailette, mm

$t$  : épaisseur de l'ailette en mm

– Nombre de Reynolds

$$R_e = \frac{d_0 \times G_m}{\mu_a} \quad \text{IV-8}$$

– Nombre de Prandtl

$$P_r = \frac{\mu_a \times c_a}{\lambda_a} \quad \text{IV-9}$$

– Vitesse massique

$$G_m = \frac{Ma}{F_A} \times \frac{V_m}{V_F} \quad \text{IV-10}$$

On suppose que  $V_m/V_f=2$  tel que  $V_m$  : volume mère et  $V_f$  : volume fille

– Le coefficient de transfert de chaleur d'air

$$h_a = \frac{\lambda_a \times \mu_a}{d_0} \quad \text{IV-11}$$

#### IV.2.7- Calcul les coefficients de transfert coté air ha

- La vitesse massique

$$G_m = \frac{1,166 \times 10^6}{89,25} \times 2$$

Donc

$$G_m = 2,61 \times 10^4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * \text{h}} = 7,26 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * \text{s}}$$

- Nombre de Reynolds

$$R_e = \frac{0,0254 \times 7,26}{(1,85 \times 10^{-2}) \times 10^{-3}}$$

On à  $1\text{cp} = 10^{-3} \text{kg/m*s}$

$$R_e = 9967,78$$

- Nombre de Prandtl

$$Pr = \frac{(1,85 \times 10^{-2}) \times 10^{-3} \times 0,24}{0,023/3600}$$

$$Pr = 0,694$$

- Nombre de nuisette

$$N_u = 0,134 \times (9967,78)^{0,681} \times (0,694)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{1,9}{15,9}\right)^{0,2} \times \left(\frac{1,9}{0,406}\right)^{0,1134} \times 23$$

$$N_u = 1123,24$$

- Le coefficient de transfert de chaleur d'Air

$$h_a = 1017,01 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}} *$$

### IV.2.8- Calcul la surface d'échange ( $A_{\text{Calculé}}$ ) à une température 27°C

La condensation du propane par les étapes suivantes Désurchauffe, condensation et sous-refroidissement

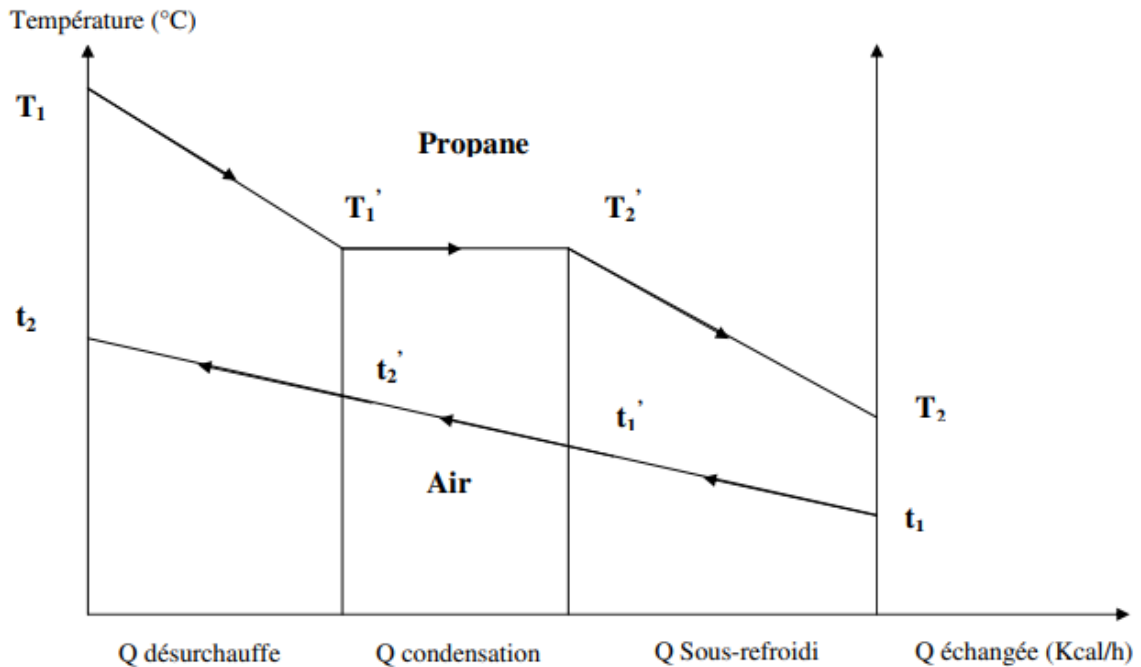


Figure IV-1: Les étapes de condensation de propane par l'air ambiant

Pour chaque zone, on calcule les paramètres suivants :

- La chaleur échangée ;
- La température de l'air ;
- Le coefficient de transfert de chaleur du propane ;
- La différence de température logarithmique moyenne ;
- La surface d'échangée ;
- La surface d'échange totale calculée sera la somme des trois surfaces.

#### IV.2.8.1- La zone de désurchauffe

Un refroidissement des vapeurs de propane de la température  $T_1$  à  $T_1'$

– La quantité de chaleur échangé ( $Q_1$ )

$$Q_1 = M \times (H_{T_1} - H'_{T_1}) \quad \text{IV-12}$$

Avec

$H_{T_1}$  : Enthalpie du propane à  $T_1$

$H_{T_1'}$  : Enthalpie du propane à  $T_1'$

Alors

$$Q_1 = 57,09 \times 10^3 \times (121,5 - 103)$$

Donc

$$Q_1 = 1,056 \times 10^6 \text{ Kcal/h}$$

– **La température de l'air ( $t'_2$ )**

$$Q_1 = Ma \times c_a \times (t_2 - t'_2) \quad \text{IV-13}$$

Ca : la chaleur spécifique de l'aire

$$t'_2 = t_2 - \frac{Q_1}{Ma \times c_a}$$

$$t'_2 = 44,22 - \frac{1,05610^6}{1,166 \times 10^6 \times 0.24}$$

Donc

$$t'_2 = 40,44 \text{ }^\circ\text{C}$$

– **Différence de la température logarithmique**

$$\Delta\text{TLM}_1 = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}} \quad \text{IV-14}$$

Avec

$$\theta_1 = T_1 - t_2$$

$$\theta_2 = T'_1 - t'_2$$

Donc

$$\theta_1 = 94 - 44,22$$

$$\theta_1 = 49,78 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = 60 - 40,44$$

$$\theta_2 = 19,56 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta\text{TLM}_1 = 32,35 \text{ }^\circ\text{C}$$

– **Coefficient de transfert de chaleur du propane ( $hi_1$ )**

$$hi_1 = \frac{N\mu \times \lambda_V}{d_t} \quad \text{IV-15}$$

$$N_\mu = 0,023 \times (Re)^{0.8} \times (pr)^n \quad \text{IV-16}$$

Avec

$n = 0,4$  lorsqu'on refroidit le tube

– La surface

$$a_t = \frac{N_t \times \pi \times (d_t)^2}{4 \times N_p} \quad \text{IV-17}$$

$$a_t = \frac{560 \times 3,14 \times (0,021184)^2}{4 \times 4}$$

$$a_t = 0,0493 \text{ m}^2$$

$$G_t = \frac{M}{a_t} \quad \text{IV-18}$$

$$G_t = \frac{57,09 \times 10^3}{0,0493}$$

$$G_t = 1,16 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \times \text{h}}$$

– Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{G_t \times d_t}{\mu_v} \quad \text{IV-19}$$

$$Re = \frac{((1,16 \times 10^6)/3600) \times 0,021184}{1,3 \times 10^{-2} \times 10^{-3}}$$

$$Re = 525073,50$$

– Nombre de Prandtl

$$Pr = \frac{C_v \times \mu_v}{\lambda_v} \quad \text{IV-20}$$

$$Pr = \frac{0,73 \times 1,3 \times 10^{-2} \times 10^{-3}}{0,02/3600}$$

$$Pr = 1,708$$

– Nombre de Nusselt

$$Nu_\mu = 0,023 \times (525073,50)^{0,8} \times (1,708)^{0,4}$$

$$Nu_\mu = 1073,74$$

– Coefficient de transfert

$$h_{it} = \frac{Nu_\mu \times \lambda_v}{d_t} \quad \text{IV-21}$$

$$h_{i1} = \frac{1073,74 \times 0,02}{0,021184}$$

Donc

$$h_{i1} = 1013,727 \frac{Kcal}{m^2 * h * ^\circ C}$$

– Coefficient de transfert par rapport à la surface extérieur

$$h_{iet} = h_{it} \times \frac{d_t}{d_0} \quad \text{IV-22}$$

$$h_{ie1} = 845,46 \frac{Kcal}{m^2 * h * ^\circ C}$$

– Coefficient global de transfert de chaleur ( $U_1$ )

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_{iet}} + r_1 \times \frac{d_0}{d_t} + r_2 \times \frac{e}{\lambda_t}} \quad \text{IV-23}$$

Tel que

$h_a$  : Coefficient de transfert de chaleur de l'air, Kcal/m<sup>2</sup>h<sup>°</sup>C.

$h_{iet}$ : Coefficient de transfert de chaleur du propane vapeur, Kcal/m<sup>2</sup>h<sup>°</sup>C.

$r_1$  : Résistance d'encrassement coté tubes, m<sup>2</sup>h<sup>°</sup>C/Kcal

$r_2$  : Résistance d'encrassement coté ailettes, m<sup>2</sup>h<sup>°</sup>C/Kcal

$e$  : Epaisseur du tube, m

$\lambda_t$ : Conductivité thermique du tube, Kcal/mh<sup>°</sup>C

Donc

$$U_1 = 415,683 \frac{Kcal}{m^2 * ^\circ C * h}$$

– La surface d'échange calculée

$$Q_1 = U_1 \times A_1 \times \Delta TLM_1 \quad \text{IV-24}$$

Et

$$A_1 = \frac{Q_1}{U_1 \times \Delta TLM_1} \quad \text{IV-25}$$

$$A_1 = \frac{1,056 \times 10^6}{415,683 \times 32,35}$$

$$A_1 = 78,52 \text{ m}^2$$

#### IV.2.8.2- La zone de condensation

Condensation des vapeurs de propane saturées à température constante.

– La quantité de chaleur échangé ( $Q_2$ )

$$Q_2 = M \times F \quad \text{IV-26}$$

$$Q_2 = 57,09 \times 10^3 \times 63$$

$$Q_2 = 3,6 \times 10^6 \text{ Kcal/h}$$

F: Chaleur latente de condensation du propane, Kcal/Kg

– La température d'air ( $t_1'$ )

$$t_1' = t_2' - \frac{Q_2}{M_a \times c_a} \quad \text{IV-27}$$

$$t_1' = 40,44 - \frac{3,6 \times 10^6}{1,166 \times 10^6 \times 0,24}$$

$$t_1' = 27,58 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tel que

$t_1'$  : Température de l'air à l'entrée de la zone de condensation,  $^\circ\text{C}$

$t_2'$  : Température de l'air à la sortie de la zone de condensation,  $^\circ\text{C}$

– Différence de la température logarithmique moyenne

$$\Delta\text{TLM}_2 = \frac{\theta_1 - \theta_2}{L_n\left(\frac{\theta_1}{\theta_2}\right)} \quad \text{IV-28}$$

$$\theta_1 = T_1' - t_2'$$

$$\theta_2 = T_2' - t_1'$$

Donc

$$\theta_1 = 60 - 40,44$$

$$\theta_1 = 19,56 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = 60 - 27,58$$

$$\theta_2 = 32,42 \text{ }^\circ\text{C}$$

Et

$$\Delta\text{TLM}_2 = 25,45 \text{ }^\circ\text{C}$$

– Coefficient de transfert de chaleur de propane ( $h_{i2}$ )

Dans le cas du propane en écoulement diphasique à l'intérieur d'un tube horizontal, la relation du coefficient de transfert de chaleur en régimes laminaire

En régime laminaire

On à

$$\frac{4 \times \Gamma'}{\mu_t} < 4000 \quad \text{IV-29}$$

Pour un faisceau de tubes horizontaux, on prend

$$\Gamma' = \frac{Mi}{0,5 \times N_t \times L} \quad \text{IV-30}$$

$$\Gamma' = \frac{7,22 \times 10^9}{(0,5 \times 560 \times 9,144)}$$

$$\Gamma' = 2,82 \times 10^6 \frac{Kg}{m}$$

Tel que

$$Mi = 7,22 * 10^9 \text{ kg}$$

Donc

$$\frac{4 \times 2,82 \times 10^6}{6,7 \times 10^{-2} \times 10^{-3}} = 1,683 \times 10^{11} \text{ s}$$

Donc le régime est turbulent

Le coefficient de transfert de propane en régime turbulent

$$h_{i_2} = 0,0077 \times \left(\frac{4 \times \Gamma'}{\mu_t}\right)^{0,4} \times \left(\frac{\lambda^3 \times \rho_t^2 \times g}{\mu_t^2}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{IV-31}$$

Avec

Mi : La masse de propane condensé

N<sub>t</sub> : Nombre de tubes total

L : Longueur du tube, m

μ<sub>1</sub> : Viscosité du propane liquide, Kg/ms

ρ<sub>1</sub> : Masse volumique du propane liquide, Kg/m<sup>3</sup>

λ<sub>1</sub> : Conductivité thermique du propane liquide, Kcal/mh°C

g : Accélération de la pesanteur, m/s<sup>2</sup>

Donc

$$h_{i_2} = 0,0077 \times (1,683 \times 10^{11} \times 2,77 \times 10^{-4})^{0,4} \times \left(\frac{0,115^3 \times 0,77^2 \times 1,27 \times 10^8}{(6,7 \times 10^{-3} \times 10^{-2} / 2,77 \times 10^{-4})^2}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_{i_2} = 1125,01 \frac{Kcal}{m^2 \times h \times ^\circ C}$$

Le coefficient de transfert de chaleur rapporté à la surface extérieur du tube

$$h_{ie_2} = h_{i_2} \times \frac{d_t}{d_0} \quad \text{IV-32}$$

On trouve

$$h_{ie_2} = 938,277 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 * \text{°C} * \text{h}}$$

– Coefficient de transfert global ( $U_2$ )

$$U_2 = \frac{1}{\frac{1}{1017,01} + \frac{1}{938,277} + 0,0002 \times \frac{0,0254}{0,021184} + 0,0004 \times \frac{0,002108}{45}}$$

$$U_2 = 436,9 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 * \text{h} * \text{°C}}$$

– La surface d'échange ( $A_2$ )

$$A_2 = \frac{3,6 \times 10^6}{25,45 \times 436,9}$$

$$A_2 = 323,76 \text{ m}^2$$

#### IV.2.8.3- La zone sous refroidissement

– La quantité de chaleur échangé ( $Q_3$ )

$$Q_3 = M \times (H'_{T_2} - H_{T_2}) \quad \text{IV-33}$$

$$Q_3 = 57,09 \times 10^3 \times (40 - 37)$$

$$Q_3 = 1,71 \times 10^5 \text{ kcal/h}$$

– Différence de température logarithmique

$$\theta_1 = 60 - 27,58$$

$$\theta_1 = 32,42 \text{ °C}$$

$$\theta_2 = (57 - 27)$$

$$\theta_2 = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta\text{TLM}_3 = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln\left(\frac{\theta_1}{\theta_2}\right)} \quad \text{IV-34}$$

$$\Delta\text{TLM}_3 = 31,19 \text{ °C}$$

– Le coefficient de transfert  $h_{i3}$

On

$$a_t = 0,0493 \text{ m}^2$$

Et

$$G_t = 1,16 \times 10^6 \frac{kg}{m^2 * h}$$

– Nombre de Reynolds

$$R_e = \frac{G_t \times d_t}{\mu_L}$$

$$R_e = \frac{1,16 \times 10^6 / 3600 \times 0,021184}{7,4 \times 10^{-3} \times 10^{-2}}$$

$$R_e = 92242,64$$

– Nombre de Prandtl

$$p_r = \frac{c_L \times \mu_L}{\lambda_L} \quad \text{IV-35}$$

$$p_r = \frac{0,77 \times 7,4 \times 10^{-3} \times 10^{-2}}{0,115 / 3600}$$

$$p_r = 1,783$$

– Le coefficient de transfert thermique

$$N_\mu = 0,027 \times (R_e)^{0,8} \times (P_r)^{1/3} \quad \text{IV-36}$$

$$N_\mu = 0,027 \times (92242,64)^{0,8} \times (1,783)^{\frac{1}{3}}$$

$$N_\mu = 306,91$$

– Coefficient de transfert

$$h_{i3} = \frac{Nu \times \lambda_L}{d_t} \quad \text{IV-37}$$

$$h_{i3} = \frac{306,91 \times 0,115}{0,021184}$$

$$h_{i3} = 1666,09 \frac{Kcal}{m^2 * h * ^\circ C}$$

– Le coefficient de transfert par rapport à la surface extérieur

$$h_{ie3} = h_{i3} \times \frac{d_t}{d_0}$$

Donc

$$h_{ie3} = 1389,55 \frac{Kcal}{m^2 * h * ^\circ C}$$

– Coefficient globale de transfert de chaleur ( $U_3$ )

$$U_3 = \frac{1}{\frac{1}{1017,01} + \frac{1}{1389,55} + 0,0002 \times \frac{0,0254}{0,021884} + 0,0004 \times \frac{0,002108}{45}}$$

$$U_3 = 514,73 \frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}$$

– La surface d'échange thermique

$$A_3 = \frac{Q_3}{\Delta TLM_3 \times U_3} \quad \text{IV-38}$$

Donc

$$A_3 = \frac{1,71 \times 10^5}{514,73 \times 31,19}$$

$$A_3 = 10,65 \text{ m}^2$$

– La surface totale calculé  $A_t$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 \quad \text{IV-39}$$

$$A_t = 78,52 + 323,76 + 10,65$$

$$A_t = 412,93 \text{ m}^2$$

#### IV.2.9- Les résultats obtenus à T=27 °C

Les résultats obtenus sont dans le tableau suivant

Tableau IV-6 : Les résultats obtenue à la température 27 °C

Caractéristiques	propane	air
Chaleur échangée, kcal/h	4,82 * 10 <sup>6</sup>	
Débit, Kg/h	57,09 * 10 <sup>3</sup>	1,166 * 10 <sup>3</sup>
Température d'entrée, °C	94	27
Température de sortie, °C	57	44,22
Surface faciale installée, m <sup>2</sup>	89,25	
Surface d'échange installée, m <sup>2</sup>	408,60	
Surface d'échange calculée, m <sup>2</sup>	412,93	

##### IV.2.9.1- Interprétation des résultats

La surface d'échange calculée est cohérente avec la surface d'échange réelle installée, ce qui signifie qu'une augmentation de quelques degrés de la température ambiante peut avoir un impact significatif sur la condensation.

– L'erreur dans la surface d'échange est

$$\varphi\% = \frac{A_d - A_{calculé}}{A_d}$$

$$\varphi\% = \frac{408,6 - 412,93}{408,6} \times 100$$

$$\varphi\% = 1,06\%$$

#### IV.2.10- La surface d'échange ( $A_{calculé}$ ) à une température 37 °C

Les résultats obtenus sont dans le tableaux suivant

Tableau IV-7 : Les résultats obtenus à une température de 37 °C

Caractéristiques	propane	air
Chaleur échangée, kcal/h	4,82. 10 <sup>6</sup>	
Débit, Kg/h	57,09.10 <sup>3</sup>	1,75. 10 <sup>6</sup>
Température d'entrée, °C	94	37
Température de sortie, °C	57	48,49
Surface faciale installée, m2	133,87	
Surface d'échange installée, m2	612,9	
Surface d'échange calculée, m2	572,65	

##### IV.2.10.1- La surface d'échange

La surface d'échange à ajouter ( $A_s$ ) est

$$A_s = A_i - A_0$$

Tel que

$A_0$  : La surface d'échange design actuelle

$A_i$  : La surface d'échange design installé

Donc

$$A_s = 612,91 - 408,6$$

$$A_s = 204,31 \text{ m}^2$$

# *Conclusion Générale*

## **Conclusion générale**

Durant l'été, l'unité de désasphaltage au propane de la raffinerie d'Arzew (RA1/Z) a connu un problème de condensation partielle du solvant d'extraction (propane) au niveau de l'aéroréfrigérant (E2).

Grâce aux résultats obtenus pour le dispositif l'aéro-réfrigérant 22E2, nous avons constaté que la température ambiante affecte la condensation du propane, et à partir de là conduit à l'effet sur le taux de charge et le débit de condensation du propane.

Cette dernière a été dimensionné pour une température ambiante de 27°C, ce qui a été nettement plus élevé pendant l'été. De sorte que nous avons examiné l'impact de la température ambiante sur les paramètres de fonctionnement de l'unité et pour trouver une résulte à ce problème,

Nous avons suivi les étapes suivantes :

- Vérification de la surface d'échange de l'aéro-réfrigérant pour le cas calculé à 27°C ( $A_{cal}=412,93 \text{ m}^2$ ) et le cas design ( $A = 408,6 \text{ m}^2$ ) et à 37 °C on a trouvé ( $A_{cal}=572,65 \text{ m}^2$ ) et pour design ( $A= 612,9 \text{ m}^2$ ).
- Etude de l'effet de la température ambiante sur les paramètres opératoires de l'unité

A travers cette étude on peut recommander La solution, qui permettra de faire fonctionner l'unité à sa capacité maximale sans pour cela avoir des problèmes d'exploitation et d'obtenir la meilleure condensation de propane avec l'utiliser le propane comme solvant sur dés-asphaltage donc en peut recommander les solutions suivantes :

- Il est nécessaire d'ajouter une nouvelle surface d'échange dans l'aéro-réfrigérant de propane d'une surface de  $204,3 \text{ m}^2$ .
- Ajoutez un condenseur à eau en série avec un refroidisseur d'air ou ajoutez une autre cellule de refroidisseur d'air pour assurer une bonne condensation du propane.
- Ajoutez de nouvelles compartiment avec l'aéroréfrigérant.

*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

- [1] Situation du complexe, direction technique, complexe RA1Z, activité aval, Sonatrach, 2001
- [2] Bilan annuel du traitement du pétrole brut : Département Commercial.
- [3] Fiche technique de complexe RA1Z.
- [4] Sonatrach. Manuel opératoire laboratoire, description du complexe (RA1Z).
- [5] Thomsen, T. C. The Practice of Lubrication: An Engineering Treatise on the Origin, Nature and Testing of Lubricants, Their Selection, Application and Use, New York [etc.] Mc Graw-Hill book company, inc, 1920.
- [6] J. P. FAVENNEC. « Le raffinage du pétrole ». Exploitation et gestion de la raffinerie Tome 5, édition technique, IFP.1998.
- [7] A. Schilling, Les huiles pour moteurs et le graissage des moteurs, vol. 3. TECHNIP OPHRYS EDITIONS, 1975.
- [8] Pollitt, A. A. Mineral oils for transformers and switchgear. Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part II: Power Engineering. 1943.
- [9] Sequeira, A. “Lubricant Baseoil and Wax Production”, Marcel Dekker: New York, 1994.
- [10] J. P. WAUQUIER. « Le raffinage du pétrole ». Tome I, édition technique, IFP.1994
- [11] J.P. Wauquier, Procédés de séparation, vol. II, Paris: Edition Technip, Paris 1998.
- [12] Manuel opératoire – H.B (Z7) (M-PROD-3), NAFTEC
- [13] Bushnell, J.D.; Fiocco, R.J. “Engineering Aspects of the Exol N Lube Extraction Process”, Proc. - Refining Department American Petroleum Institute, 1980
- [14] P. TRAMBOUZE. « Le raffinage du pétrole ». Matériels et Equipements, Tome 4, édition technip, IFP.1999, Page 239-247
- [15] Couderc]. P., Gourgon C. et Line A., Phénomènes de transfert en génie des procédés, Lavoisier, Tee & Doc, Paris, 2008.
- [16] Daniel MORVAN et Frédéric RESSOUEAU, « GENIE DES PROCEDES », Processus de transfert, Édition Marketing S.A., 2015
- [17] R. K. Shah, E. C. Subbarao, R. A. Mashelkar, Heat Transfer Equipment Design, New York, 1 st Edition, 1988.

# *Annexes*

Annexes

JAPAN GASOLINE CO., LTD.

**PROJECT SPECIFICATION**

**PROPANE DEASPHALTING UNIT**

**AIR COOLED EXCHANGERS**

NO. PS-5800-22-E2-Q 1E

PAGE 1 SHEET 3

DATE Mar. - 25 - 1970

PREP'D *H. Kawa*

CHK'D *H. Kawa*

APP'D *H. Kawa*

DRAWING CODE NO. 22-5000-2-1000-1-1000-1

**GENERAL INFORMATION**

GEOGRAPHIC LOCATION	ARZEW, ALGERIA		
ELEVATION ABOVE SEA LEVEL	60 - 85		
WIND VELOCITY FOR STRUCTURAL DESIGN	30		
PROVISION FOR EARTHQUAKE	"B" zone (kh=0.10, Kv=0.2)		
DRY INSTRUMENT AIR AVAILABLE <small>kg/hr</small>	7		
ELECTRICAL POWER AVAILABLE (MOTORS BELOW)	119 <small>KW</small>	380 Volts	3 Phase 50 Cps
GOVERNMENTAL CODES OR LAWS			

**AIR DATA**

DESIGN DRY BULB AIR TEMPERATURE <small>°C</small>	27
MINIMUM ANTICIPATED WINTER TEMPERATURE <small>°C</small>	9.2

**MATERIALS-CONSTRUCTION**

TUBES	STEEL <del>                    </del> OR SEAMLESS, 25mm O.D. MINIMUM SIZE; <2.8mm ELLIPTICAL TUBE ACCEPTABLE
FINS (IF USED)	ALUMINUM
HEADERS	STEEL (KILLED STEEL IF HYDROGEN PRESENT)
FAN BLADES	ALUMINUM <del>                    </del> OR CARBON STEEL WITH PROTECTIVE COATING THAT MEETS PURCHASER'S APPROVAL
STRUCTURAL PARTS	STEEL
CORROSION ALLOWANCE FOR HEADERS	<del>          </del> 3.0 mm
MAXIMUM TUBE LENGTH	9.15 <small>m</small>
ITEMS WHICH MAY BE COMBINED OVER SAME FANS	

NOTES

1. Squirrel-cage induction motors shall be used unless specified otherwise in this project specification.

2. Motors shall offer explosion-proof squirrel-cage induction type motors in their base quotation, but may give a quotation for squirrel-cage induction type with a totally enclosed fan cooled (TEFC) or totally enclosed air-cooled enclosure.

3. Motors containing acoustically sensitive parts shall be explosion proof.

4. Motors shall be classified as the API **CONSTRUCTION**

Annexe 1 : Information générale d'air

# SASAKURA AIR-COOLED HEAT EXCHANGER SPECIFICATION

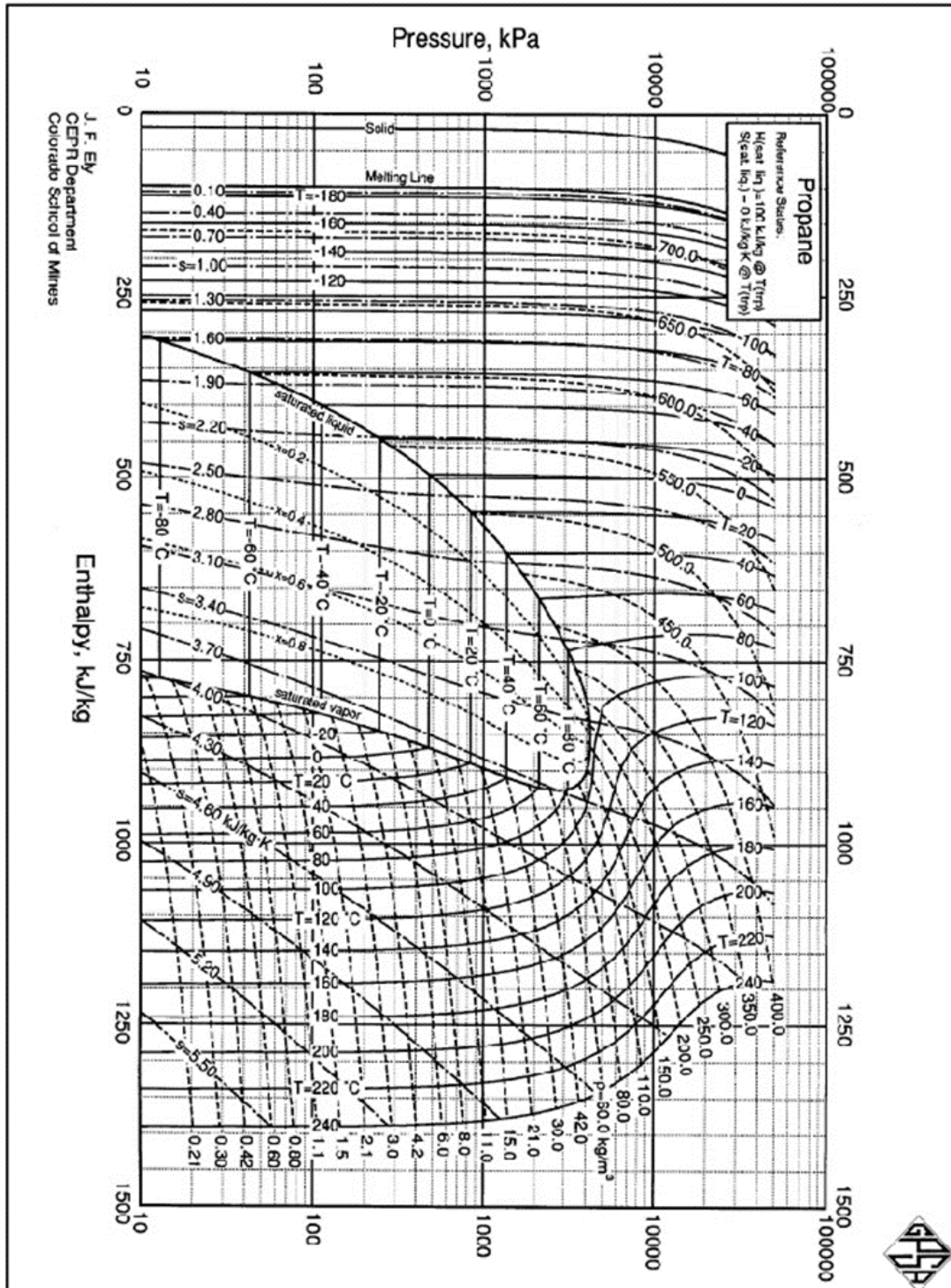
SASAKURA ENGINEERING CO., LTD.

SK E/Q No.  
JGC E/Q No.

1	Customer	Japan Gasoline Co., Ltd.		Item No.	22-E2		
2	Address	Algeria		Cost No.	PS-5800-22-E2		
3	Plant Location			Date			
4	Size and Type of Fin Fan Exchanger	(2) #3-360-4122-4WG					
5	Size and Type of Section	(4) #140-360WGA20D11 K-Fin Section					
6	Arranged	4	Parallel	1	Series		
7	Service of Exchanger	Propane Condenser		OPTIONAL EQUIPMENT			
8	Surface per Section	2,350		Structure - Forced	XXXXXX		
9	Total Surface per Unit	9,400		Column Ht			
10	PERFORMANCE OF EACH UNIT						
11	Fluid Circulated	Propane		Fence & Gate	No		
12	Total Fluid Entering	57,090 x 1.1		Fan Guards	Yes		
13	Vapor	57,090 x 1.1		Ladder & Walk	Yes		
14	Liquid			Galv.	No		
15	Steam			Pedestals	No		
16	Noncondensables			Tripods	No		
17	Fluid Condensed	57,090 x 1.1		Diffusers	No		
18	Stream Condensed			Suspension	Yes		
19	Gravity-Liquid @57°C	.435	SG	147	*API		
20	Density @ Ave. Vap. @95°C			32	kg/m <sup>3</sup>		
21	Viscosity Liq.	.067	Cent @	60	°C		
22	Viscosity Vap.	.0093	Cent @	60	°C		
23	Molecular Wt.	44.1		Kcal/m hr°C			
24	Conductivity			Kcal/kg°C			
25	Specific Heat			Kcal/kg			
26	Latent-Vapors			°C			
27	Temperature In	94		°C			
28	Temperature Out	97		°C			
29	Operating Press. Inlet	21.5		kg/cm <sup>2</sup> g			
30	No. of Passes & Layer	4	&	4	Section		
31	Pressure Drop	32		kg/cm <sup>2</sup>			
32	Heat Exchanged	4.82 x 10 <sup>6</sup> x 1.1		kcal/hr			
33	MTD	24.7		°C			
34	Design Rate	22.9		kcal/m <sup>2</sup> hr°C			
35	Fouling-res Tube side/Air side	.0002/.0004		(kcal/m <sup>2</sup> hr°C)⁻¹			
36	Design Press.	25		kg/cm <sup>2</sup> g			
37	Test Press.	37.5		kg/cm <sup>2</sup> g			
38	Design Temp.	150		°C			
39	CONST. PER SECTION						
40	Tubes	No. 140	Length	9,144	OD	25.4	SWG #14 Min.
41	Material	STB35S-C		Pitch	66.8 x 66.0 Triangle		
42	Fin OD	57.2	Matl	Alum.	No. Fins	11	Ink. .406 Type Grooved
43	Plugs	Yes		Retarders	No		
44	Headers	Type Box	Matl STPT42	Noz. In	1-6"	Series	USAS
45	Code & Corr. Allow	ASME VIII &		Out	1-4"	Series	300#RP.WT.
46	AIR	Quantity	1,160,000		kg/hr	Elevation	
47		Temp. In	27	°C	Out	°C	Static Press. 8.7 mm H <sub>2</sub> O
48	MECHANICAL EQUIPMENT						
49	Fans Model	A144-4	Number	4	Dia	3.658	#/of Blades 4
50	ASPD. Vol.	No	RPM	318	Horsepower per Fan	11	Make Sasaki Matl/Blades Alum.
51	Gears Model	G7C	Make	Nippon Gear	Rolling	KW @	RPM
52	Coupling Horiz	CR6022	Vari	No	Make	Tsubaki	Susp. V-Belt No Direct Drive No
53	Driver Major	By Customer		Turbines	No	Gas Engines	No
54	Model	1,460		Volts	380	KW	15
55	Phase			Cycle	50		
56	Reference Drawing			Plot Area	9,780 x 8,620 mm		
57	NOTES:						

POUR CONSTRUCTION

Annexe 2 : Fiche technique de l'aéro-réfrigérant



Annexe 3 : Diagramme pression-enthalpie de propane

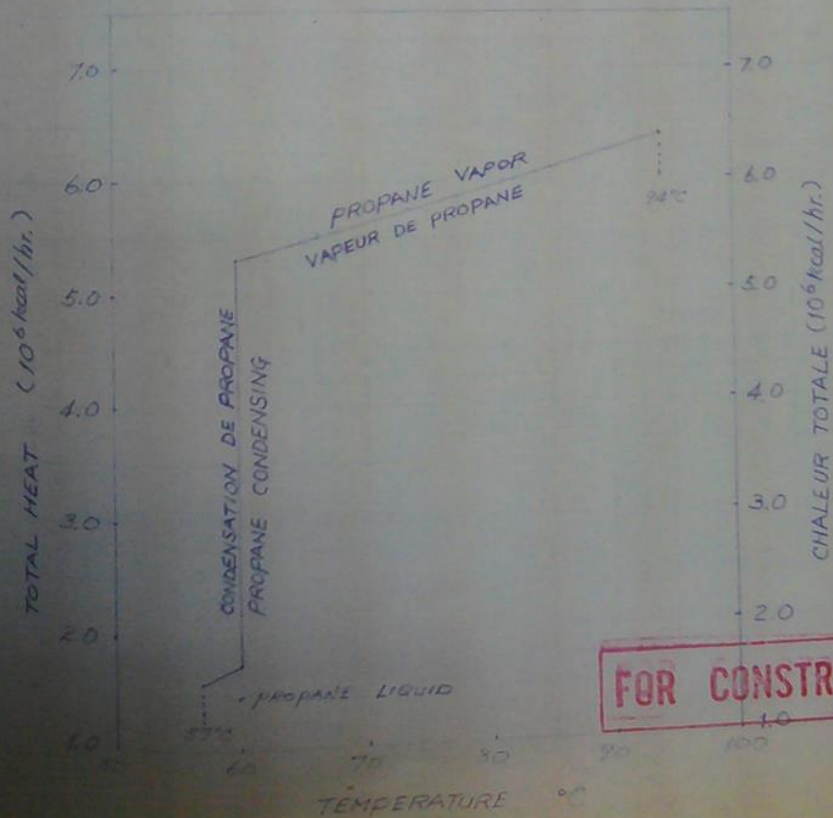
PROJECT SPECIFICATION

PROPANE DEASPHALTING UNIT  
UNITE DESASPHALTAGE PROPANE

REFERENCES DE CONDENSATION POUR  
CONDENSEUR DU PROPANE (22-E2)

CONDENSING DATA FOR  
PROPANE CONDENSER (22-E2)

PROPANE DEASPHALTING UNIT



Annexe 4 : Les références de condensation du propane