



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



Département de Génie des procédés

Mémoire de projet fin d'étude

Spécialité Génie d'industrie pétrochimie

Thème

Etude du rendement de déparaffinage au niveau du complexe raffinerie

Présenté par :

- Melle Ghenim nourelhouda asmaa
- Melle Benguenab houda

Soutenu le 20/07/2022 devant le jury composé de :

Président : MEKHATRIA DJELLALI MCB Université de mostaganem

Examineur : BESSAHA FATIMA MCA Université de mostaganem

Encadreur : BELLOUL Mohamed

Année Universitaire :2021/2022

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE :

Le pétrole brut figure actuellement comme l'un des plus importants promoteurs de développement industriel et économique de nombreux pays dans le monde, non seulement parce qu'il représente une source d'énergie primordiale, mais aussi parce qu'il permet de produire un éventail complet de produits commerciaux indispensables à la vie quotidienne.

L'outil de raffinage en Algérie se dispose actuellement de six raffineries, parmi elles la raffinerie d'Arzew dans laquelle nous avons effectués notre projet de fin d'étude.

La fabrication des huiles minérales lubrifiantes de haute qualité fait intervenir successivement cinq différents procédés. L'un de ces procédés est le déparaffinage de l'huile (unité 400).

L'unité 400 effectue le déparaffinage de l'huile et la fabrication de la paraffine dure. Le but de l'unité est de fabriquer de l'huile de base à bas point d'écoulement et une gamme de paraffine à un point de fusion élevé et de faible teneur en huile.

Le présent travail traite les lubrifiants. Il a été effectué dans la zone à unité de déparaffinage au Mec/ toluène. Ces derniers ont pour d'étudier le rendement des chillers.

Chapitre I :
Présentation du
Complexe RA_1/Z

Chapitre I : présentation du complexe de la raffinerie d'Arzew

I-1-Situation géographique : [1]

L'implantation de la raffinerie a été réalisée sur un site d'une superficie de 150 ha située sur le plateau d'EL-MOHGOUN de la Daïra d'Arzew, à 40 Km de la ville d'Oran.

Elle est délimitée :

- Au Nord par ENIP (Entreprise National Industries Chimiques)
- A l'Ouest par GTP (Grand Travaux Pétroliers)
- A l'Est par RTO (la Région Transport Ouest)
- Au Sud par l'Oued Tasmaitite.

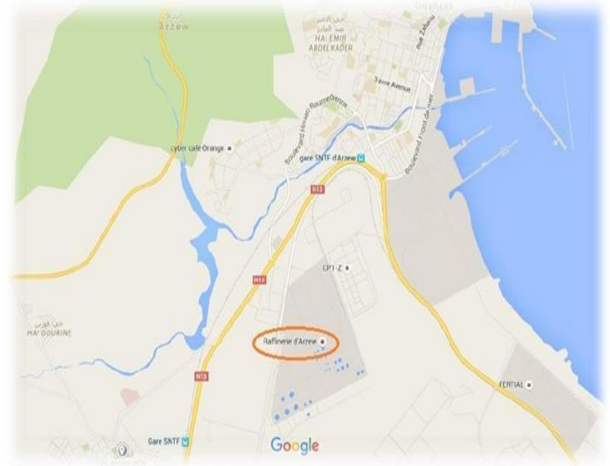


Figure-I-1- : situation Géographique de la raffinerie d'Arzew

I-2-Historique : [1]

La raffinerie d'Arzew set dénommée (RAI/Z), Les travaux de construction furent lancés le 19 juin 1970, le démarrage des unités débuta en juillet 1972, et l'ensemble des unités était mis en service dès mars 1973. Elle a été conçue pour traiter :

- ✓ Le pétrole brut de Hassi Messaoud.
- ✓ Le brut réduit importé (production bitumes).

- ✓ Satisfaire les besoins de consommations en carburants, lubrifiants et bitumes du marché national.
- ✓ Exporter les produits excédentaires (naphta, kérosène, fiouls).

La construction du complexe a été confiée à la société japonaise Japon Gasoline Corporation, et la pose de la première pierre a eu lieu le 19 juin 1970.

Pour répondre à la demande du marché en bitumes, la capacité des unités de production de bitume direct et oxydé fut augmentée respectivement de 65000 T/An à 120000 T/An, et de 5000 T/An à 20000 T/An.

1-3- Le rôle de la raffinerie : [2]

C'est le troisième et important complexe construit dans cette région, la raffinerie d'Arzew répond aux impératifs suivants :

- traiter le pétrole brut de HASSI MESSAOUD
- satisfaire les consommations croissantes en carburants du marché national
- fabriquer les produits stratégiques qui sont les lubrifiants et les bitumes
- créer le club en Aval

I-4-Bilan énergétique :

Le complexe dispose des unités de production d'énergie électrique, en vue de la grande demande énergétique l'insuffisance est renforcé par la SONELGAZ.

La raffinerie dispose d'une source énergétiques qui est le gaz naturel de HASSI R'MEL. La consommation annuelle est représentée dans le tableau suivant (P.P, bilan 2003)

Tableau-I-I- : Consommation énergétique de la raffinerie

Sources énergétiques	Consommation annuelle	Sources d'alimentation
Gaz	309 000 000 N.m ³	Gaz Naturel / Sonatrach SH Gaz Raffinerie
Electricité	74 000 000 KW	SONELGAZ Turbo générateur

I-5-Bilan hydrique :

La source d'alimentation en eau pour la raffinerie d'Arzew est : Kahrama

Le tableau suivant représente un bilan hydrique du complexe dans ces différents circuits :

Tableau-I-2- : Consommation de l'eau dans la raffinerie

EAUX	Consommation (m ³ /j)		Rejet (m ³ /j)	
	Circuit ouvert	Circuit fermé	Circuit ouvert	Circuit fermé
Fabrication	5 200	8 520	-	1 920 1 060
Nettoyage et lavage	-	230	-	-
Domestique/Sanitaire	960	-	-	-
Réseau incendie	-	480	-	-
Total	6 160	9 230	-	2 980

I-6-Principaux produits chimiques utilisés : [1]

La raffinerie d'Arzew exige l'utilisation de produits chimiques, nécessaire aux différents procès de fabrication dans les différentes unités, présenté dans le tableau suivant (P.P, bilan 2003).

Tableau-I-3- : Produits chimiques utilisés par la raffinerie

Dénomination du produit	Quantité consommée/An (kg)	Quantité stockée(kg)	Nature du produit	Unités
Furfural	1 130 000	300 000	Solvant	U 23-300
MEC	770 000	29 000	Solvant	U 24-400
Toluène	870 000	186 000	Solvant	U 25-500
Acide sulfurique	423 000	13 500	Neutralisant	Zone 3-19
La soude	26 000	18 000	Neutralisant	Zone 3-19-4
La javel	59 000	3000	Désinfectant	Zone 3-19
Sulfite de sodium	752	5	Inhibiteur de corrosion	Zone 3-19
Phosphate de sodium	824	6	Neutralisant	Zone3-19

I.7.Organisation de la raffinerie d’Arzew: [2]

La raffinerie est organisée et structurée en différents niveaux de responsabilité hiérarchisés selon le schéma d’organisation ci-après.

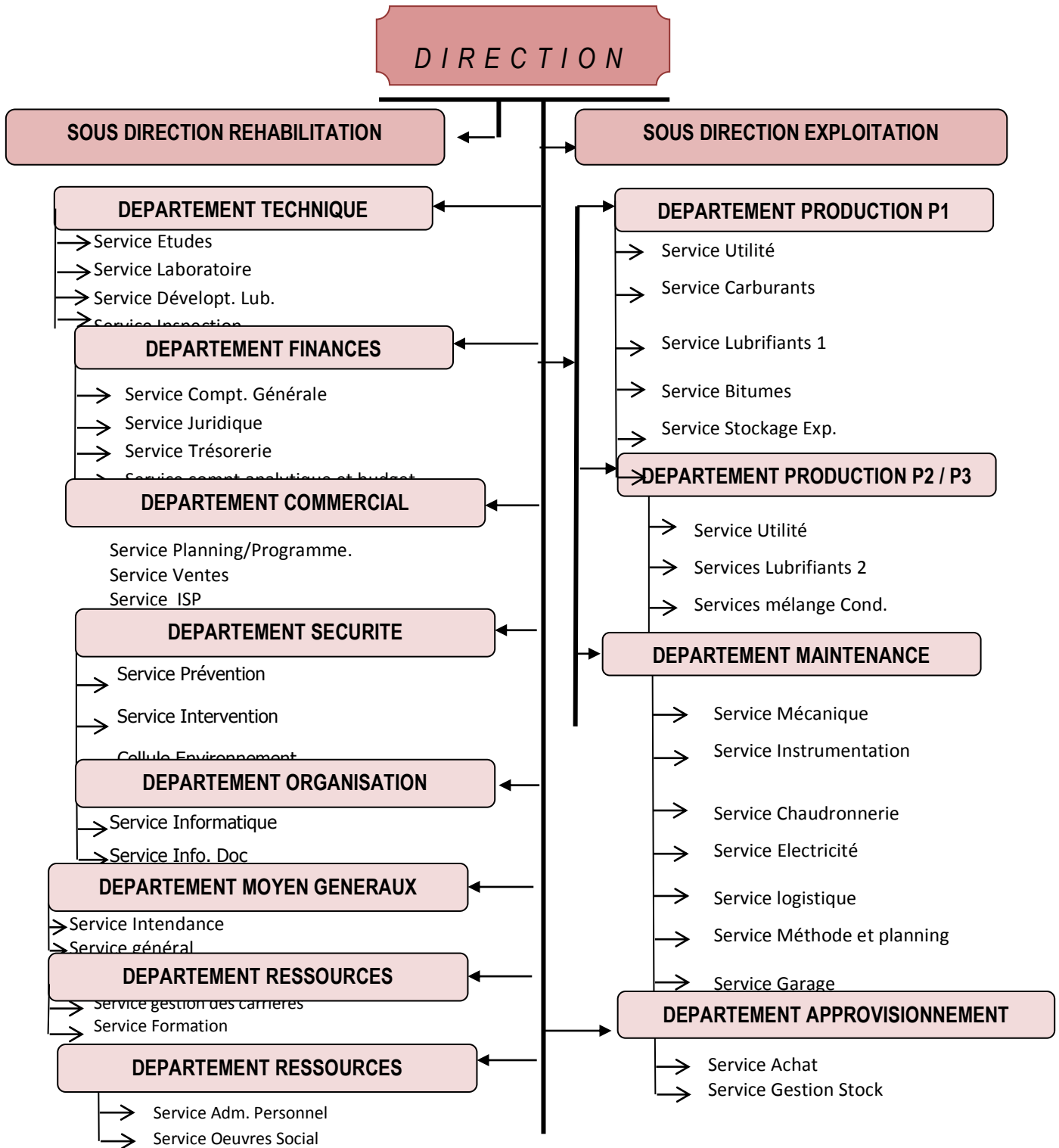


Figure-I-2- : Organisation de la raffinerie d’Arzew

8 Schéma général du fabrication au niveau de la raffinerie d'Arzew

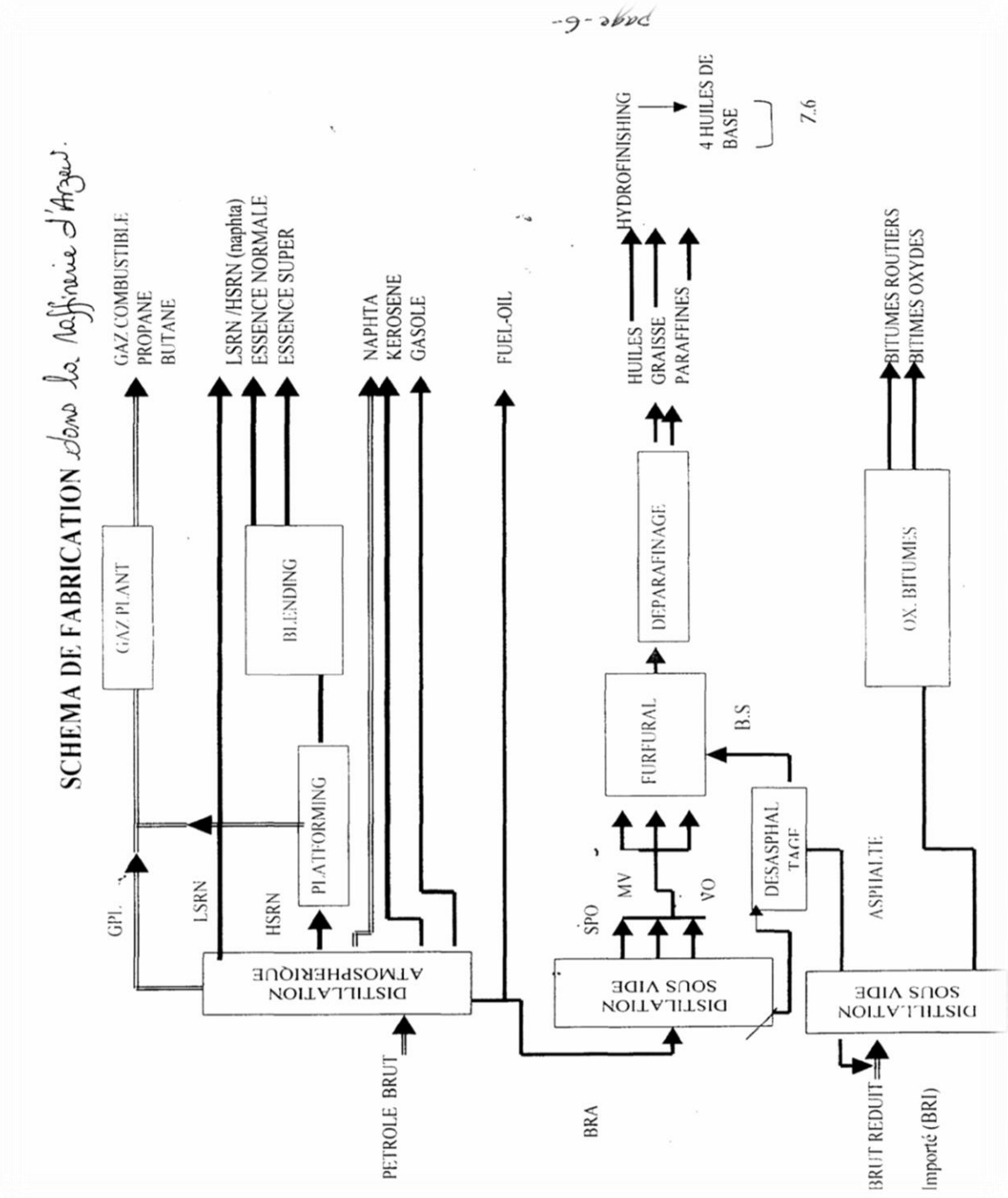


Figure-I-3- : fabrication au niveau de la raffinerie d'Arzew

I-9-Principales installations de la raffinerie :

La raffinerie est constituée d'un certain nombre d'installations réparties en zone.

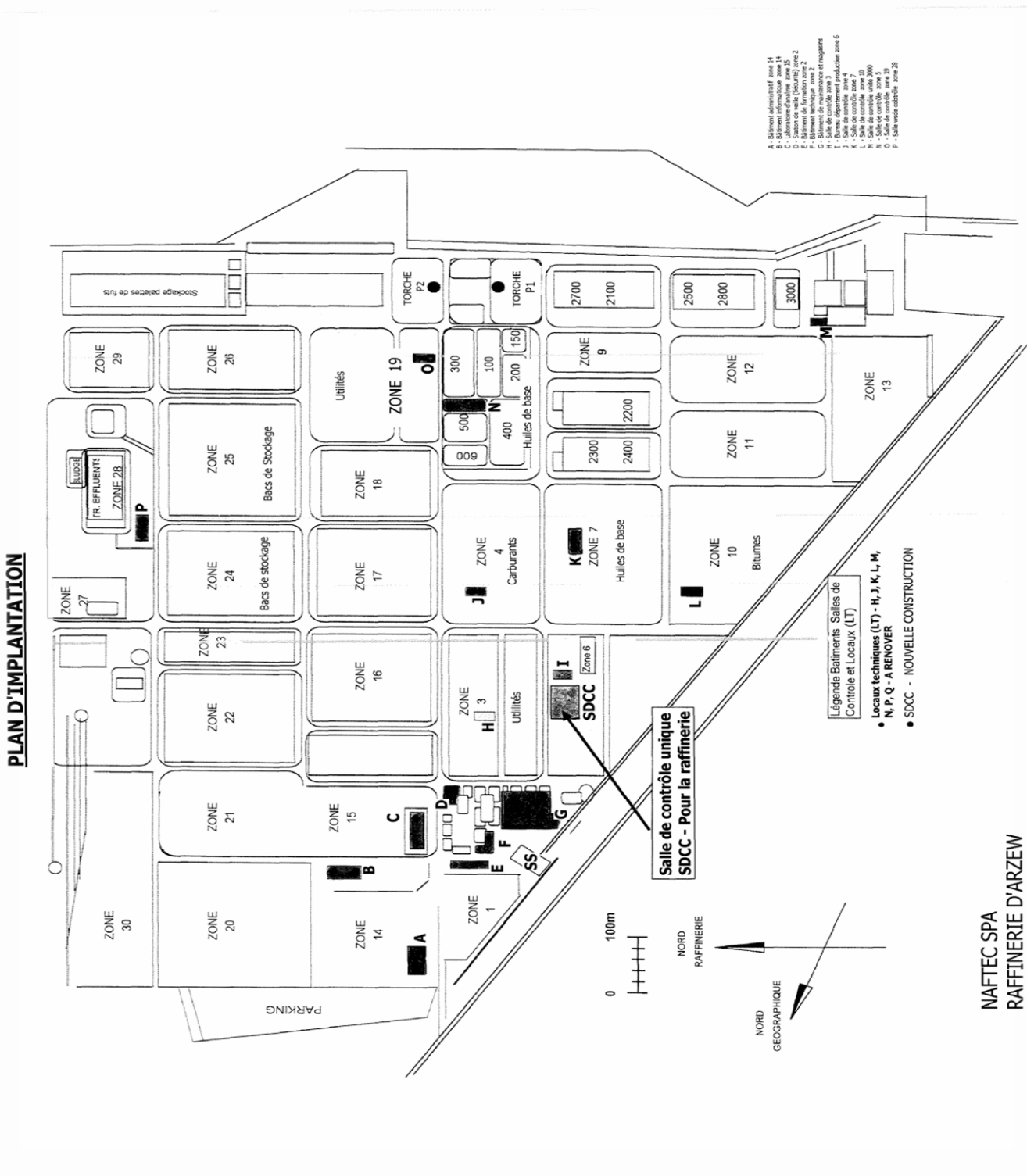


Figure-I-4- : Plan de la raffinerie

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production le P1, P2, P3 et P4 chaque département est constituée de plusieurs zones ayant des activités spécifiques.

I-9-1 Zone 3 et 19 (les utilités) : ces zones assurent la production de :

- ✓ L'eau de refroidissement
- ✓ La vapeur d'eau avec 3 chaudières dont une en stand-by (120T/h)
- ✓ L'électricité nécessaire par turbomoteur 4.5MW (3.5MW exploite)
- ✓ L'air instrument et l'air service
- ✓ Le gaz inerte
- ✓ Les utilités sont indispensables pour le fonctionnement normal du complexe.

Cette zone comprend les unités suivantes :

- **Unité 31** : production de vapeur d'eau à haute pression que sert au stripage, et comme énergie motrice des turbogénérateurs ;
- **Unité 32** : production de l'eau distillée qui est utilisée comme eau d'alimentation pour les chaudières ;
- **Unité 33** : distributions d'eau de refroidissement, utilisée pour les opérations de refroidissement des produits ;
- **Unité 34** : production d'électricité qui sert à alimenter les unités de traitement ;
- **Unités 35** : gaz de combustion au niveau des chaudières et des fours ;
- **Unités 36** : production d'air service et d'air instrument ;
- **Unité 67** : réseaux d'incendie.



Figure-I-5- : Zone des utilités

I-9-2 Zone 4 (production des carburants) : C'est la zone de fractionnement du pétrole brut en différentes coupes (GPL, LSRN NAPHTA, LGO, HGO) ; *donc* C'est l'unité principale du complexe qui traite le pétrole brut algérien. Cette zone comprend trois unités :

Unité 11 (unité de distillation atmosphérique) : unité principale du complexe, Traitant le pétrole brut Algérien.

Les produits obtenus au niveau de ces unités sont :

- ✓ Gaz naturel liquéfié (GNL).
- ✓ Naphta lourd.
- ✓ Naphta léger.
- ✓ Kérosène.
- ✓ Gasoil.

Le brut réduit constituant la charge des unités de distillation sous vide pour la production d'huiles de base, l'excédent est exporté comme fuel.

- **Unité 12 (unité de reforming catalytique)** : le Naphta lourd de l'unité de distillation atmosphérique est traité dans cette unité dont le but est de produire une base à indice d'octane élevé (réformât), des GPL et un gaz riche en hydrogène.
- **unité 13 (unité de traitement des GAZ)** : les GAZ de pétrole liquéfiés obtenus dans les unités de distillation atmosphérique et de reforming catalytique sont traités dans cette unité et séparés en produits purs suivants :

- ✓ Le propane.
- ✓ Le butane.

Le club de fabrication d'huiles est d'une capacité de 50 000 T/A.

I-9-3 Zone 7 et 5 (production des huiles de base) : ces zones comprennent chacune cinq unités similaires soient :

- **Unité 21 et 100** : ce sont les unités de distillation sous –vide, dont le but est d’obtenir des coupes d’huiles de base(les distillats).
- **Unité 22 et 200** : unités de dé-asphaltage au propane pour récupérer l’huile de base lourde (la DAO).
- **Unité 23 et 300** : unités d’extraction des aromatiques au furfural, dont le but est d’améliorer l’indice de viscosité des huiles de base.
- **Unité 24 et 400** : unités de déparaffinage au Méthyle -Ethyle –Cétone (MEC) Toluène, destinées à améliorer le point d’écoulement des huiles de bases.
- **Unité 25 et 500** : unités de traitement d’hydrofinishing, pour l’amélioration des caractéristiques (couleur, odeur) des huiles de base.



Figure-I-6- : Zone carburants

I-9-4-Zone 6 (unité 3000) : (production des huiles finies, des graisses, et des paraffines) :

Elle se divise en quatre unités :

- **Unité 51 et 3100** : unités de mélange des huiles finies avec les additifs. Les quatre huiles de base obtenues après l'unité de traitement à l'hydrogène sont mélangées à des additifs selon une formulation pour chaque qualité d'huile motrice et industrielle à fabriquer.
 - Huiles moteurs 14.
 - Huiles industrielles 39.

Le conditionnement est fait en fûts de 180 kg, en tonnelets de 18 kg et en boîtes de 2L et 1L

- **Unité 52** : production et conditionnement des graisses
- **Unité 53** : traitement de la paraffine
- **Unité 54** : moulage de la paraffine



Figure-I-7- : Zone des lubrifiants

I-9-5-Zone 10 (production des bitumes) : Cette zone a pour tâche la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA) venant du topping.

Cette zone comprend trois unités :

- **Unité 14** : unité de distillation sous- vide pour la production des bitumes routiers.
- **Unité 15** : unité de distillation sous –vide pour la production des bitumes oxydés.
- **Unité 45** : unité de stockage et de remplissage des bitumes.
- **Zone 11 ,12 et 13** : stockage du pétrole brut et brut réduit (BRI).
- **Zone 20** : stockage des produits chimiques et additifs.
- **Zone 28** : stockage des carburants.

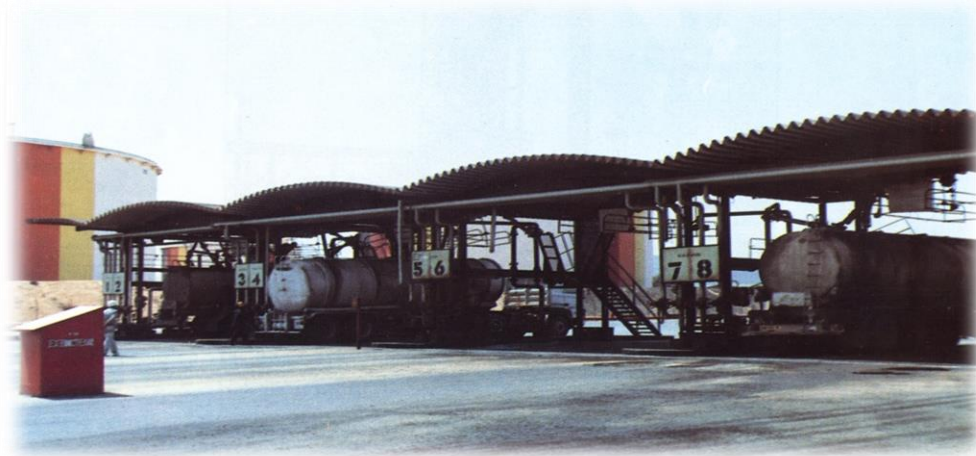


Figure-I-8- : Zone de stockage

1-9-9- Le Laboratoire :

La raffinerie dispose aussi d'un laboratoire d'analyse d'une immense importance, il met en évidence la qualité du traitement des unités de raffinage par le suivi des produits à chaque stade du procès, veille au bon déroulement des unités de traitement du pétrole brut depuis son stockage au sein de la raffinerie jusqu'à la fabrication du derniers produits pétroliers commercialisés. Il exige un échantillonnage représentatif qualitativement et quantitativement.

L'appareillage et les modes opératoires sont normalisés de sorte que les résultats sont aisément reproductibles, comparables et obéissent à des normes internationales (**ASTM, AFNOR, IP ...etc.**). Permettent d'identifier un produit par rapport à un autre, en fin établit des certificats de conformité des produits commercialisés à l'intérieur qu'à l'extérieur du pays.

- **Rôle du laboratoire :**

Le laboratoire de la raffinerie est divisé en deux sections dont l'une est une section de contrôle des unités du procès de raffinage au fur et a mesure du traitement a différentes phases, l'autre section appelé la section d'analyse de qualité des produits finis réalisés par la raffinerie avant la commercialisation au niveau de la section de contrôle.

- **Les différents tests effectués au niveau du laboratoire :**

Les différentes analyses généralement effectuées au laboratoire sont :

✓ **Utilités :**

Analyse des eaux telles que le PH, TH, TA, etc....

✓ **Les lubrifiants :**

Analyse des huiles, des bitumes tel que; la viscosité, le point de flash, la couleur, la pénétrabilité des graisses, teneur en soufre, etc.

✓ **Les carburants :**

Les analyses permettent de suivre le procédé de la production pour s'assurer le rendement et de l'efficacité des catalyseurs. Parmi ces analyses, on cite la teneur en plomb, NO, etc....

Chapitre II :
Les lubrifiants

Chapitre II: Les lubrifiants

II-1-Généralités sur les lubrifiants : [3]

Les lubrifiants sont fabriqués à partir d'un mélange d'huiles de base et d'additifs qui confèrent au produit fini des propriétés physico-chimiques selon le domaine d'application. Les huiles de base peuvent être <<minérales >> d'origine <<pétrolière>> ou <<synthétique>>.

Le lubrifiant du latin «**lubucus**» signifiant glissement, est un produit interposé entre des surfaces flottantes d'un mécanisme, réduit le frottement et par voie de conséquence l'échauffement, tous en combattant l'usure des organes en mouvement.

Un lubrifiant est une matière onctueuse, d'une couleur claire, soit liquide, semi plastique ou solide, elle est fabriquée à partir d'un mélange d'huiles de base (80%-90%) et d'additifs qui confère aux produits finis des propriétés physico-chimiques selon le domaine d'application.

II-1-1-Rôle et importance de lubrification :

La lubrification à pour rôle :

- de réduire le frottement se traduit par des pertes d'énergie et l'interposition entre deux surfaces en mouvement
- de réduire l'usure des pièces.
- de réduire la température des machines par l'échange calorifique avec le milieu ambiant, par exemple dans les turbines à vapeur, le lubrifiant assure, en plus du graissage, le refroidissement des paliers.
- d'évacuer les impuretés qui se forment ou qui apparaissent en cours de fonctionnement dans les mécanismes (par exemple les scories de combustion dans les moteur DIESEL).

Ainsi L'importance de lubrification a pour but de réduire le frottement et l'usure par :

- -Gain d'énergie (réduction de l'effet du frottement)
- -Gain de matière (réduction de l'usure)

II-2-Définition des huiles de base :

Une huile est une fraction pétrolière lourde et visqueuse à haut point d'ébullition (>350°C). Elle est constituée d'un mélange d'hydrocarbures appartenant aux séries paraffiniques, naphténiques, aromatiques et contenant de faibles proportions de soufre, d'azote et d'oxygène.

II-3-Classification des huiles :

Les huiles de base sont obtenues par distillation du pétrole et répondent à trois grandes tendances de caractère spécifique particulier :

A-Tendance paraffinique :

Les huiles qui ont une tendance paraffinique sont caractérisées par :

- ✓ Une température de congélation moyenne (point d'écoulement moyen)
- ✓ Un indice de viscosité généralement voisin de 93 à 100
- ✓ Une faible densité ($\approx 0,84-0,89$)
- ✓ Une grande résistance naturelle à l'oxydation

B-Tendance naphténique :

Les huiles qui ont une tendance naphténique sont caractérisées par :

- ✓ Une densité relativement élevée ($\approx 0,9$)
- ✓ Un indice de viscosité relativement faible (≈ 40 à 60)

C-Tendance aromatique :

Ces fractions présentent des caractères plus accentués que les hydrocarbures naphténiques. Leur densité élevée et leur indice de viscosité très faible. Cependant, le caractère essentiel de ces composées est l'altérabilité provoquant la formation de produits résineux ou asphaltiques accompagnés de dérivés corrosifs.

Dans la pratique, les huiles de base renferment ces trois catégories d'hydrocarbures aromatiques, paraffiniques ou naphténiques suivant leur

tendance .La fraction d'hydrocarbures aromatique est limitée au minimum dans les huiles de graissage

Tableau II-1 : Caractère distinctif des trois classes principales d'hydrocarbures constitutifs des huiles de base

Paraffinages	Naphténiques	Aromatiques
Densité la plus faible	Densité élevée	Densité la plus élevée
Haut point de congélation	Bas point de congélation	Très bas
Haut indice de viscosité	Bas indice de viscosité	Très bas indice de viscosité
Oxydabilité très basse	Oxydabilité basse	

II-3-1-Classification des huiles suivant leurs destinations :

A-Huiles moteurs : on distingue :

- ❖ Huiles automobiles : sont fabriquées à partir des huiles de distillat, leurs viscosités varient de 5 à 8 Cst à 100°C.
- ❖ Huiles pour moteur diesel : sont fabriquées à partir des huiles de distillat et d'huiles résiduelles, leurs viscosités cinématiques varient de 8 Cst à 100°C.
- ❖ Huiles aviation : sont fabriquées à partir des huiles résiduelles et leurs viscosités est supérieures à 100 Cst à 100°C..

B-Huiles de base : on distingue :

- ❖ **Huiles légères :** (spindle, viscosité comprise entre 12 et 16 Cst à 40°C), elles sont utilisées pour les machines à faible charge et grande vitesse de rotation.
- ❖ **Huiles moyennes :** (mi-visqueuses, viscosité de 42 à 60 Cst à 40°C), elles sont utilisées pour les charges et vitesses de rotation moyennes.
- ❖ **Huiles lourdes :** (visqueuses, viscosité de 160 à 240 Cst à 40°C), elles sont utilisées comme huile dans le domaine agricole.
- ❖ **Huiles résiduelles (Bright –stocks) :** elles sont obtenues à partir du raffinat du procédé de dé asphaltage .Elles sont utilisées les machines travaillant à grande charge et faible vitesse de rotation.

Les caractéristiques physico-chimiques des huiles de base et données dans le tableau

C-Huiles de transmission : elles sont utilisées dans les boites à vitesse et pour la lubrification des essieux des wagons. Leurs viscosités cinématiques varient de 10 à 35 Cst à 100°C.

D-Huiles turbines : elles sont utilisées pour lubrifier les paliers des turbines à vapeur ou à gaz .Elles sont obtenues à partir des huiles de distillat mais avec un grand degré de pureté.

E-Huiles isolantes : elles sont utilisées dans le domaine électrique pour certains condensateurs ainsi que pour les interrupteurs ou disjoncteurs .Généralement ce sont des huiles raffinées à l'aide pour améliorer leurs constantes diélectriques et totalement débarrassées de toute trace de l'eau.

F-Huiles blanches : elles sont utilisées dans le domaine médical et pharmaceutique.

Ce sont des huiles qui n'ont ni odeur, ni goût et traitées préalablement dans des laboratoires pharmaceutiques.

II-3-Les additifs :

Les additifs sont des produits chimiques complexes qui sont incorporés aux huiles de base, dont le but d'améliorer certaines propriétés ou de leur en apporter de nouvelles.

II-3-1-Les fonctions des additifs :

Les additifs jouent un rôle irremplaçable dans la formulation des lubrifiants actuels. Ils apportent aux huiles de base un ensemble de caractéristiques et de performances absolument nécessaire au fonctionnement des machines particulièrement mécaniques et thermiques tels que : les moteurs thermiques, les réducteurs à engrenage divers, les transmissions hydrauliques etc.

Les fonctions des additifs sont de remplir l'un ou plusieurs des rôles suivants :

- ✓ Retarder l'oxydation.
- ✓ Transmettre des caractéristiques supérieures d'adhésion.
- ✓ Améliorer l'indice de viscosité.
- ✓ Protéger les surfaces métalliques de la corrosion et de la rouille.
- ✓ Augmenter les propriétés d'écoulement à froid
- ✓ Améliorer la qualité des films de lubrification dans la condition de pression extrême.
- ✓ Maintenir la propreté de pièces motrices
- ✓ Réduire la mousse
- ✓ Former des émulsions huile/eau stable
- ✓ Accroître la capacité perméable du métal

II-3-2-Propriétés des additifs :

Les additifs apportent aux huiles de base un ensemble de caractéristiques qui sont les suivantes :

➤ **Propriétés physiques :**

- Couleur et fluorescence.
- Viscosité et indice de viscosité.
- Point de congélation.

➤ **Propriétés physico-chimiques :**

- Pouvoir dispersant.
- Réduction du frottement et donc de l'usure.
- Pouvoir antirouille.
- Résistance au moussage.

➤ **Propriétés chimiques :**

- Résistance à l'oxydation.
- Résistance à la corrosion.

II-3-4 -Action des additifs :

- **Additifs abaisseurs de point d'écoulement**
- **Additifs améliorant l'indice de viscosité**
- **Additifs anti oxydants**
- **Additifs anti mousses**
- **Additifs anti corrosion**
- **Additifs diminuant la friction et l'usure**
- **Additifs détergents –dispersants**
- **Additifs de basicité**
- **Additifs extrême pression**
- **Agent d'onctuosité**

II-5-Les étapes de raffinage (fabrication des huiles de bases) :

Les huiles lubrifiantes des moteurs thermiques sont préparées à partir des mélanges d'huiles de bases obtenues après raffinage dans une série d'unités qui constituent la chaîne d'huile.

Cette dernière comprend une unité de :

- * Distillation sous vide.
- * Dès asphaltage au propane.
- * Extraction des aromatiques au furfuracé.
- * Déparaffinage.
- * Hydrofinishing.

La qualité d'une huile de base résulte des certains nombres de facteurs indépendants qui sont :

- a) la nature et l'origine du pétrole brut.
- b) La qualité du raffinage : extraction, déparaffinages, traitement de finition, parfois dès asphaltages.

La zone de production des huiles de base de la raffinerie d'Arzew comporte cinq unités principales.

II-6-Méthodes physico- chimiques d'analyse des huiles de base :

Il est bien évident que la fabrication des lubrifiants tels que les huiles nécessite un contrôle continu de la qualité. Ce contrôle repose sur l'utilisation des diverses techniques d'analyses tant que physico-chimiques.

Les principales caractéristiques physico-chimiques examinées dans ce cas, on cite :

II-6-1-La viscosité :

La viscosité d'un liquide est la propriété de ce liquide, résultant de la résistance qu'opposent ses molécules à une force tendant à les déplacer par glissement des molécules dans son sein.

II-6-2-Indice de viscosité :

Indice de viscosité (VI), nombre caractérisant, dans une échelle conventionnelle, la variation de la viscosité d'un produit pétrolier en fonction de la température.

Plus cette variation est faible, plus l'indice de viscosité est élevé, et inversement.

II-6-3-Le point d'écoulement :

Le point d'écoulement d'un fluide est la température la plus basse à laquelle le fluide coule encore lorsqu'elle est refroidie sans agitation dans les conditions normalisées.

Généralement en fait appel à la norme ASTM D-97 dont le but est de décrire une méthode de détermination du point d'écoulement des fluides.

Le principe consiste à lire les résultats indiqués par le thermomètre lorsque le fluide cesse de couler.

Le point d'écoulement s'obtient alors en ajoutant 3°C à la température lue sur le thermomètre.

II-6-4-La densité :

C'est le rapport de la masse (m) d'une substance ayant un volume (v) donné à une température (T) à celle de la masse (m') d'eau ayant le même volume et prise à 15°C on a :

$$D = \frac{m/v}{m'/v} = \frac{m}{m'}$$

C'est la norme ASTM D-1298 qui est habituellement appliquée pour la détermination de la densité des fluides.

La densité des produits pétroliers est mesurée par deux méthodes différentes à savoir :

Aréomètre : cette méthode consiste à plonger le densimètre dans le liquide à évaluer en site la densité en fonction de la température.

Densimètre automatique : le principe consiste à injecter un échantillon à travers une cellule qui donne directement le résultat.

II-6-5-Point éclair :

Le point éclair d'un fluide est la température minimale à laquelle les vapeurs émises s'allument spontanément en présence d'une flamme, dans les conditions normalisées.

II-6-6-La couleur :

La détermination de la couleur s'effectue en comparant par transparence, les échantillons à l'état liquide avec des étalons de verre colorés, les conditions d'observation et d'éclairage étant spécifiées.

Appareillage : il comprend essentiellement :

- Un colorimètre
- Une source de lumière
- Des étalons de couleur
- Une éprouvette d'essai en verre
- Des caches

II-6-7-Point distillation :

-Point initial : Température relevée au moment où la première goutte de distillat tombe de l'extrémité du tube condenseur.

-Point final : Température maximale relevée au cours de l'essai de distillation.

-Point sec : Température relevée au moment de la vaporisation de la dernière goutte de liquide au fond de ballon de distillation.

Appareillage : il comprend essentiellement

- Un ballon
- Un condenseur
- Une enveloppe protectrice
- Un support du ballon
- Deux plaqués d'amiante
- Une source de chauffage

-Plusieurs éprouvettes graduées

-Plusieurs thermomètres

II-6-8-Teneur en eau :

La prise d'essai est chauffée sous reflux avec solvant non miscible dans l'eau qui distille avec l'eau contenue dans la prise d'essai .Le solvant condensé et l'eau sont séparés en continu dans un tube de recette.

L'eau restante dans la partie graduée du tube de recette et le solvant retournant dans l'appareil de distillation.

❖ Liquide solvant-extracteur :

Les solvants suivants ont été jugé convenables

-Toluène-qualité technique.

-Xylène-qualité technique.

-Distillat de pétrole présentant un intervalle de distillation 100 à 200°C.

-Distillat de pétrole présentant un intervalle de distillation 100 à 130°C.

❖ Appareillage :

-Récipient en verre ou en métal, d'une capacité nominale de 500ml, 1000ml, 2000ml.

-Dispositif de chauffage.

On peut utiliser un bruleur à gaz ou un dispositif électrique avec le récipient de distillation en verre.

-Tubes de recette.

-Choix des capacités des récipients de distillation et des tubes de recette.

II-6-9-Point de congélation :

C'est la température la plus basse à laquelle un fluide peut s'écouler dans des conditions normalisées.

II-6-10-Point de trouble :

Le point de trouble des fluides est la température à laquelle les paraffines commencent à se solidifier ou à se séparer de la solution lorsque ce fluide est refroidi dans des conditions normalisées.

II-7-Fabrication des huiles finies :

La fabrication des huiles finies consiste en un mélange d'huiles de base et d'additifs suivant des formulations préalablement définies.

La formulation d'une huile de grade de viscosité donné devrait répondre ou satisfaire un niveau de performance pour lequel elle est fabriquée à partir d'huiles de bases et d'additifs.

La formulation d'une huile de grade de viscosité donné devrait répondre ou satisfaire un niveau de performance pour lequel elle est fabriquée à partir d'huiles de bases et d'additifs.

- Les méthodes de mélange des huiles et des additifs :

Les méthodes de mélange mettent en jeu de nombreux appareillages. Elles peuvent se différencier en 2 grandes classes :

- ✓ Les méthodes de mélange en discontinu (conçus pour la fabrication des huiles industrielles).
- ✓ Les méthodes de mélange en continu (conçus pour la fabrication des huiles moteurs).

Le choix de l'une ou de l'autre est basé principalement sur le nombre de types d'huiles à réaliser et de leur importance.

Chapitre III :
Présentation de la
zone 5 de fabrication
des huiles

Chapitre III : présentation la zone 5 de fabrication des huiles de base

III.1 Unités principales de la zone 5 de fabrication des huiles[9]

Les installations de fabrication des huiles regroupent un ensemble de cinq unités disposées en chaîne, ayant chacune un procédé de traitement spécifique. La zone de lubrifiants 2 (zone 5) assure la production des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA), la capacité de production est de 120 000 T/an.

Elle englobe deux compartiments [9] :

HB3: composé des unités suivant

Unité 100: distillation sous vide;

Unité 150: huile caloporteur;

Unité 200: désasphaltage au propane;

Unité 300 : extraction au Furfural.

HB4 : comprend les unités suivantes :

Unité 400: déparaffinage/déshuilage au MEC-Toluène;

Unité 500: Hydrofinishing;

Le schéma suivant représente la chaîne de fabrication des huiles de base :

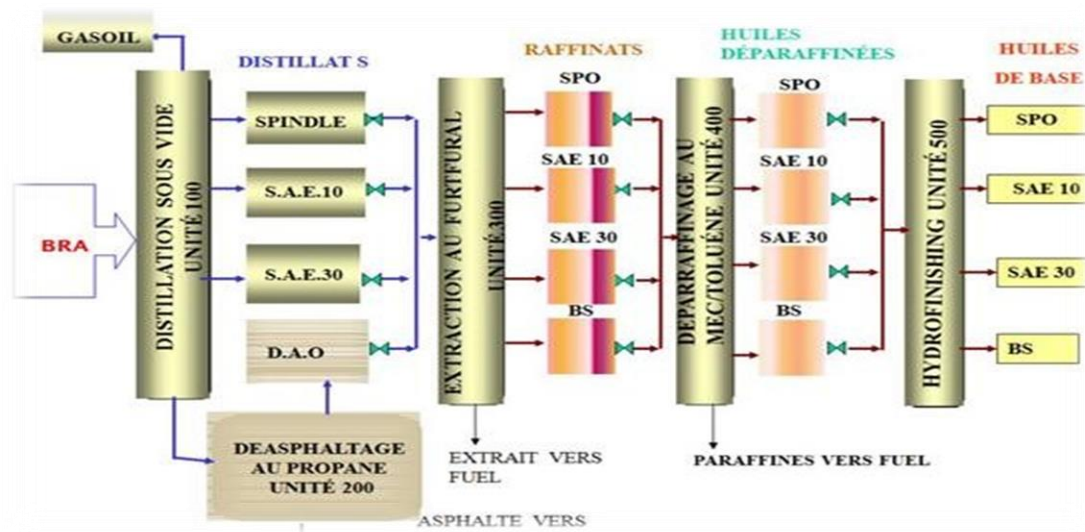


Figure III- 1 : Schéma de fabrication des huiles de base.

III.1.1 Unité 100 : La distillation sous vide[6]

Selon la distillation atmosphérique, où l'on obtient les fractions claires des carburants, la distillation sous vide est destinée au fractionnement des produits contenant les hydrocarbures lourds dont les températures d'ébullition normales seraient supérieures au seuil de craquage. Elle permet donc d'obtenir des fractions huileuses de base à partir du résidu atmosphérique.

L'opération sous-vide permet d'abaisser les températures de distillation à l'ordre de la température limite de stabilité des hydrocarbures et d'éviter ainsi la dégradation thermique des hydrocarbures à haute température d'ébullition [10].

Le vide ou la dépression est réalisée dans la colonne sous-vide à l'aide d'une série d'éjecteurs. On obtient trois coupes de distillat :

Spindle ou huile légère (SPO).

Huile mi-visqueuse (MVO).

Huile visqueuse (VO).

Chacune de ces coupes a un intervalle de distillation dont dépendent leurs caractéristiques usuelles telles que : couleur, densité, viscosité et inflammabilité.

Enfin du fond de colonne on obtient le résidu sous-vide qui est une coupe d'huile résiduelle noire, épaisse qui sera la matière première des huiles lubrifiantes très visqueuses appelées « bright stock ».

Les huiles de base ne seront pas prêtes à l'emploi. Il faudra leur subir une série d'opérations qui élimineront les hydrocarbures indésirables du point de vue de la viscosité, du point de congélation, du carbone Conradson et d'autres, avant de recevoir les additifs qui vont parfaire leurs qualités.

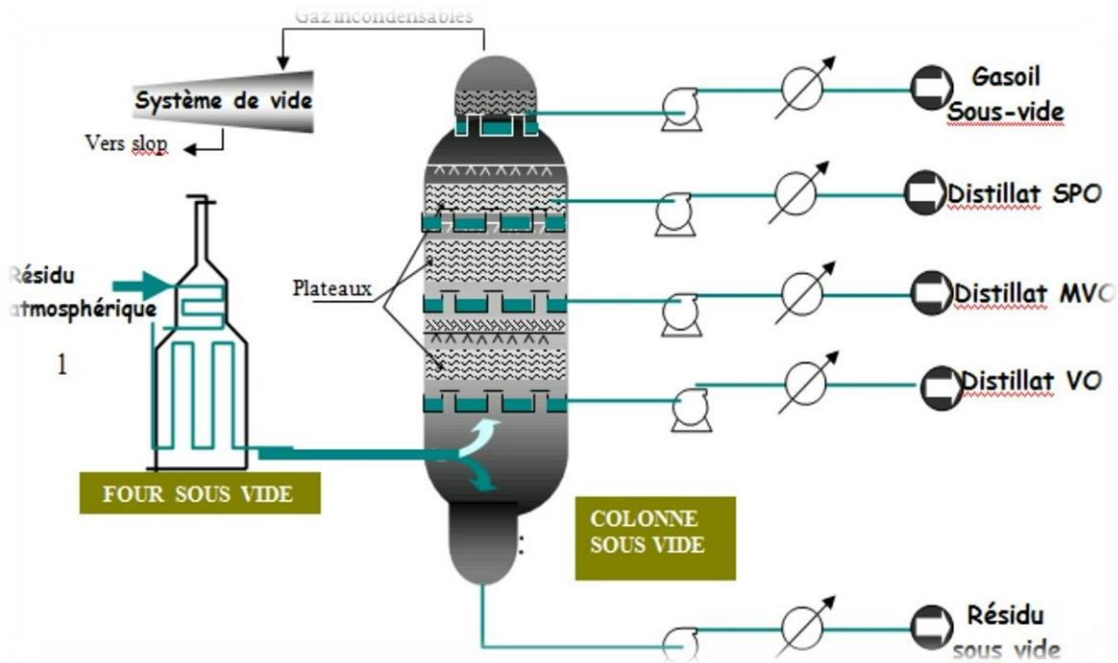


Figure III -2 : schéma simplifié de la distillation sous vide.

III.1.2 Unité 200 : Désasphaltage au propane[6]

La coupe résiduelle de l'unité précédente est riche en asphaltènes et en hydrocarbures lourds. C'est une base excellente pour la fabrication de bitume de meilleure qualité. Mais un lubrifiant de telle qualité ne doit pas contenir d'asphaltes, même à l'état de trace.

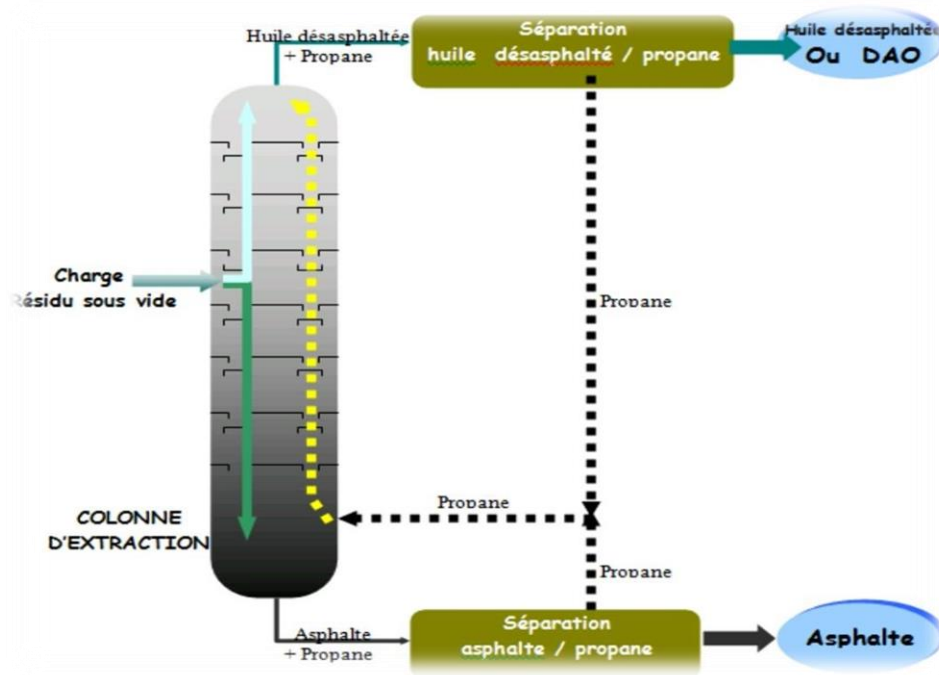
La présence de ces hydrocarbures peut réduire la capacité de l'huile à résister devant la chaleur ce qui peut provoquer facilement son oxydation en laissant des gommages se déposant sur les parois des pistons et cylindres causant l'augmentation de frottement, l'élévation de température enfin une réduction d'efficacité du moteur.

On procède donc à l'élimination de ces asphaltes à l'aide d'un solvant, le propane. Le propane précipite sélectivement les matières asphaltiques et résineuses et dissout l'huile dans des conditions bien déterminées.

Le désasphaltage se réalise par extraction dans une colonne à disques rotatifs par contact à contre-courant d'un flux du résidu sous-vide et flux de propane. une phase huileuse appelée désasphaltisa-oil (DAO) obtenue au sommet de la colonne sert comme charge pour l'obtention du Bright Stock et

la mélange résine-asphaltes qui décante au fond de la colonne constitue une charge pour l'obtention des bitumes.

A la fin de l'opération, on a un brai asphaltique et une huile épaisse qui sera soumise aux mêmes traitements que les autres distillats de l'unité sous-vide.



FigureIII -3: Schéma simplifié du désasphaltage au propane.

III.1.3 Unité 300 : Extraction au furfural[6]

Le but du procédé d'extraction est l'amélioration de l'indice de viscosité des huiles lubrifiantes par précipitation des hydrocarbures aromatiques contenus dans les huiles de bases (SPO, MVO, VO, BS) à l'aide d'un solvant sélectif tel que le furfural.

Cette opération s'effectue par l'injection d'un solvant à contre-courant avec la charge dans une colonne à disques rotatifs (RDC). Deux phases distinctes sont récupérées à la sortie de la colonne dont la première est le raffinat en tête de colonne (phase riche en huile) et la deuxième un extrait au fond de la colonne (riche en solvant contenant des aromatiques).

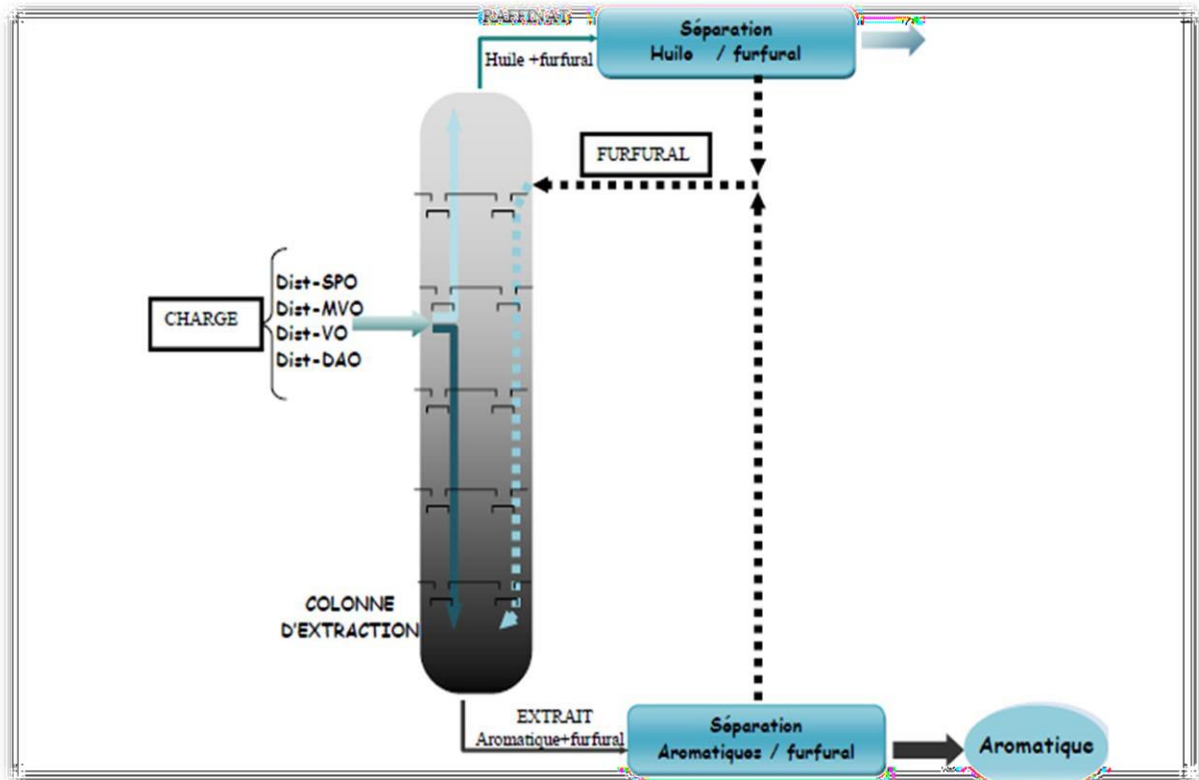


Figure III.4: Schéma simplifié de l'extraction au furfural.

III.1.4 Unité 400 : Déparaffinage au MEC/Toluène[6]

C'est encore un traitement au solvant, il fait suite au procédé d'extraction au furfural qui laisse dans les huiles des hydrocarbures paraffiniques à basse température ces hydrocarbures se solidifient et forment dans les huiles un réseau cristallin qui lui font perdre leur mobilité.

Donc pour éliminer ces hydrocarbures solides (les paraffines, les cires,...) et conserver la mobilité des huiles, on procède au déparaffinage par solvants sélectifs qui, à basse température,

dissolvent l'huile et précipitent les paraffines. Mais le solvant idéal qui réalise ces deux fonctions est introuvable. Pour cela on a mélangé deux solvants dans des proportions convenables, l'un

Dissout l'huile l'autre précipite la paraffine. D'où son appellation est dissolvant. Le dissolvant le plus utilisé est le mélange de la méthyl-éthyl-cétone et le toluène (MEC/Toluène)

A la fin de l'opération de déparaffinage, il en résulte une huile pauvre en paraffine à bas point d'écoulement recherché, et une phase solide retenue dans un filtre rotatif appelée gastch composée essentiellement de la paraffine et un peu d'huile qui, une fois déshuilée sera un sous produit pour la pétrochimie.

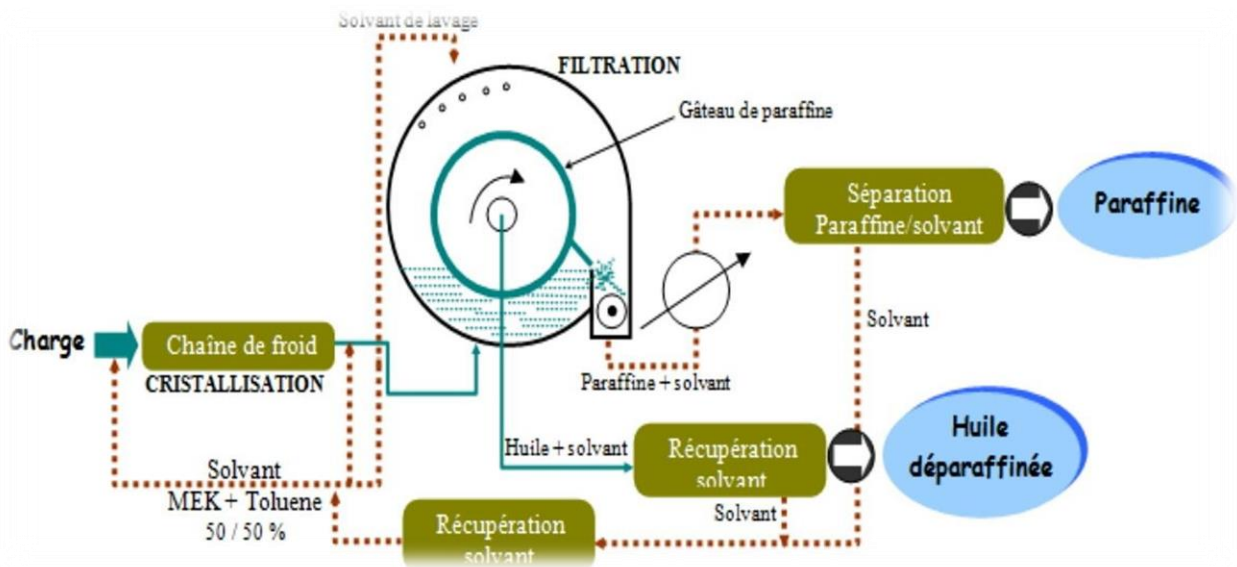


Figure III.5: Schéma simplifié du déparaffinage.

III.1.5 Unité 500 : Hydrorafinage[6]

Les huiles ayant subi les opérations précédentes, Elles possèdent encore d'un autre traitement. Il s'agit débarrasser les composés insaturés (dioléfines), non hydrocarbures (Composés azotés, oxygénés, sulfurés) ou composés instables qu'elles peuvent contenir. Pour cela, il est nécessaire de les faire subir une opération appelée hydrofinissage ou traitement de finition.

Le but de cette opération consiste à clarifier et à stabiliser ces huiles en éliminant les composés indésirables sous forme H_2S , NH_3 et H_2O en vue d'obtenir des produits répondant aux exigences commerciales du marché par les caractéristiques imposées.

Ce traitement réalisé par présence d'hydrogène sur catalyseur à base de fer-cobalt-molybdène sur support d'alumine (Al_2O_3). On appelle les huiles ainsi obtenues des huiles semi-finies

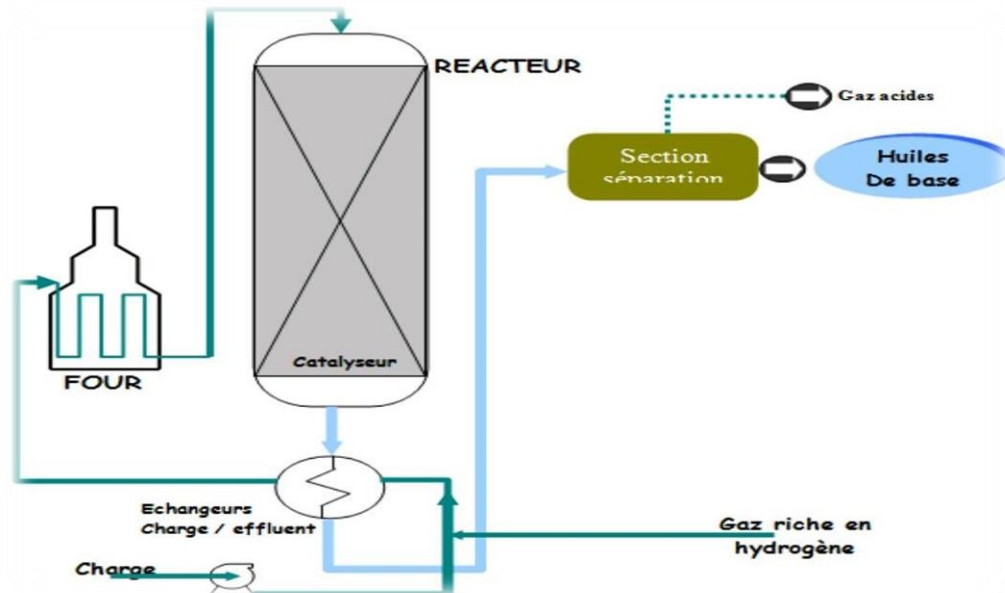


Figure III-6: Schéma simplifié d'hydrofinishing.

III.1.6 Compoundage des huiles finies[6]

La production des huiles lubrifiantes pour les installations déjà vues ne peut pas donner toutes les qualités désirables assurant pleinement le fonctionnement normal des moteurs et des machines même par les moyens les plus modernes. Donc La dernière étape essentielle pour obtenir les huiles finies est l'opération de compoundage qui consiste à mélanger les huiles de base traitées précédemment, dans des proportions bien déterminées additionnées de quelques produits spéciaux appelés additifs ou dopes, améliorant les qualités de service et assurant leur stabilité au stockage.

Le choix des additifs à ajouter et leur action dépendent beaucoup de l'origine des huiles, du procédé de raffinage, de la nature des hydrocarbures aromatiques, des résines et leur concentration dans les huiles.

Chapitre IV :
Déparaffinage au
(mEC/toluéne)

Chapitre IV : déparaffinage au mec / toluène

VI.1.Introduction

1. But de déparaffinage : [11]

.A la sortie de l'unité d'extraction au solvant, la future huile de base, qui est appelée a ce stade de la fabrication « raffinat » a été débarrassée de la majorité de ses molécules aromatiques .son indice de viscosité oui VI a été ajusté a la valeur requise.

.Le raffinat est constitué essentiellement de molécules :

- Paraffinique :Plus ou moins longues et plus ou moins ramifiées ;
- Naphténiques :

Les molécules paraffiniques a chaine droite ou peu ramifiée ont tendance a cristalliser dès la température ambiante .Or, a basse température, l'huile doit rester fluide dans le carter des moteurs a des températures aussi basse que -20 C. Elle ne doit donc pas, en se refroidissant, se prendre en masse par cristallisation, empêchant ainsi son écoulement.

Il est donc indispensable d'éliminer les molécules paraffiniques à point de cristallisation élevé de la majorité des huiles de base.

- L'objectif de cette unité : [11]

Est d'abaisser le point d'écoulement des huiles base, et ceci en éliminant les molécules paraffinages à point de cristallisation élevé. Le solvant utilisé et le mec toluène qui a un pouvoir de dissoudre l'huile et précipiter les paraffine.

Les molécules paraffiniques à chaines droites ou ramifiées ont tendance à ce cristallisé lorsque la température baisse, or l'huile doit garder sa fluidité dans les moteurs à des températures très basses -20°C. il est indispensable d'éliminer ces molécules à point de congélation élevé. l'objectif de l'unité est d'abaisser le point de trouble et le point d'écoulement .par le traitement des quatre raffinats qui contient des molécules paraffiniques après lors 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 qui la paraffine ne fige pas ; il faut éliminer les paraffines qui se congèlent entre la température

ambiante et la température -12°C en ajoutant un solvant (50% mec et 50% de toluène)

pour éliminer les paraffines indésirables dans l'huile (paraffine qui a un mauvais point d'écoulement) le procédé s'effectue de la manière suivante:

A/ mélange a la charge w1e quantité de solvant composé de mélange d'un solvant et d'un anti solvant.

- a) toluène : solvant qui a la propriété de dissoudre les huiles
- b) mec : méthyle-éthyle-cétone : anti-solvant qui a la propriété de favoriser la cristallisation des paraffine
- c) .le mélange solvant /charge se fait en ligne les proportions de solvant mec-toluène est de l'ordre de 50/50.

B/ refroidir progressivement le mélange charge/solvant jusqu'à la température de -26°C , d'où la nécessité de la section de réfrigération au propane (propane utilisé comme réfrigération).

C/ filtration : procédé de séparation entre les paraffines cristallisées et l'huile déparaffinée .l'opération de séparation se passe dans les filtres rotatifs sous vide : le vide est crée par le compresseur de gaz interne d'où une nécessite d'une section annexe de gaz inerte.

D/ les récupérations du solvant a partir de l'huile déparaffinée et des paraffines obtenues par filtration.

VI.2.Charge set produits:

La charge de l'unité de déparaffinage est le "raffinat" qui provient de l'unité d'extraction

Des aromatiques les produits résultants de l'opération de déparaffina gesont :

- L'huile déparaffinée
- Un produit paraffineux appelé« Gatch »ou« Slackwax ».

VI.3.Rôle de solvant :

La méthyle-éthyle-cétone (MEC) :

C'est un composé polaire qui provoque la cristallisation de la paraffine au cours du refroidissement et permet ainsi d'avoir une température de filtration voisine du point d'écoulement d'huile.

Le toluène:

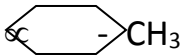
C'est un composé aromatique qui a un bon pouvoir solvant pour l'huile même à basse température donc est permet d'augmenté la solubilité d'huile ceci de régler le taux de dilution au minimum.

VI.4.Caractéristiques du solvant : [5]

Le solvant utilisé est composé de solvant et d'anti-solvant. Le toluène est un solvant qui a la propriété de dissoudre les huiles à basse température tandis que le méthyle éthyle-cétone est un anti-solvant qui a la propriété de favoriser la cristallisation des paraffines.

Les caractéristiques physico-chimiques des solvants utilisés (MEC-Tol) sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : caractéristiques physico-chimique de solvant(mec-tol)

Solvant	Masse molaire	Pe	T cond	Cp (g/calC)	T eb (°k)	Observations
Toluène (c7h8) 	92.13	4.4	-95	0.408	110.6	.Liquide incolore .Odeur benzenique .Peu soluble dans l'eau
Methylethylcetone (c4h8o)	72.10	3	-87	0.515	79.7	.Missibleau huiles .Liquide incolore .Odeur cetonique .Missible au alcools

Le mélange possède des avantages qui permettent d'obtenir une efficacité de filtration :

- Un point de congélation très bas et des viscosités faibles.
- Miscible en haute proportion.
- Sa récupération est facile.

Cependant, il a l'inconvénient d'être inflammable et nécessite un équipement fermé avec une couverture de gaz inerte.

. le solvant idéal devrait dissoudre l'huile et précipiter toute la paraffine .
D'autre part , cette dernière , en précipitant , devrait se constituer en un réseau de cristaux pas trop serré pour permettre la filtration de l'huile à travers ce réseau.

La première variable opératoire du procédé de déparaffinage est donc le solvant utilisé.

Les qualités d'un bon solvant de déparaffinage sont :

Solubilité et sélectivité : bonne solubilité pour l'huile et bonne sélectivité de cristallisation pour la paraffine

Bas point d'ébullition : le solvant devant être éliminé de l'huile et de la paraffine par distillation, il convient de limiter la dépense énergétique lors de cette opération ;

Faibles chaleur de vaporisation et chaleur spécifiques pour les mêmes raisons que ci-dessus ;

Bas point de congélation : le solvant doit rester liquide aux températures de filtration ;

Non toxique et non corrosif ;

Bas prix et bonne disponibilité.

VI.5.Description du procédé

Les installations de l'unité de déparaffinage se composent des sections

Suivantes :

- Section de réfrigération,
- section de filtration,
 - a. Circuit du solvant
 - b. Circuit de la charge
- Section de déshuilage,
- Section de gaz inerte,
- Section de récupération de solvant de la paraffine,
- Section de récupération de solvant de l'huile déparaffinage.

1. Section de réfrigération :[11]

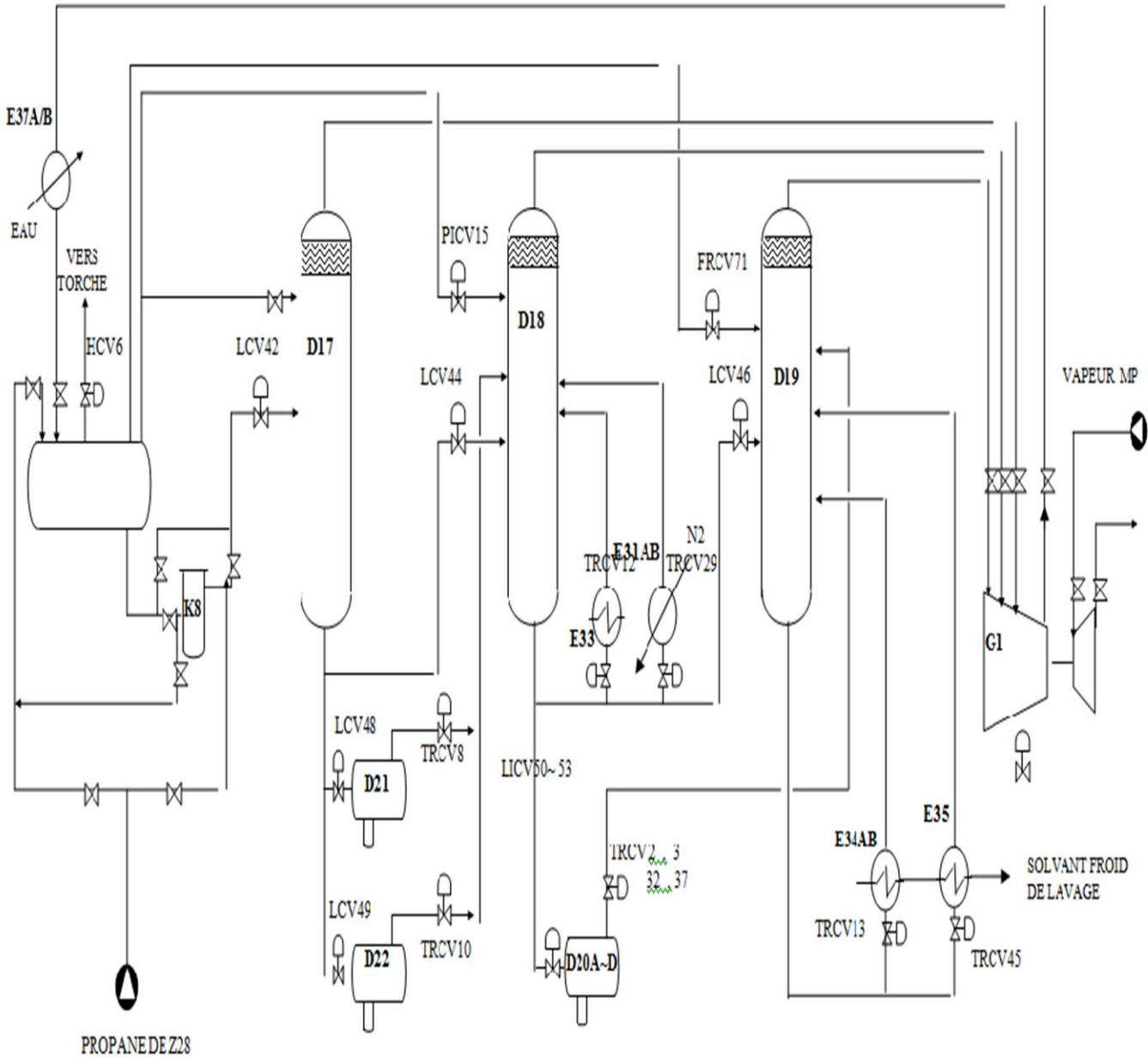
Le propane provenant de la sphère est stocké dans le ballon D16. Il passe à travers un sécheur (K8) où les traces d'humidité sont absorbées par le silicicole. Le propane liquide subit une série de détente, les vapeurs de tête des ballons de détente D17, D18, D19 sont aspirées par le compresseur (G1) entraîné par turbine respectivement à (HP, MP, BP), puis condensées à l'eau dans E37 avant d'être recyclées dans le D16.

Le cycle de détente s'effectue comme suit :

1^{ère} détente :du fond du ballon (D17), la température est entre 0 – 5 C° le propane liquide est utilisé comme réfrigérant au niveau des Schillers de déshuilage (E9, E10).

2^{ème} détente :du fond (D18), le propane liquide à – 15 C° est utilisé comme réfrigérant dans les Schillers de déparaffinage E4 ABCD et les cristallisations de solvant et de gaz inerte dans E33, E39.

3^{ème} détente : du fond (D19), on recueille un propane liquide dont la température est entre –39/-40 C° qui va servir à refroidir le solvant de lavage des filtres dans les cristallisoirs E34, E35.



UNITE 24
SECTION DE REFRIGERATION

Figure IV.1 : section de réfrigération

Section de filtration :[11]**- Circuit de solvant****Solvant humide**

Le D11 est un ballon d'accumulateur de solvant humide, il reçoit le solvant provenant des têtes de colonnes C7, C6, C4 à $T = 38\text{ C}^\circ$.

Il est utilisé pour :

- La première dilution : comme le flux dans les colonnes de récupération, l'excès est envoyé vers des bacs.

Il est récupéré par stripage dans la section de récupération.

Solvant sec

Le solvant sec est accumulé dans le D12, l'excès de solvant déborde vers D11 à travers un déversoir par la pompe G22, le solvant sec est aspiré à $T = 382$ et refoule vers les reflux des colonnes C1, C2, vers le E36 réchauffeur de solvant chaud de lavage où la température augmentés jusqu'à 90 C° (ce solvant servira au lavage à chaud des filtres rotatifs sous vide et les Schillers).

La même pompe (G2) assure également le débit de solvant froid (il servira de lavage des filtres rotatifs et des injections de la 2ème dilution de solvant sec).

Le solvant froid de lavage est refroidi par la DO (provenant du D2 à 38 C°) dans le E5, jusqu'à 20 C° , dans entre $-5, 10\text{ C}^\circ$ et dans E34 jusqu'à -15 C° et enfin la température est chutée jusqu'à -26 C° dans E35 par le propane.

Il va être utilisé pour laver le gâteau de paraffine (dans le filtre rotatif K1A/B/C) afin d'augmenter le rendement de l'huile.

Le solvant sec de la 2^{ème} dilution.

Une partie de solvant sortie du E5 à 20 C° est mélangé avec le solvant provenant du mélange 5 C° .

Le solvant à 20 C° (E5) + 5 à -100 C° (E33) $\rightarrow T_m = 5\text{ C}^\circ$ \rightarrow 1^{ère} injection

Le solvant à 20 C° (E5) + 5 à 34 C° (E34) $\rightarrow T_m = -10\text{ C}^\circ$ \rightarrow 2^{ème} injection

Le solvant à -15 C° (E34) + 5 à -26 C° (35) $\rightarrow T_m = -20\text{ C}^\circ \rightarrow 3^{\text{ème}}$ injection

Dans le but de permettre une cristallisation progressive et uniforme, favorisant la séparation par filtration entre les cristaux + huile au niveau de la toile filtrante, pour augmenter le rendement en huile et une durée de vie plus grande.

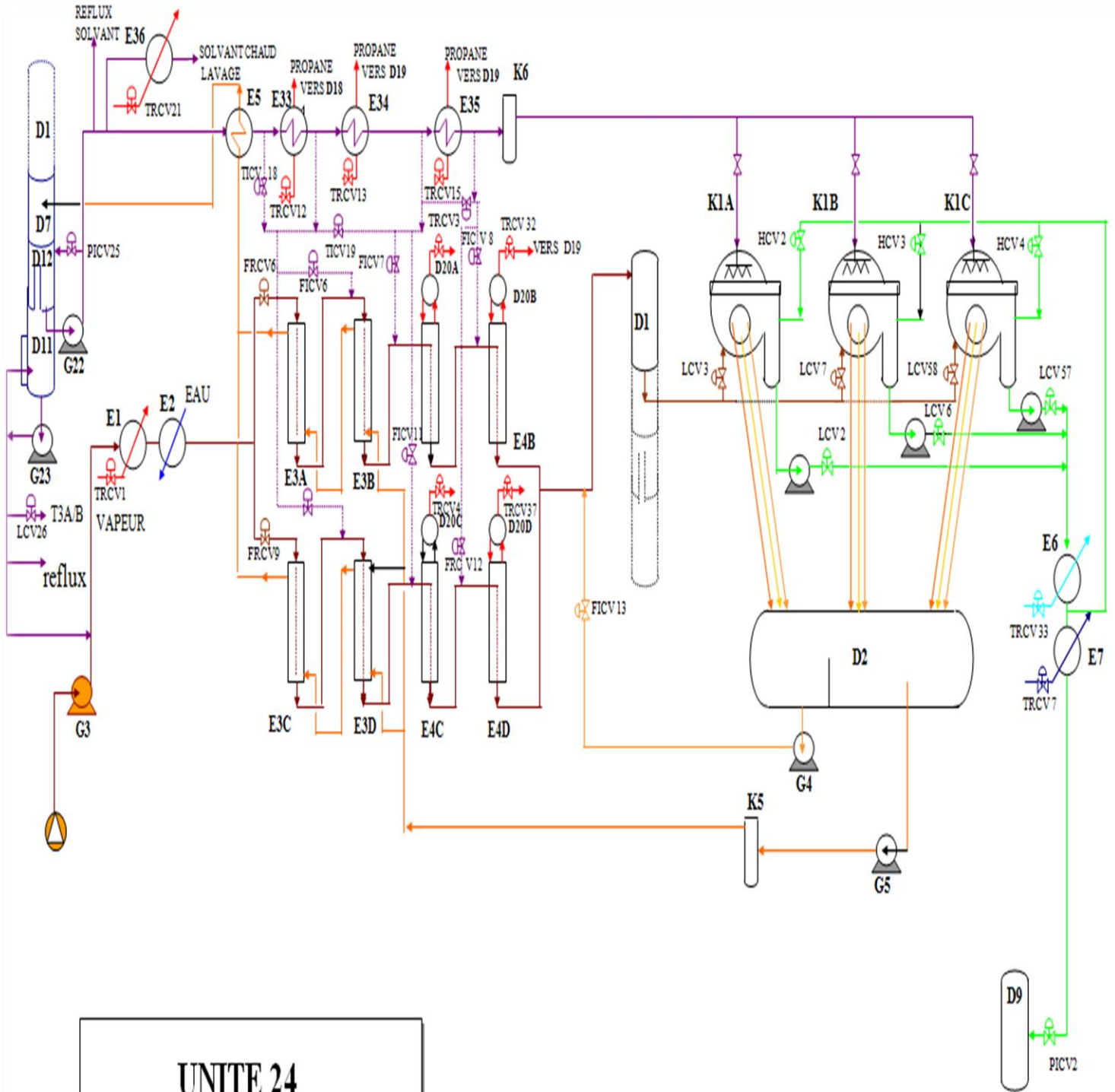
- **Circuit de charge**

La pompe de charge G3 aspire à partir des bacs le grade de charge à traiter, la charge est mélangée avec le solvant de la 1ère dilution. La température à l'entrée du E1 chute à 38 C° , le mélange est chauffé dans le E1 avec la vapeur humide ceci pour dissoudre tous les cristaux de paraffine afin de permettre par la suite une cristallisation uniforme des cristaux de paraffine. Il est ensuite refroidi à l'eau dans le E2 jusqu'à 38 C° avant d'être divisé en 2 passes, refroidi dans les Schillers E3 A, C jusqu'à 20 C° et E3BD jusqu'à 0 C° où le refroidissement se fait par un mélange d'huile déparaffinée et un deuxième refroidissement dans les schillers E4AC, jusqu'à -15 C° et E4BD jusqu'à -26 C° où le refroidissement se fait par le propane. Le mélange est envoyé vers le D1 ballon d'alimentation des filtres rotatifs sous vide, dans le K1 A/B/C.

La DO : le mélange huile déparaffinée et solvant passe à travers la toile filtrante et se déverse dans le D2 où le vide est maintenu à -500 mmhg (la charge est aspirée grâce à un compresseur), la DO est envoyée vers les Schillers E3B/A, E3 D/C avant d'être refroidi, le solvant dans E5 et enfin vers D7 ballon d'accumulateur d'alimentation de la section de récupération de solvant dans la DO.

La paraffine cristallisée : la paraffine cristallisée est maintenue sur la toile filtrante sous l'effet du vide, une injection de gaz inerte permet de casser le vide et favoriser le raclage de la paraffine sur la toile filtrante et envoyer vers la botte.

La paraffine passe soit dans le D9, système de récupération du solvant dans le cas où la charge traitée est SPO ou BS ou vers le déshuilage dans le cas où la charge traitée MVO ou VO.



UNITE 24
SECTION FILTRATION

Figure IV-2: Section de filtration

VI.5. Section de récupération de solvant d'huile de paraffine

Le même principe que le SW et le HW, le mélange d'huile déparaffinée est chauffé dans les échangeurs (E14, E15) avant de subir deux détente.

1ère détente : dans la colonne de flash C1 à basse pression où une partie de solvant s'évapore puis est condensée à l'eau avant d'être stockée.

2ème détente : du fond de C1, le mélange est réchauffé jusqu'à 210 C° dans le four, ensuite il est détendu à haute pression dans la colonne C2. La partie de solvant s'évapore puis est condensée par un aéroréfrigérant avant d'être stocké dans le D12. Du fond de C2, le mélange contient des traces de solvant qui peut être éliminé par stripage à la vapeur dans le stripper C3.

Elimination des dernières traces de solvant (DO, SW, HW) des têtes des strippers C3, C9 et C5. Les vapeurs de solvant vont être collectées avant d'être condensées à l'eau dans E31 et par différence de densité, le solvant se décante puis déborde dans le côté riche en solvant, l'autre côté subit un 2ème stripage dans C9 où le mélange azéotrope monte en tête et l'eau séparée est drainé vers PPI.

1. Section de déshuilage

Lors de traitement de charge MVO, VO, le mélange passe pour la section de déshuilage dans le but d'obtenir des paraffines dures (0,3 % d'huile).

La paraffine non déshuillée chauffe dans E6 jusqu'à 60 C°. Une injection de solvant à l'entrée du E7 et E9, permet de dissoudre tous les cristaux de paraffine pour avoir par suite une cristallisation uniforme de la paraffine, pour avoir une chute de la température jusqu'à 10 C°. Le mélange est réchauffé dans E7 jusqu'à 50 C° et passe ensuite dans les Schillers E8 où il est refroidi avec la paraffine molle jusqu'à 20 C° et par le propane jusqu'à 8 C°.

Le mélange paraffine dure est recueilli sur la toile du K2 où il est mélangé avec le solvant humide à 38 C° et sorte la botte vers E10 où il est refroidi par le propane. Le mélange subit d'autres séparations dans K3, la paraffine dure est récupérée et envoyée vers D8.

Le mélange solvant huiles récupéré est refoulé vers : 1ère dilution de solvant déshuilage primaire. 2ème dilution du solvant : lavage froid du filtre de déshuilage primaire K2.

2. Section de gaz inerte

Production d'azote :

La production d'azote est obtenue par combustion du gaz naturel en présence de l'air atmosphérique dans le générateur d'azote K4. Les gaz de combustion refroidis à l'eau jusqu'à 20 C° avant d'être stocké dans la cloche T4.

Les gaz de combustion sont composés de : O₂ (0,5 %), CO₂ (10 %), N₂ (le reste).

L'azote obtenu sert :

- Pour l'étanchéité des ballons ou des bacs contenant les solvants afin d'éviter leur explosion avec l'air.
- Pour éviter la corrosion.

Le compresseur de gaz inerte G2 aspire du D23 et maintient le vide (- 500 mmHg) dans les ballons D2, D4 et D6 qui permet la séparation entre le mélange paraffine et le mélange DO, le gaz inerte comprimé est refroidi à l'eau dans le E38 jusqu'à 25 C° puis dans le E39 avec le propane jusqu'à 5 C° avant d'aller dans le D25 (ballon séparateur) où les traces de solvant et d'eau condensées sont envoyées vers D13 et D15.

Le gaz inerte passe vers les filtres K1, K2 et K3 pour favoriser le décollage de la paraffine. L'excès d'azote est envoyé vers la cloche T4.

VI.6.Section de récupération de solvant de la paraffine[10]

1. La paraffine molle (soft wax)

Le mélange paraffine molle est stocké dans un ballon décanteur (D9) où l'eau décantée est envoyée vers le D10. Le mélange est chauffé par deux échangeurs le E25, E26 jusqu'à (102°C) respectivement par les vapeurs de solvant provenant des têtes de colonnes C6 et C7.

Le mélange subit une détente dans la colonne de flash à basse pression C6. Du fond de C6, le mélange est réchauffé par la paraffine molle provenant du

fond du stripper C8 et ensuite dans le four F2 jusqu'à 210 C°. A la sortie du four, il passe vers la colonne de flash à haute pression C7, le fond de cette colonne est recueillie dans le stripper C8 (à la vapeur surchauffé) permet d'éliminer les dernières traces de solvant qui sont envoyés vers l'échangeur E31, du fond de C8 la paraffine molle passe par E27 avant d'être envoyé vers fuel.

Les vapeurs de solvant provenant des têtes de colonnes C8, C7 respectivement utilisés pour réchauffer le mélange avant d'être condensé et stocké dans les ballons D11 et D12.

2. La paraffine dure (Hard wax)

Le mélange (H10) à partir du D18 est réchauffé par trois échangeurs E20, E24 et E29 jusqu'à 180 C°. Il subit une détente à basse pression et un strippage à la vapeur surchauffée permet d'éliminer les dernières traces de solvant qui sont envoyées vers l'échangeur E31. Du fond du stripper (C5), la paraffine dure sort à 160 C° pour réchauffer le mélange avant d'être envoyé soit vers la zone 6 dans le cas où le déshuilage étant en service soit vers fuel.

La vapeur de solvant provenant de la tête du C4 réchauffe le mélange avant d'être condensée et stockée dans les ballons D11 et D12.

VI.7. Section de récupération de solvant d'huile de paraffine

Le même principe que le SW et le HW, le mélange d'huile déparaffinée est chauffé dans les échangeurs (E14, E15) avant de subir deux détentes.

1ère détente : dans la colonne de flash C1 à basse pression où une partie de solvant s'évapore puis est condensée à l'eau avant d'être stockée.

2ème détente : du fond de C1, le mélange est réchauffé jusqu'à 210 C° dans le four, ensuite il est détendu à haute pression dans la colonne C2. La partie de solvant s'évapore puis est condensée par un aéroréfrigérant avant d'être stocké dans le D12. Du fond de C2, le mélange contient des traces de solvant qui peut être éliminer par stripage à la vapeur dans le stripper C3.

Elimination des dernières traces de solvant (DO, SW, HW) des têtes des strippers C3, C9 et C5. Les vapeurs de solvant vont être collectées avant d'être condensées à l'eau dans E31 et par différence de densité, le solvant se décante puis déborde dans le côté riche en solvant, l'autre côté subit un 2ème stripage

dans C9 où le mélange azéotrope monte en tête et l'eau séparée est drainé vers PPI.

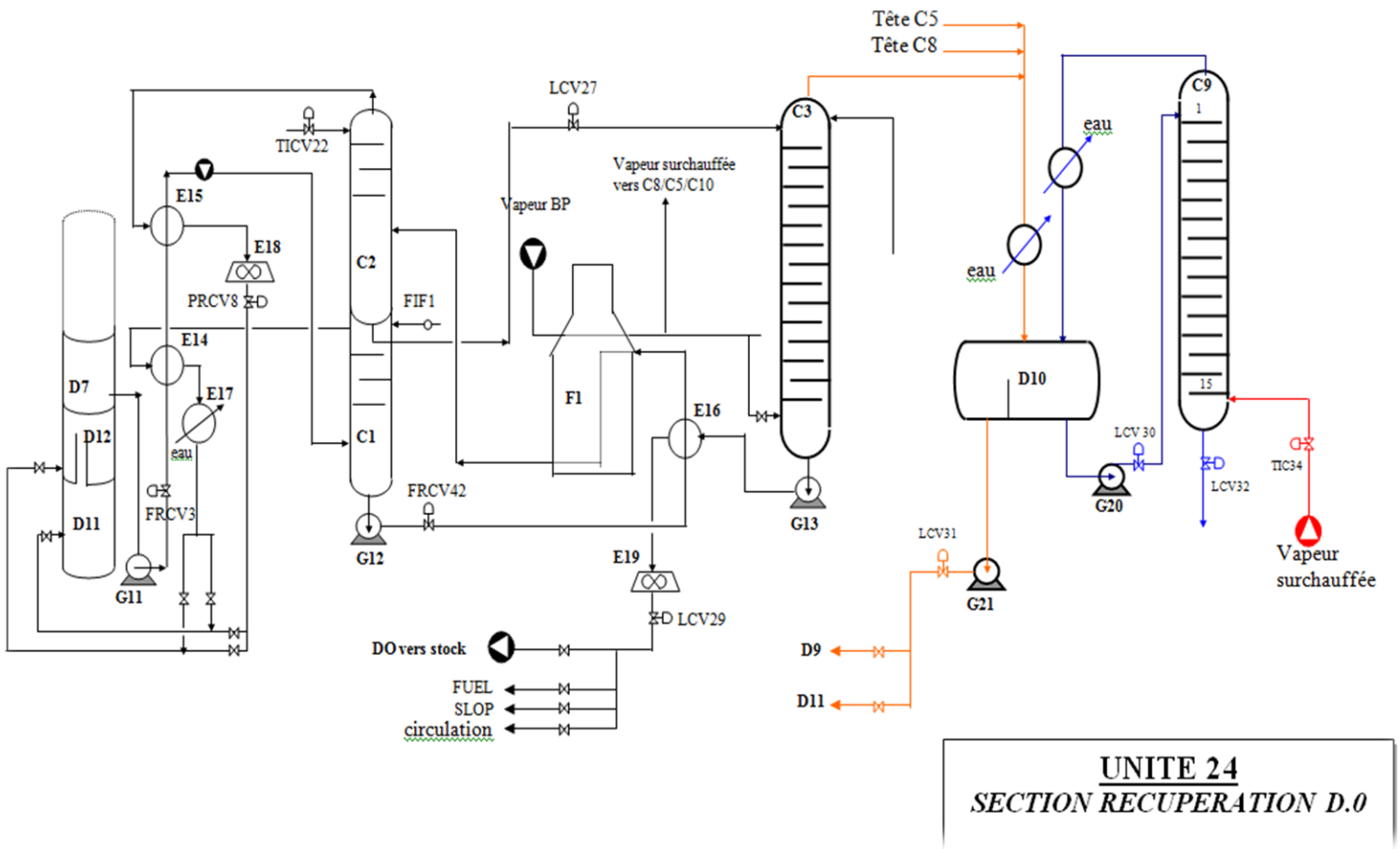


Figure IV-3: Section de récupération D.O

VI.8. Notion point d'écoulement et différentiel de température

La température de filtration est déterminée par le point d'écoulement recherché, mais aussi par ce qui est appelé le « différentiel de température ».

Comme on l'a déjà indiqué, le différentiel de température est la différence entre la température à laquelle il faut refroidir la charge à déparaffiner et le point d'écoulement de l'huile obtenue

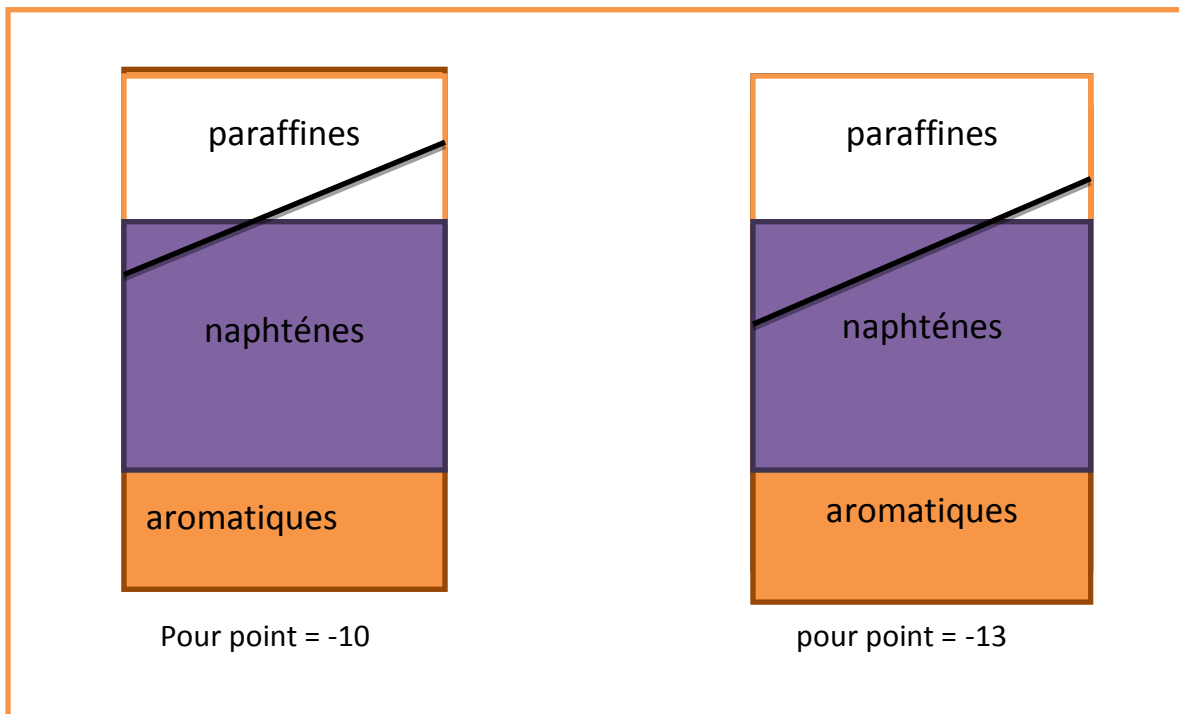


Figure IV.4 : différentiel de température

VI.9.Description d'un schiller

Un schiller est un échangeur tubulaire permettant de refroidir le mélange (charge + solvant) en prenant des frigories à un fluide froid.

C'est un appareil qui comporte 12 éléments constitués de tubes coaxiaux montés en rangées de 2 tubes de largeur sur 6 tubes de hauteur.

Chacun des éléments est constitué par des tubes 6 et 8, dans chacun de ces éléments il y a un système de grattage de paraffine. La surface totale d'échange d'un schiller est de l'ordre de 81 m².

Les racleurs sont des lames de métal fixées par des ressorts à un arbre d'entraînement. La technologie des racleurs présente quelques variantes (fixation à l'arbre par des ressorts ; système Worthington, ou par des feuilles de métal ayant une flexibilité donnée ; système Worthington, mais les principes de base restent les mêmes.

Ces racleurs procurent une agitation favorable à la croissance des cristaux. Ils permettent également d'éviter l'accumulation de paraffine sur la paroi du schiller, dégradant le coefficient d'échange, voire en situation extrême pouvant provoquer le bouchage complet de l'appareil. Il est donc extrêmement important que ces racleurs soient en bon état. Leur degré d'usure doit être vérifié périodiquement, ou 12 arbres d'entraînement des racleurs sont reliés entre eux par une chaîne et entraînés par un moteur électrique.

1. Caractéristiques de construction

Ce sont des échangeurs à doubles parois dont les caractéristiques sont :

■ Côté tube :

- Nombre de tube : 12
- Diamètre intérieur : $d_i = 0,153$ m
- Diamètre extérieur : $d_o = 0,168$ m
- Longueur du tube : $L = 13,5$ m

■ Côté calandre :

- Diamètre intérieur : $D_i = 0,202$ m
- Diamètre extérieur : $D_o = 0,216$ m
- Longueur de la calandre : $l = 12,8$ m
- Matériau de construction : acier au carbone de nuance



**Figure IV.5 : échangeurs de chaleurs
type « shillers »**

2. Filtre rotatif :

a) Objet de filtration :

La section de refroidissement a permis de passer d'une phase liquide (charge + solvant) à un mélange liquide solide appelé (SLURRY) qui se compose de :

- . Une phase homogène liquide riche en huile déparaffinée
- . Une phase solide cristalline riche en paraffine

La section de filtration va permettre de séparer ces deux phases de façon à les traiter ultérieurement dans deux sections séparées de récupération de solvant.

Principe de filtration :

Une toile tendue sur un support (presse ou tambour) permet de retenir au passage les matières en suspension d'un diamètre supérieur au diamètre ses mailles . le produit passant au travers de cette toile est appelée « FILTRAT » .

le produit retenu sur la toile est appelé « GATEAU ».

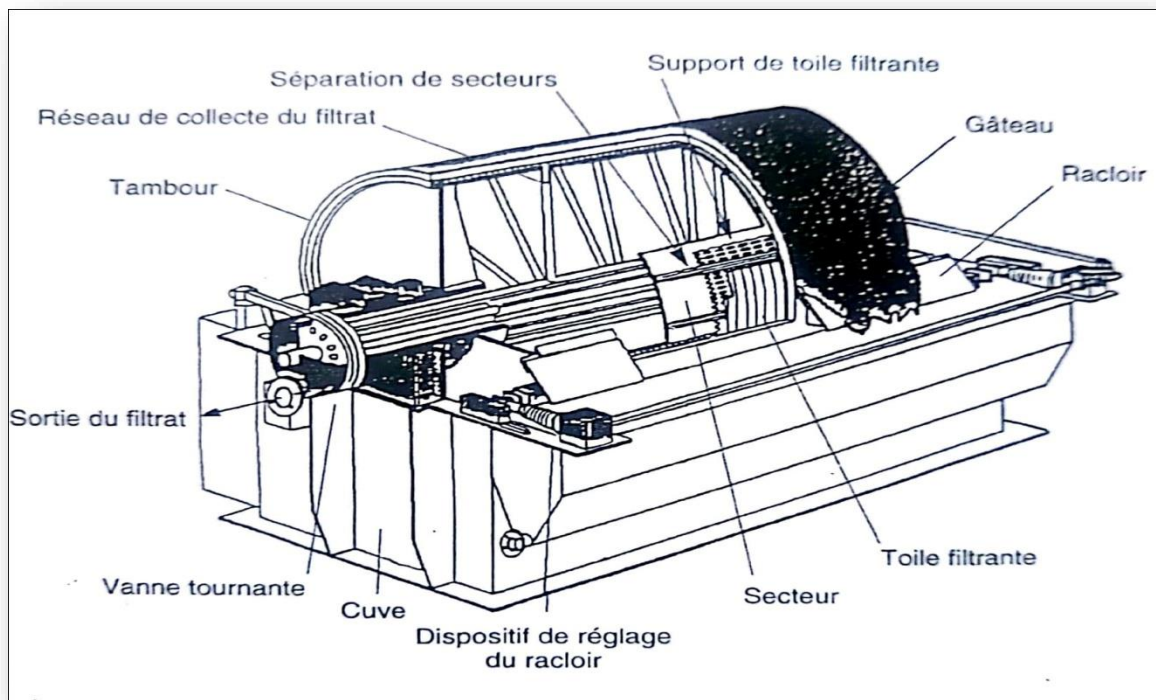
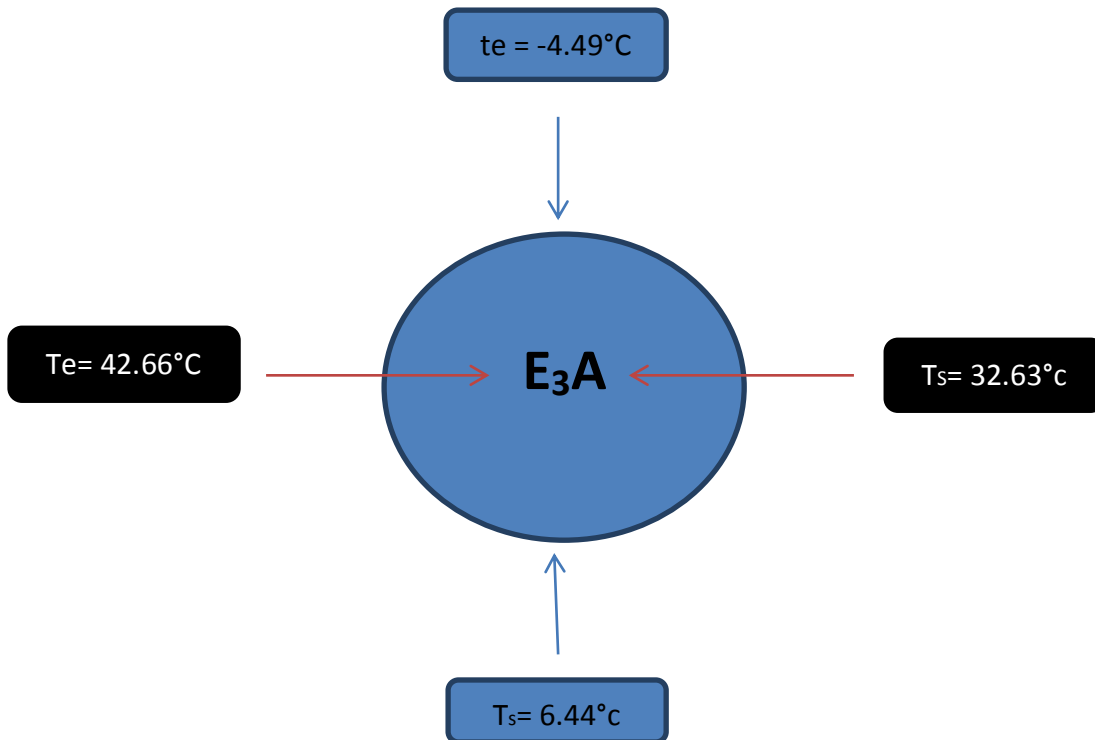


Figure V.6 : schéma filtre rotatif a toit

Chapitre V: rendement de chiller

Chapitre V : rendement de chiller

v.I.1.1- schéma simplifié :



V.I.1.2 – Les données de base :

* températures :

Les chillers	Te(°c)	Ts(°c)	te(°c)	ts(°c)
A	42.66	32.63	-4.49	6.44
B	32.63	22.71	-14.69	21.14
C	42.66	23.41	-3.55	6.95
D	23.41	14.35	-14.69	-3.55

Tableau v.1: les températures moyennes entrée /sortie de l'échangeur E403A

	Proposition volumique	Débit m ³ /h
Charge (vo+s)	$X_{vo} = 30.74\%$ $X_S = 69.26\%$	26.72
Charge (Do+s)	$X_{DO} = 15\%$ $X_S = 85\%$	48.94

Tableau v.2: pourcentage volumique des différents débits

- **Différence moyenne logarithmique :**

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta t_e - \Delta t_s}{2.3 \log \frac{\Delta t_e}{\Delta t_s}}$$

$$\Delta t_e = T_e - t_s = 42.66 - 6.44 = \mathbf{36.22\text{ °C}}$$

$$\Delta t_s = T_e - t_s = 32.63 + 4.49 = \mathbf{37.12\text{ °C}}$$

$$\Delta T_{LM} = \frac{36.22 - 37.12}{2.3 \text{ LOG } \frac{36.22}{37.12}} = \mathbf{37.5\text{ °C}}$$

- **Les températures caloriques :**

$$F_c = \frac{\Delta T_{LM} - \Delta t_s}{\Delta t_e - \Delta t_s} = \frac{37.5 - 37.12}{36.22 - 37.12}$$

$$F_c = \mathbf{-0.42}$$

$$T_c = t_e + F_c(t_s - t_e) = -4.49 - 0.42 * (6.44 + 4.49)$$

$$T_c = \mathbf{-9.05\text{ °C}}$$

$$t_c = T_s + F_c(T_e - T_s) = 32.63 - 0.42 * (42.66 - 22.71)$$

$$t_c = \mathbf{24.25\text{ °C}}$$

La densité :

- **VO**

$$d_{vo}^{20} = 0.821$$

$$k = 0.00075$$

$$d_{vo}^{Tc} = d_{vo}^{20} - k (Tc - 20) = 0.821 - 0.00075 * (24.25 - 20)$$

$$d_{vo}^{Tc} = 0.817$$

- **Solvant**

$$d_{MEC}^{20} = 0.807$$

$$d_{tol}^{20} = 0.870$$

$$X_{MEC} = 0.54$$

$$X_{tol} = 0.46$$

$$d_s^{20} = (d_{MEC}^{20} * X_{MEC}) + (d_{tol}^{20} * X_{tol}) = (0.807 * 0.54) + (0.870 * 0.46)$$

$$d_s^{20} = 0.836$$

$$d_s^{Tc} = d_s^{20} - k (Tc - 20) = 0.836 - 0.00075 * (24.25 - 20)$$

$$d_s^{Tc} = 0.833$$

- **Charge**

$$d_{charge}^{Tc} = (d_{vo}^{Tc} * X_{vo}) + (d_s^{Tc} * X_s) = (0.817 * 0.297) + (0.833 * 0.703)$$

$$d_{charge}^{Tc} = 0.828$$

- **DO**

$$d_{DO}^{20} = 0.856$$

$$k = 0.00065$$

$$d_{vo}^{Tc} = d_{vo}^{20} - k (Tc - 20) = 0.856 - 0.00065 * (-9.08 - 20)$$

$$d_{DO}^{Tc} = 0.874$$

- Solvant

$$d_{MEC}^{20} = 0.807$$

$$d_{tol}^{20} = 0.870$$

$$X'_{MEC} = 0.54$$

$$X'_{tol} = 0.46$$

$$d_s'^{20} = (d_{MEC}^{20} * X'_{MEC}) + (d_{tol}^{20} * X'_{tol}) = (0.807*0.54) + (0.870*0.46)$$

$$d_s'^{20} = 0.836$$

$$d_s^{tc} = d_s'^{20} - k (tc - 20) = 0.836 - 0.00075 * (-9.08 - 20)$$

$$d_s^{tc} = 0.858$$

- Charge

$$d_{charge}^{Tc} = (d_{Do}^{tc} * X_{Do}) + (d_s^{tc} * X'_s) = (0.874*0.15) + (0.858*0.85)$$

$$d_{charge}^{tc} = 0.860$$

• La masse volumique :

$$\rho_{int}^{Tc} = d_{charge}^{Tc} * d_{eau} = 0.828 * 1000$$

$$\rho_{ent}^{Tc} = 828 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{ext}^{tc} = d_{charge}^{tc} * d_{eau} = 0.860 * 1000$$

$$\rho_{ext}^{tc} = 860 \text{ kg/m}^3$$

charge spécifique :

- VO

$$CP_{VO}^{Tc} = (0.403 + 0.00081Tc) * \frac{1}{\sqrt{d_{15}^{15}}} \text{ (Tc en } ^\circ\text{K)}$$

$$d_{15}^{15} = 0818 \text{ telque } d_4^{15} = 0.817$$

$$d_{15}^{15} = \frac{d_4^{15}}{0.99904} = \frac{0.817}{0.99904}$$

$$CP_{VO}^{Tc} = (0.403 + 0.00081 * 297.25) * \frac{1}{\sqrt{0.818}}$$

- solvant

$$CP_{VO}^{Tc} = 0.711 \text{ kcal/h}$$

$$CP_s^{Tc} = 0.430 \text{ kcal/h}$$

$$CP_{int}^{Tc} = (0.711 * 0.297 + 0.430 * 0.703)$$

$$CP_{int}^{Tc} = 0.513 \text{ kcal/h}$$

- DO

$$CP_{DO}^{tc} = (0.403 + 0.00081tc) * \frac{1}{\sqrt{d_{15}^{15}}} \quad (tc \text{ en } ^\circ K)$$

$$d_{15}^{15} = 0853 \text{ telque } d_4^{15} = 0.852$$

$$d_{15}^{15} = \frac{d_4^{15}}{0.99904} = \frac{0.852}{0.99904}$$

$$CP_{VO}^{Tc} = (0.403 + 0.00081 * 263.92) * \frac{1}{\sqrt{0.853}}$$

$$CP_{VO}^{Tc} = 0.667 \text{ kcal}$$

- solvant

$$CP_s^{tc} = 0.415 \text{ kcal/h}$$

$$CP_{int}^{Tc} = (0.667 * 0.15 + 0.415 * 0.85)$$

$$CP_{int}^{Tc} = 0.452 \text{ kcal/h}$$

• la conductivité thermique :

$$\lambda_{int} = 0.17 - 1.418.10^{-4} * Tc = 0.17 - 1.418.10^{-4} * 24.25$$

$$\lambda_{int} = 0.166 \text{ kcal/h.m.}^\circ c$$

$$\lambda_{ext} = 0.17 - 1.418.10^{-4} * tc = 0.17 - 1.418.10^{-4} * (-9.08)$$

$$\lambda_{ext} = 0.17 \text{ kcal/h.m.}^\circ c$$

- La viscosité a partir de graphe

$$\mu_{int} = 0.802 \cdot 10^{-3} \text{ kg /m.s}$$

$$\mu_{ext} = 1.650 \cdot 10^{-3} \text{ kg /m.s}$$

Tube intérieur à Tc (VO+S)	Tube extérieur à tc (DO+S)
$T_e = 42.66^\circ\text{C}$	$t_e = -4.49^\circ\text{C}$
$T_s = 32.63^\circ\text{C}$	$t_s = 6.44^\circ\text{C}$
$T_c = 24.25^\circ\text{C}$	$t_c = -9.08^\circ\text{C}$
$V = 26.723 \text{ m}^3/\text{h}$	$V = 48.94 \text{ m}^3/\text{h}$
$X_{VO} = 29.70\%$	$X_{DO} = 15\%$
$X_S = 70.30\%$	$X'_S = 86\%$
$X_{MEC} = 54\%$	$X_{MEC} = 54\%$
$X_{TOL} = 46\%$	$X_{TOL} = 46\%$
$d = 0.828$	$d = 0.860$
$\rho = 828 \text{ kg/m}^3$	$\rho = 860 \text{ kg/m}^3$
$c_p = 0.513 \text{ kcal/h}$	$c_p = 0.452 \text{ kcal/h}$
$\mu = 0.802 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$	$\mu = 1.650 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$
$\lambda = 0.166 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$	$\lambda = 0.171 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$
$d_1 = 0.210 \text{ m}$	$D_1 = 0.265 \text{ m}$
$d_0 = 0.219 \text{ m}$	$D_0 = 0.273 \text{ m}$

Tableau v.3: les caractéristique physique de la charge l'échangeur E403A

v.I. le calcul de rendement :

en ce qui concerne les échangeurs doubles pipe on utilise la méthode de Kern pour faire le dimensionnement .

cette méthode définit un seul débit moyen pour l'ensemble de l'appareil et on a recours au diamètre équivalent .

hypothèse : pour appliquer la méthode de Kern , on suppose que l'échangeur à double pipe est un échangeur de longueur =12 m.

v.I quantité de chaleur :

$$Q_1 = \rho * V * c_p * (T_1 - T_2)$$

$$Q_1 = 828 * 26.723 * 0.711 * (42.66 - 32.63)$$

$$Q_1 = 157792.4 \text{ kcal/h}$$

$$Q_2 = \rho * V * c_p * (t_2 - t_1)$$

$$Q_2 = 860 * 48.94 * 0.667 * (6.44 - (-4.49))$$

$$Q_2 = 306837.483 \text{ kcal/h}$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{157792.4 + 306837.483}{2}$$

$$Q = 232314.942 \text{ kcal/h}$$

Le calcul du coefficient de transfert Us:

Régime d'écoulement :

En fonction des nombres de Reynolds croissants , on distingue quatre régimes principaux :

Régime de Stokes , régime laminaire , régime transitoire , régime turbulent

- Si $Re < 1$ le régime de Stokes , les forces d'inertie liées aux vitesses étant négligeables , les forces visqueuses et les forces de pression s'équilibrent

- Si $Re < 2000$ le régime est laminaire l'effet de la viscosité s'atténue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des parois , les vitesses du fluide tendant à s'homogénéiser
- Si $2000 < Re < 3000$ le régime est transitoire , une instabilité dues à l'amplificationd des perturbations
- Si $2000 < Re < 10^5$ l'écoulement est turbulent , les instabilités augmentent au point de donner naissance à un phénomène chaotique , dans lequel il est difficile de voir une organisation stable .

Tube interne

Nombres de Reynolds :

$$Re_t = \frac{Gt \cdot di}{\mu} = \frac{132.554 \cdot 0.210}{0.802 \cdot 10^{-3}}$$

$$Re_t = 40820.124$$

Vitesse massique :

$$Gt = \frac{\rho \cdot V}{a_t} = \frac{26.723 \cdot 828}{0.035 \cdot 3600}$$

$$Gt = 155.894 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

La section :

$$a_t = \frac{\pi \cdot di^2}{4} = \frac{3.14 \cdot (0.210)^2}{4}$$

$$a_t = 0.035 \text{ m}^2$$

Facteur de colbum :

$$j_H = 1.86 \left(\frac{Re \cdot di}{l} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} = \frac{hi \cdot di}{\lambda} * \left(\frac{cp \cdot \mu}{\lambda} \right)^{-\left(\frac{1}{3}\right)} * \varphi^{-1} \text{ dans le régime laminaire}$$

$$j_H = 0.027 \left(\frac{Re \cdot di}{l} \right)^{0.8} = \frac{hi \cdot di}{\lambda} * \left(\frac{cp \cdot \mu}{\lambda} \right)^{-\left(\frac{1}{3}\right)} * \varphi^{-1} \text{ dans le régime turbulent}$$

Ces deux fonction du nombre de Reynolds font l'objet de la représentation graphique

Ou sont interpolées empiriquement les courbes relatives au régime transitoire ($2000 < Re < 3000$)

Dans cette zone de valeurs de Re_t la fonction j_H n'est pas définie explicitement, ce qui est particulièrement gênant pour la programmation sur calculateur électronique.

$$j_H = \frac{hi * di}{\lambda} * \left(\frac{cp * \mu}{\lambda} \right)^{-\left(\frac{1}{3}\right)} * \varphi^{-1}$$

$$j_H = 137.67 \text{ (annexe 7)}$$

$$\frac{hi}{\varphi i} = j_H \frac{\lambda}{di} \left(\frac{cp * \mu}{\lambda} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$\frac{hi}{\varphi i} = \frac{137.67 * 0.166}{0.210} \left(\frac{0.513 * 0.802 * 10^{-3} * 3600}{0.166} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$\frac{hi}{\varphi i} = 225.713 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$$

$$\frac{hio}{\varphi t} = \left(\frac{hi}{\varphi i} \right) \frac{di}{do} = (225.713) \frac{0.210}{0.219}$$

$$\frac{hio}{\varphi t} = 216.437 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$$

tube externe :

$$Re_t = \frac{Ga.de}{\mu'} = \frac{334.034 * 0.219^2}{1.650 * 10^{-3}}$$

- Vitesse massique :

$$Ga = \frac{\rho' . V'}{a_a} = \frac{48.94 * 860}{0.017.3600}$$

$$Re_t = 9709.457$$

$$Ga = 334.034 \text{ kg/m}^2.\text{s}$$

La section :

$$a_t = \frac{\pi}{4} (Di^2 - d_0^2) = \frac{3.14}{4} (0.265^2 - 0.219^2)$$

$$a_t = 0.017 \text{ m}^2$$

Régime turbulent donc

$$j_H = \frac{h_0 * de}{\lambda'} * \left(\frac{cp' * \mu'}{\lambda} \right)^{-\left(\frac{1}{3}\right)} * \varphi_a^{-1}$$

$$j'_H = 161.931 \text{ (annexe 7)}$$

$$\frac{h_0}{\varphi_a} = j'_H * \frac{\lambda'}{de} \left(\frac{cp' * \mu'}{\lambda} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$\frac{h_0}{\varphi_a} = \frac{161.931 * 0.169}{0.102} \left(\frac{0.486 * 0.1650 * 10^{-3} * 3600}{0.169} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$\frac{h_0}{\varphi_a} = 320.721 \text{ kcal/ h.m}^2.\text{c}^\circ$$

- Température de tube aux extrémités au niveau des températures calorique

$$t_t = T_C - \frac{\frac{h_{I0}}{\varphi_t}}{\frac{h_{I0}}{\varphi_t} + \frac{h_0}{\varphi_a}} * (T_C - t_c)$$

$$t_t = 24.25 - \frac{216.437}{216.437 + 320.721} (24.25 + 9.08)$$

$$t_t = 10.821^\circ\text{C}$$

- Les viscosités interne – externe a t_t et les coefficients du film h_{i0}, h_o :

Tube interne

$$\mu_t = 0.898 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s (voir annexe 6)}$$

$$\varphi_t = \left[\frac{\mu}{\mu_t} \right]^{0.14} = \left[\frac{0.802 \cdot 10^{-3}}{0.898 \cdot 10^{-3}} \right]^{0.14}$$

$$\varphi_t = 0.984$$

$$h_{io} = \left[\frac{h_{io}}{\varphi_t} \right] \varphi_t = [216.437] * 0.984$$

$$h_{io} = 212.974 \text{ kcal / h}$$

Tube externe

$$\mu'_t = 1.150 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$\varphi_t = \left[\frac{\mu'}{\mu'_t} \right]^{0.14} = \left[\frac{1.650 \cdot 10^{-3}}{1.150 \cdot 10^{-3}} \right]^{0.14}$$

$$\varphi_t = 1.051$$

$$h_o = \left[\frac{h_o}{\varphi_a} \right] \varphi_a = [334.034] * 1.051$$

$$h_o = 351.069 \text{ kcal / h}$$

	G	RE	JH	$\frac{h_{io}}{\varphi_t}$	$\frac{h_o}{\varphi_a}$	μ_t	φ	h_{io}	h_o
Tube interne	155.894	40820.124	137.67	216.437	-	$0.898 \cdot 10^{-3}$	0.984	212.974	-
Tube externe	334.034	9709.457	161.931	-	320.721	$1.150 \cdot 10^{-3}$	1.051		351.069

Tableau V.4 : les résultats final des différents paramètres de calcul pour l'échangeur E403A

- Coefficient de transfert propre

$$\frac{1}{u_p} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{io}} = \frac{1}{351.069} + \frac{1}{212.974}$$

$$u_p = 132.558 \text{ kcal/h.m}^2 \cdot \text{°c}$$

- **Résistance de salissement**

$$R_{SO} = 0.450.10^{-3} h.m^2.°C/Kcal \text{ (voir annexe 8)}$$

$$R_{Si} = 0.501.10^{-3} h.m^2.°C/Kcal$$

$$R_{Sio} = R_{Si} \frac{d_o}{d_i} = 0.501.10^{-3} \frac{0.219}{0.210}$$

$$R_{Sio} = 0.522.10^{-3} h.m^2.°C$$

$$R_s = R_{SO} + R_{SIO} = 0.450.10^{-3} + 0.522.10^{-3}$$

$$R_s = 0.972.10^{-3} h.m^3.°C/kcal$$

Donc :

$$u_s = \frac{1}{\frac{1}{u_p} + R_s} = \frac{1}{\frac{1}{132.558} + 0.972.10^{-3}}$$

$$u_s = 117.439 \text{ kcal/h.m}^2.°C$$

- **Surface d'échange :**

$$A_s = \frac{Q}{u_s(\Delta TLM)} = \frac{212972.032}{117.439 * (37.5)}$$

$$A_s = 48.359 \text{ m}^2$$

- **Rendement :**

$$\eta = \frac{\text{surface de échange calcul}}{\text{surface de échange réel}} = \frac{48.359}{129}$$

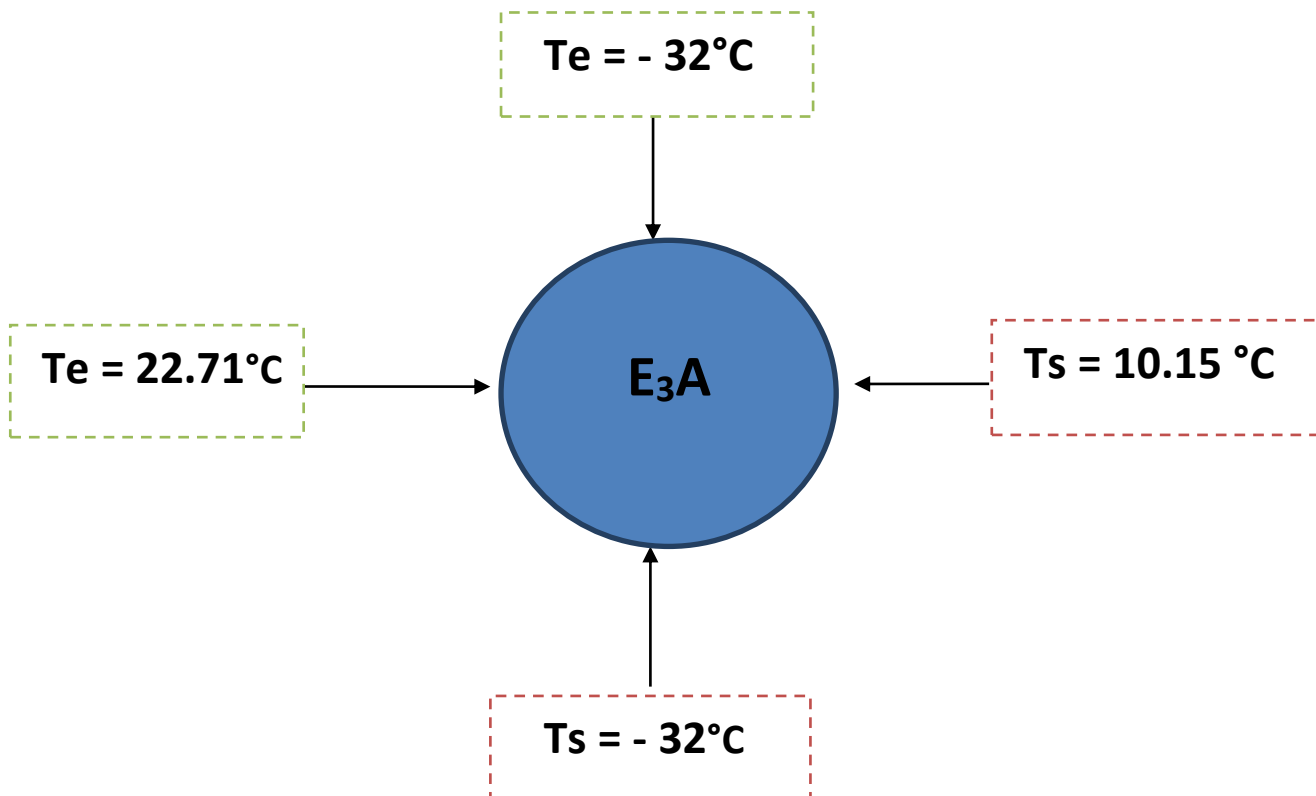
$$\eta = 37 \%$$

2 VEREFICATION DES ECHANGEURS SCHILLER E4

2.1 ECHANGEURS E4A :

Cet échangeur contient 3 racleur non fonctionnels , sur 14 racleurs , avec un rendement de 78.86

2.1.1 SCHEMA SIMPLIFIE :



2.1.2 LES DONNES DE BASE :

- Température de filtration : - 19°C ;
- LC : la chaleur latente de cristallisation de la paraffine ;
- A : teneur en paraffines dans le gatsh et elle vaut A = 0.20 ;

Tableau V.5 : La composition du fluide réfrigérant

	C₂H₆	C₃H₈	iC₄H₁₀	nC₄H₁₀
pourcentage %	0.31 %	97.79 %	1.63 %	0.27 %
Température d'ébullition (°k)	184.77	213.30	216.60	272.80
Masse molaire g /mol	30	44	58	58
ρ^{15}_{15} (G/Cm³)	0.377	0.503	0.563	0.584

Températures :

Tableau V.6 : les températures moyennes entrée/sortie de l'échangeur E404A

SCHILLER	T 1	T2	t 1	t 2
A	22.71	10.15	- 32	- 32
B	10.15	- 14.69	- 32	- 32
C	14.35	- 9.29	- 32	- 32
D	- 9.29	- 19.07	- 32	- 32

2.1.5 Les Débits :

$$\left\{ \begin{array}{l} VO = 7.828 \quad m^3/h \\ S = 19.704 \quad m^3/h \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Tube Interne} = 27.532 \quad m^3/h$$

$$\left\{ S = 1.2 \quad m^3/h \right\} \longrightarrow \text{Deuxième Dilution}$$

Tableau V.7 : pourcentage volumique des différents débits

	Proportion Volumique	Débit Total	ρ (g /cm ³)
VO+S	$X_{vo} = 28.43 \%$ $X_s = 71.57 \%$	27.532 m ³ /h	$\rho_{vo} = 821$
MEC . TOLUIENE	$X_{MEC} = 54 \%$ $X_{TOLUENE} = 46 \%$	19.704 m ³ /h	$\rho_{MEC} = 807$ $\rho_{toluène} = 870$

Débit Massique de VO de MEC . TOLUENE :

$$G = \rho_{MEC} \times V_{MEC}$$

$$V_{MEC} = 0.54 \times V_S = 0.54 \times 19.704 = 10.64 \quad m^3/h$$

$$G = \rho_{TOLUENE} \times V_{TOLUENE}$$

$$V_{TOLUENE} = 0.46 \times V_S = 0.46 \times 19.704 = 9.064 \quad m^3/h$$

V_S = Débits volumique du solvant à l'entrée du E4A

$$V_S = 10.64 + 1.2 = 19.704 \quad m^3/h$$

DONC

$$G_{MEC} = 807 \times 10.65$$

$$G_{MEC} = 8586.48 \quad kg/h$$

$$G_{\text{TOLUENE}} = 807 \times 9.064$$

$$G_{\text{TOLUENE}} = 7885.68 \text{ kg/h}$$

Débits Massique du fluide frigorigéne

$$GF/E4A = 22820.84 \text{ kg/h}$$

$$GF/E4B = 3015.06 \text{ kg/h}$$

$$GF/E4C = 2571.24 \text{ kg/h}$$

$$GF/E4D = 2483.37 \text{ kg/h}$$

Débits massique du VO :

$$G_{\text{VO}} = \rho_{\text{vo}} \times v_{\text{vo}}$$

$$V_{\text{vo}} = 7.828 \times 821$$

$$G_{\text{VO}} = 6426.78 \text{ kg/h}$$

2.1.3 Différence moyenne logarithmique :

$$T_1 - t_2 = \Delta t_s = 22.71 - (-32) = 54.71^\circ\text{C}$$

$$T_2 - t_2 = 10.15 - (-32) = 42.15^\circ\text{C}$$

$$\text{DTLM} = \frac{\Delta t_e - \Delta t_s}{2.3 \log \frac{\Delta t_e}{\Delta t_s}} = \frac{54.71 - 42.15}{2.3 \log \frac{54.71}{42.15}} = 52.634^\circ\text{C}$$

2.1.4 LE CALCUL DU RENDEMENT :

Puisque les Schiller fait la cristallisation par la détente de propane , il est difficile de faire leur dimensionnement donc les ingénieurs ont proposé cette méthode qui nous donne des résultats approximatifs .

2.1.5 Détermination des quantités de chaleur Q1 et Q2

Q1 : quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation

Q2 : quantité de chaleur dégagée lors de cristallisation .

La quantité Q1 est déterminée par l'équation du bilan thermique

$$Q1 = G_{\text{ch}} (h1 - h2)$$

D'OU $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{h1} : \text{chaleur sensible du mélange d'alimentation à T1} \\ \mathbf{h2} : \text{chaleur sensible du mélange d'alimentation à T2} \end{array} \right.$

$$\mathbf{h1} = \Sigma \mathbf{Hi}^{T1} \times \mathbf{Xi} \quad \mathbf{h2} = \Sigma \mathbf{Hi}^{T2} \times \mathbf{Xi}$$

D'OU $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{H1} : \text{enthalpie du composant } \ll i \gg \text{ dans le mélange} \\ \mathbf{Xi} : \text{composition massique du composant } \ll i \gg \end{array} \right.$

$$\mathbf{A T1} : \mathbf{H (T1)} = \frac{0.403 \times T1 + 0.000405 \times (T1)^2}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}}$$

$$\mathbf{A T1} : \mathbf{H (T1)} = \frac{0.403 \times T2 + 0.000405 \times (T2)^2}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}}$$

AVEC : $\rho_{15}^{15} = 0.818 \text{ g/cm}^3$ (Déjà calculée)

$$\mathbf{A T1} : \mathbf{H (22.71)} = 0.403 \times 22.71 + 0.000405 \times (22.71)^2 / \sqrt{0.818}$$

$$\mathbf{H (22.71)} = 9.299 \text{ Kcal / Kg}$$

$$\mathbf{A T2} : \mathbf{H (10.15)} = 0.403 \times 10.15 + 0.000405 \times (10.15)^2 / \sqrt{0.818}$$

$$\mathbf{H (10.15)} = 4.111 \text{ Kcal / Kg}$$

Produit	Gi(kg /h)	Xi	Hi(22.71) Kcal / Kg	Xi × Hi	Hi(10.15) Kcal/Kg	Xi × Hi
vo	6426.780	0.280	9.383	2.627	4.111	1.151
MEC	8586.48880	0.375	9.384	3.519	4.140	1.552
Toluène	7885.650	0.345	9.370	3.232	4.126	1.423
Total	22898.91	1.000	—	9.378	—	4.126

Tableau V.8 : La quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation dans l'échangeur E4A

Les enthalpies du MEC . Toluène a été déterminé selon la même méthode ou :

$$\rho^{15}_{15\text{MEC}} = 0.811 \text{ g/cm}^3 \quad \rho^{15}_{15\text{TOL}} = 0.873 \text{ g/cm}^3$$

ALORS $Q_1 = 2289888.91 \times (9.378 - 4.126)$

Q1 = 117196.621 Kcal/h

La quantité Q2 est déterminé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{G_{vo} \times \alpha \times L_c}{100}$$

D'OU

α : le pourcentage massique des hydrocarbures solides qui se dégagent au cours du refroidissement

$$\alpha = \left[\frac{(T_1 - T_2)}{(T_H - T_F)} \right] \times A \times 100$$

TH : température initiale de cristallisation correspond à l'apparition des cristaux , vu que la valeur TH peut être trouvé qu'approximativement : on prend $TH \approx T1$

$$\text{ALORS : } \alpha = \left[\frac{22.71 - 10.15}{22.71 - (-22)} \right] \times 0.20 \times 100$$

$$\alpha = 5.618 \%$$

$$Q2 = \frac{6426.780 \times 5.618 \times 38.96}{100}$$

$$Q2 = 14066.761 \text{ Kcal/h}$$

2.1.6 Détermination de la chaleur d'évaporation du fluide frigorigère

D'après la règle de Tructon

La chaleur molaire de vaporisation d'un produit est proportionnelle à la température d'ébullition du liquide :

$$M_i \times L_i = K \times T_m$$

D'OU

T_m : température d'ébullition moyen absolue du fluide réfrigérant en (°k)

$$T_m = \Sigma (X_i \cdot T_i)$$

$$T_m = (X_{C2H6} \cdot T_1 + X_{C3H8} \cdot T_2 + X_{iC4H10} \cdot T_3 + X_{nC4H10} \cdot T_4)$$

$$T_m : (0.003 \times 184.77 + 0.9779 \times 213.3 + 0.0163 \times 216.6 + 0.0027 \times 272.8)$$

$$T_m = 213.426 \text{ °k}$$

M_i : masse molaire du produit

L_i : chaleur de l'évaporation du produit i (kcal / kg)

K : coefficient de proportionnalité

La valeur exacte de k peut être déterminée à l'aide de la formule de kistiakovski :

$$K : 8.75 + 4.571 \log T$$

T est la température absolue à laquelle s'effectue l'évaporation

$$T = - 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Alors } T = 273 + (- 32) = 241 \text{ }^{\circ}\text{k}$$

$$\text{DONC } K = 8.75 + 4.571 \log (241) = 19.64$$

On calcule la chaleur de vaporisation par

$$L_v = \sum L_i \cdot X_i$$

	Mi	Xi	Li	Xi . Li
C2H6	30	0.0031	139.723	0.433
C3H8	44	0.9779	95.266	93.161
iC4H10	58	0.0163	72.270	1.178
nC4H10	58	0.0027	72.270	0.195
TOTAL	—	1.0000	—	94.967

Tableau V.9 : la chaleur de vaporisation du produit

D'OU

$$L_i = \frac{K.T_m}{M_i} = \frac{19.64 \times 213.426}{M_i} = 4191.687 / M_i$$

ALORS :

$$L_v = 94.967 \text{ Kcal/Kg}$$

2.1.7 la quantité de chaleur absorbée par le propane liquide

$$Q_f = G_f \cdot L_v$$

$$Q_f = 2282.84 \times 94.967$$

$$Q_f = 216794.466 \text{ Kcal / Kg}$$

2.1.8 Détermination du rendement du cristalliseur :

$$\eta = \frac{(Q_1 - Q_2)}{Q_f} \times 100$$

$$\eta = \frac{117196.621 - 14066.761}{216794.466} \times 100$$

$$\eta = 48 \%$$

CONCLUSION

Conclusion général :

Dans le présent travail nous avons étudié un problème qui se pose niveau de la zone 5 de la raffinerie d'Arzew, il s'agit les **Étude du Rendement de Déparaffinage au Niveau du Complexe**. Pour pallier à ce problème, notre travail a commencé par déparaffinage au Mec/toluène. pour pallier à ce production . D'après notre travail qui est basée sur des données de 30 jours , on a trouvé que ces trois paramètres ont une influence sur la production . ces trois paramétré sont :

- La nature de la charge
- La composition du solvant
- Les équipement de l'unité exact chiller et filtre

Ce pendent, on doit prendre en considération le changement des autre paramètre qui influe sur la quantité, telle que la température de filtration .pour permettre un bon fonctionnement des paramétré opératoires, il est impératif de connaitre l'effet de la nature de la charge sur les équipement, sachant qu'on a confirmé les causes par des calculés la surface, le nombre des chillers ainsi leurs rendement et d'après les résultats obtenus par nos calculs, on peut tirer les conclusion suivants :

- La surface calculée des chillers est plus petite en la comparant avec la surface réelle (129 m²).
- Le nombre des chillers à filtrat selon les calculs est petit par rapport au nombre réel, ceci est du au mauvais fonctionnement des chillers car quelques racleurs sont à l'arrêt.
- Le rendement de ces chillers est faible vu que les quatre chillers ont un rendement effectif de trois chillers .

CONCLUSION

Recommandations: dans le but de garder un bon rendement des chiller et de l'huile déparaffinée, nous avons proposés dans ce travail d'entretenir les chiller, vu que les racleurs en situation extrême pouvant provoquer le bouchage complet de l'appareil. il est donc extrêmement important que ces racleurs soient en bon état, leur degré d'usure doit être vérifié périodiquement .