



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
Abdel Hamid Ibn Badis University - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق



Department of Process Engineering

N° d'ordre : M2/IP/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Industries pétrochimiques

Option: Génie pétrochimique

Thème

**Contribution au diagnostic du problème de refroidissement des chillers
de l'unité de déparaffinage des huiles de base au niveau du complexe
RA1Z d'Arzew.**

Présenté par

Ghaouti Yacine

Soutenu le 28/06/2021 devant le jury composé de:

Président:	Ghelamallah Madani	Professeur	Université de Mostaganem
Encadrant:	Mana Mohamed	MCA	Université de Mostaganem
Examineur:	Bouزيد Habib	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice:	Bessaha Fatiha	MCA	Université de Mostaganem
Invité:	Moussa Nawel	MAA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

Remerciements

*Je tiens, en premier lieu, à remercier **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience durant toute ces années.*

Nous tenons à remercier:

***Mr Ghelamallah**, Professeur à l'université de Mostaganem d'avoir accepté de présider ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse gratitude.*

***Dr Bouzid** maître de conférences A à l'université de Mostaganem, **Dr Bessaha** maître de conférences A à l'université de Mostaganem et **Mme Moussa** maître assistant A à l'université de Mostaganem qui ont bien voulu prendre le temps d'examiner et de juger ce travail.*

*Mes grands remerciements vont à mon encadrant d'université **Dr Mana** pour ses conseils lucides et pertinents, sa patience et son précieux suivi tout au long de la réalisation de ce travail. Sa disponibilité, ses qualités pédagogiques et humaines, et ses compétences m'ont apporté un encadrement déterminant dans toutes les phases de ce travail.*

*Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé à réaliser mon stage dans la raffinerie d'Arzew notamment **M Moulay** et **Mr Hamhami** (de l'équipe DRH) pour m'avoir reçu, aidé et diriger le long de mon stage.*

*Je remercie aussi **Mme Berached** (de l'équipe HSE) pour mon intégration dans le complexe et l'explication des directives de sécurité à respecter au sein de la raffinerie.*

*Mes grands remerciements aussi à **Mr Bika** et **Mr Benchohra** (HB4), pour leur accueil, gentillesse et patience durant ce stage, pour les précieux conseils, disponibilité et pour la façon efficace avec laquelle ils ont suivi ce modeste travail. Ainsi que tout le personnel de la zone 5 qui ont été patients avec moi (surtout à **Mr Zirigui AbdelKader** (HB3).*

Ce travail n'aurait jamais pu se réaliser sans le soutien continu de ma mère qui a eu confiance en moi et qui par sa présence et son soutien, m'a aidé à surmonter certains moments difficiles et m'a permis de faire face aux obstacles de la vie. Elle m'a encouragé toujours à aller vers l'avant et m'a toujours soutenu dans mes décisions.

Résumés

Résumé

Pour satisfaire la demande des différents partenaires en matériaux lubrifiants tels que les huiles, les graisses, la raffinerie d'Arzew par le biais d'une zone adéquate a pu assurer cette substance. Malheureusement, durant notre période de stage, l'unité du déparaffinage de ces huiles présentait un problème de refroidissement au niveau des chillers. Dans telles circonstances, il nous a semblé nécessaire d'analyser les performances de ces échangeurs. A travers, un calcul de plusieurs coefficients de transfert de chaleur permettant de déterminer les surfaces d'échange de ces chillers, on a trouvé que ces derniers présentaient des surfaces d'échange, plus ou moins faibles, que celles prévues. Ainsi seulement 3/8 Chillers fonctionnaient avec de bonnes performances. Plusieurs recommandations ont été proposées à ce sujet.

Mots clés: huile de base, lubrification, échangeur.

Summary

To meet the demand of the various partners for lubricating materials such as oils, greases, the Arzew refinery through an adequate area was able to ensure this substance. Unfortunately, during our internship period, the dewaxing unit for these oils had a cooling problem in the chillers. In such circumstances, it seemed necessary to us to analyze the performance of these exchangers. Through a calculation of several heat transfer coefficients making it possible to determine the exchange surfaces of these chillers, it was found that they had exchange surfaces, more or less small, than those expected. So only 3/8 Chillers worked with good performance. Thus, several recommendations have been proposed on this subject.

Keywords: base oil, lubrication, chiller.

ملخص

لتلبية طلب مختلف الشركاء على مواد التشحيم مثل الزيوت والشحوم ، تمكنت مصفاة أرزيو من خلال منطقة مناسبة من ضمان هذه المادة. لسوء الحظ ، خلال فترة تربصنا ، واجهت وحدة إزالة الشمع الخاصة بهذه الزيوت مشكلة تبريد في المبردات. في مثل هذه الظروف ، بدأ من الضروري لنا تحليل أداء هذه المبادلات. من خلال حساب العديد من معاملات نقل الحرارة التي تجعل من الممكن تحديد أسطح التبادل لهذه المبردات ، وجد أن لها أسطح تبادل ، صغيرة إلى حد ما ، من تلك المتوقعة. لذلك فقط 8/3 مبردات تعمل بأداء جيد. وعلى هذا الأساس، تم اقتراح العديد من التوصيات حول هذا الموضوع.

الكلمات الرئيسية: زيت الأساس ، التزيت ، المبردات .

Abréviations, sigles, acronymes et symboles

BRA: Brut Réduit Atmosphérique
BRI: Brut Réduit Importé
SPO: Huile de Broche
BS: Stock Brillant
DAO: Huile Désasphaltée
SAE 30 (VO): Huile Visqueuse
SAE 10 (MVO): Huile Mi-Visqueuse
JGC: Compagnie d'Essence du Japan
GPL: Gaz du Pétrole Liquéfié
RSV: Résidu Sous Vide
DO: Huile Déparaffinée
VI: Indice de Viscosité
Tol: Toluène
MEC: Méthyl Ethyle Cétone
MVO: Huile Mi-Visqueuse
VO : Huile Visqueuse
P.P: Poor Point (point d'écoulement)
F401: Filtre
E401: Echangeur de chaleur
C402: Colonne
P401: Pompe
K401: Compresseur
D401: Ballon
 ΔP : Perte de charge
K: Coefficient de résistance
D : Densité
 μ : Viscosité dynamique
v : Viscosité cinématique
 ρ : Masse volumique
Cst : Centi Stock : unité de mesure de viscosité cinématique
Gatsh: Paraffine issue de la filtration
NAFTEC : Société National du Raffinage du Pétrole

ASTM : Société Américaine pour les Tests et Matériels

SAE: Société d'Ingénieurs Automobiles

Liste des figures

Figure I.1: Capacité de production de la raffinerie d'Arzew

Figure II.1: Chaîne de fabrication des huiles de base

Figure II.2: Schéma simple de l'Hydrofinissage

Figure II.3: Schéma simplifié de l'unité 400

Figure IV.1: Schéma de fonctionnement d'un Chiller

Liste des tableaux

Tableau I.1: Production annuelle des différents dérivés du pétrole

Tableau IV.1: Densité des différentes charges au niveau des chillers E403A/B/C/D

Tableau IV.2: Débit volumique de la charge et du filtrat

Tableau IV.3: Températures calorifiques de la charge et du filtrat au niveau des chillers E403A/B/C/D

Tableau IV.4: Paramètres calorifiques de la charge au niveau des chillers E403A/B/C/D

Tableau IV.5: Conductivité thermique de la charge et du filtrat

Tableau IV.6: Coefficients de transfert thermique et global sale des chillers E303A/B/C/D

Tableau IV.7: Températures de la charge (T) et du filtrat (t) au niveau des chillers E403A/B/C/D

Tableau IV.8: Surfaces d'échange des chillers à refroidissement par filtrat

Tableau IV.9: Capacité d'échange des chillers à refroidissement par filtrat

Tableau IV.10: Paramètres calorifiques d'échange au niveau des chillers E404A/B/C/D

Tableau IV.11: Surfaces d'échange des chillers à propane E404A/B/C/D

Tableau IV.12: Capacité d'échange des chillers à propane E404A/B/C/D

Liste des annexes

Annexe 1: Variation du coefficient k en fonction de la densité des huiles

Annexe 2: Diagramme de la variation de la chaleur massique des liquides en fonction de la température.

Annexe 3: Diagramme de la variation de la viscosité cinématique des liquides en fonction des températures

Annexe 4: Diagramme de corrélation viscosité-densité-kuop des liquides

Sommaire

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

Chapitre I: Description de l'entreprise d'accueil en stage

I.1 Présentation de l'entreprise RA1Z.....	3
I.2 Entreprise RA1Z et secteur économique	3
I.3 Capacité de production des différents dérivés du pétrole.....	4
I.4 Différentes structures de la raffinerie d'Arzew RA1Z.....	5
I.4.1 Département de production des carburants, des lubrifiants et des bitumes	5
a) Zone de production des carburants.....	5
b) Zone de production des lubrifiants	5
c) Zone de production de bitumes.....	5
I.4.2 Département de production des huiles de base HB3 et HB4	5
a) Huiles de base 3 (HB3).....	6
b) Huiles de base 4 (HB4)	6
c) Zone des utilités (zone 19).....	6
I.4.3 Département de production des huiles finis	6
a) Zone mélange huiles de base-additifs (Zone 6).....	6
b) Zone de fabrication des huiles finies (Zone 3000)	6
I.4.4 Département de stockage, expédition des produits et traitement des effluents	7
a) Stockage et expédition des produits (Zone 28)	7
b) Chargement de produits finis (Zone 30)	7
c) Station de traitement des effluents (Zone 27)	7
I.4.5 Laboratoire de contrôle.....	7
I.4.6 Département de sécurité.....	8

Chapitre II: Généralités sur les huiles lubrifiantes et chaîne de fabrication des huiles de base HB3

II.1 Aperçu sur les huiles lubrifiantes	10
II.1.1 Définition et rôle des huiles lubrifiantes.....	10
II.1.2 Composition et types des huiles lubrifiantes.....	10
II.2 Procédé de fabrication des huiles de base	12
II.2.1 Distillation sous vide (Unité 100)	12

II.2.2 Désalphaltage au Propane (Unité 200)	12
II.2.3 Extraction au furfural (Unité 300).....	12
II.2.4 Huiles caloporteurs (Unité 150)	12

Chapitre III: Chaîne de fabrication des huiles de bases HB4

III.1 Introduction HB4.....	15
III.2 Principe de séparation des paraffines de l'huile	15
III.3 Fabrication d'huile et de paraffine	15
III.3.1 Description de l'étape de déparaffinage	15
III.3.2 Traitement de la paraffine	16
a) Opération primaire	16
b) Opération de repulp	16
III.3.3. Production de l'huile sans paraffines.....	16
III.3.4 Séparation du solvant de la paraffine dure	17
III.3.5 Séparation du solvant de la paraffine molle.....	17
III.4. Description générale de l'unité d'hydrofinissage (unité 500)	18
III.4.1. Description de l'unité	18
III.5 Description générale de l'unité 600	20
III.5.1 But et principe de l'installation	20
III.5.2. Liaison avec les unités	20
III.5.3 Description de l'unité	20

Chapitre IV: Influence des différents facteurs sur la qualité de l'huile

IV.1. Propriétés physico-chimiques des huiles de base	24
a) Densité.....	24
b) Indice de viscosité	25
c) Point d'écoulement.....	25
IV.2. Aperçu bibliographique sur les échangeurs de chaleur	26
IV.2.1 Types d'échangeurs	26
IV.2.2 Description d'un échangeur tubulaire ou d'un Chiller	26
IV.2.3 Efficacité de refroidissement par filtrat des chillers E403A/B/C/D	27

a) Températures caloriques de la charge et du filtrat.....	27
b) Détermination de la quantité de chaleur horaire.....	28
c) Calcul du coefficient de transfert U_s	30
d) Différence moyenne logarithmique de température (DTLM)	32
e) Surface et capacité d'échange des chillers E403A/B/C/D	33
IV.2.4. Efficacité de refroidissement par propane des chillers E404A/B/C/D	35
a) Quantité de chaleur dégagée Q_1 par la charge d'alimentation	35
b) Quantité de chaleur dégagée Q_2 lors de la cristallisation	35
c) Surface et capacité d'échange des chillers E404A/B/C/D	36
Conclusion générale	39
Références	41
Annexes	44

Introduction générale

Introduction générale

Comme notre pays possède d'importantes réserves en pétrole aux environs de 12 Mds de barils [1], elle est dans l'obligation de bâtir des complexes permettant son raffinage [2-4]. L'Algérie dispose actuellement de six raffineries en cours d'exploitation Alger, Arzew, Skikda (RA1k et Topping condensat), Hassi-Messaoud et Adrar. Troisième complexe de la région par son importance, la raffinerie d'Arzew RA1Z a été conçue pour répondre aux impératifs suivants: traiter le brut de Hassi Messaoud et le brut réduit importé (BRI), satisfaire la consommation croissante en carburant du marché national, exporter les produits excédentaires (naphta, kérosène, gasoil), fabriquer les produits stratégiques, à savoir les lubrifiants et les bitumes et créer des industries en aval [5].

En effet, à cause des conditions sévères telles que les frottements secs, les pressions élevées...etc que subissent les machines et particulièrement les moteurs en mouvement, les producteurs de la raffinerie d'Arzew se sont trouvés dans l'obligation de les protéger. Pour cela ils ont réalisé une zone adéquate qui a pour mission la production des huiles de base [6-7].

Mon stage a été effectué au niveau de ce complexe, plus particulièrement à l'unité 400. Cette unité effectue le déparaffinage de l'huile et la fabrication de la paraffine dure des distillats traités tels que spindle, SAE10, SAE30 et BS issues de l'unité 300. Le rôle de l'unité 400 est de fabriquer de l'huile de base à bas point découlement et une gamme de paraffines à point de fusion élevé et de faible teneur en huile [8].

Malheureusement, l'unité 400 responsable du déparaffinage de ces huiles présente un sérieux problème de refroidissement au niveau des chiller. Ces échangeurs ont pour mission le refroidissement de ces huiles leur permettant de se débarrasser des paraffines. Après avoir fait connaissance avec différents procédés de traitement des huiles dans cette unité, les ingénieurs responsables de cette unité, m'ont accompagné dans des calculs de transfert thermique de ces chillers pour déterminer les causes et les paramètres responsables de ce problème.

Description de l'entreprise d'accueil en stage

I.1. Présentation de l'entreprise RA1Z

Comme notre pays dispose d'une importante réserve pétrolière, il est dans son intérêt de construire des complexes permettant le traitement de cette richesse en vue obtenir des produits d'une part pour la consommation et d'autre part servant de matière première dans d'autres secteurs.

L'outil de raffinage en Algérie dispose actuellement de six raffineries en cours d'exploitation Alger, Arzew, Skikda (RA1k et Topping condensat), Hassi-Messaoud et Adrar. Chaque année, ces complexes traitent 27 millions de tonnes de produits, dont 5 millions tonnes/an en condensât à Skikda et 0,6 million tonnes à la raffinerie d'Adrar.

La raffinerie d'Arzew a été construite entre 1970 et 1973 dans le cadre du premier plan quinquennal. Elle est considérée comme la troisième raffinerie du pays après celles d'Alger et de Hassi Messaoud.

La construction du complexe a été confiée à la société japonaise Japan Gazoline Company (JGC Corporation). L'unité des utilités devient en service à partir de juillet 1972, puis l'ensemble des autres unités a démarré en mars 1973.

La raffinerie d'Arzew d'une superficie de 180 hectares est située dans la zone industrielle d'Arzew, sur le plateau d'El-mohgoun à 2 km de la ville d'Arzew et environ 40 km de la ville d'Oran. Ainsi, 150 hectares est destinée à l'ancienne installation, alors que 30 hectares correspondant aux installations nouvelles.

Elle se situe au voisinage du port d'Arzew, lui permettant l'expédition des produits finis et semi-finis à l'aide des bateaux.

I.2. Entreprise RA1Z et secteur économique

Troisième complexe de la région par son importance, la raffinerie d'Arzew a été conçue pour répondre aux impératifs suivants:

- Traiter le brut de Hassi Messaoud et le brut réduit importé (BRI)
- Satisfaire la consommation croissante en carburant du marché national
- Exporter les produits excédentaires (naphta, kérosène, gasoil)
- Fabriquer les produits stratégiques, à savoir les lubrifiants et les bitumes
- Créer des industries en aval.

La raffinerie d'Arzew a pour objectif:

a) Sur le plan national: au point de vue quantitatif, la raffinerie va continuer à assurer la couverture des besoins en produits de premier nécessité; comme l'essence, gas-oil, GPL, ainsi que les produits qui servent de base pour l'industrie.

b) Sur le plan international: son but est de continuer à offrir des produits raffinés destinés à l'exportation répondant aux normes en vigueur pour cela des modifications ont été pris en considération:

- Réalisation d'une nouvelle unité d'isomérisation pour la fabrication de l'essence (eurosuper 95).
- Réalisation d'une unité d'hydrodésulfuration (DHDS) des gas-oils avec les nouvelles spécifications européennes.

1.3. Capacité de production des différents dérivés du pétrole

La raffinerie d'Arzew traite 2.5 millions de tonnes par an de pétrole brut saharien et 280 000 tonnes de pétrole importé pour la production des bitumes, pour une capacité annuelle de production des différentes unités :

Tableau I.1 : Production annuelle des différents dérivés du pétrole

Capacité (tonnes/an)				
Propane 15 000	Butane 70 000	Essence super 70 000	Essence normal 490 000	Naphta 160 000
Kérosène 120 000	Gas-oil 980 000	Fuel BTS 550 000	Fuel HTS 70 000	Lubrifiant 160 000
Graisse 70 000	Paraffine 4 000	Bitume routier 120 000	Bitume oxydé 20 000	

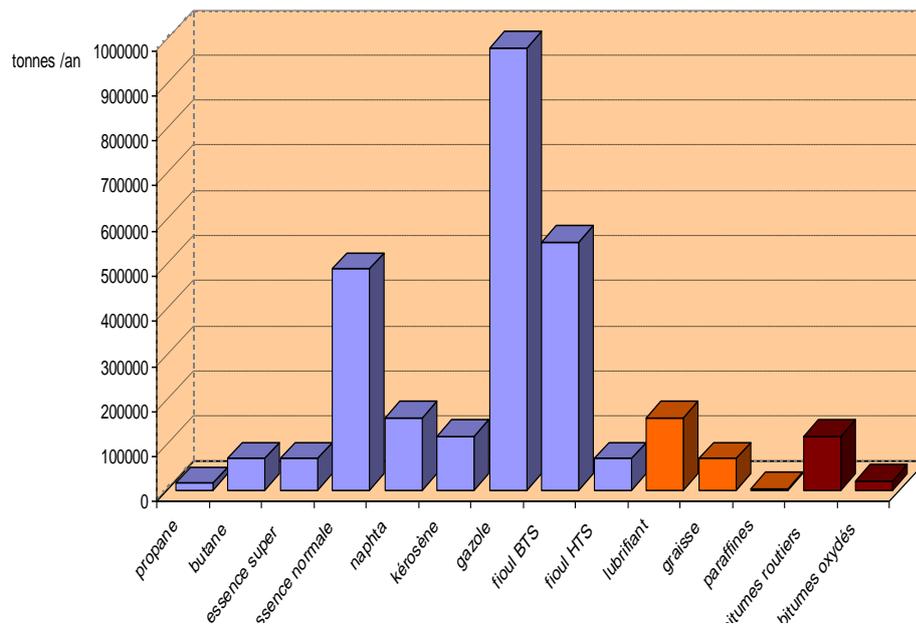


Figure I.1 : Capacité de production de la raffinerie d'Arzew

1.4. Différentes structures de la raffinerie d'Arzew RA1Z

La raffinerie possède 04 départements de production, chaque département est réparti en plusieurs zones ayant des activités spécifiques:

I.4.1. Département de production des carburants, des lubrifiants et des bitumes

Ce département assure la production des carburants et les lubrifiants en traitant la charge du pétrole brut de Hassi-Messaoud (BHM). La production des bitumes est assurée par le traitement du brut réduit importé (BRI), elle comprend les zones suivantes:

a) Zone de production des carburants

C'est la zone principale du premier traitement du pétrole brut.

b) Zone de production des lubrifiants

Cette zone s'occupe de la fabrication des huiles de base en traitant le brut réduit atmosphérique (BRA).

c) Zone de production de bitumes

Grâce à ces différentes unités, cette zone assure la production de divers bitumes en traitant le mélange réduit importé et l'asphalte par une distillation fractionnée sous vide.

I.4.2. Département de production des huiles de base HB3 et HB4

Les demandes importantes en lubrifiants, ont exigé, à cette entreprise de satisfaire ses différents partenaires en cette matière.

Cette zone s'occupe de la production des huiles de base (SPO, SAE10, SAE30, BS), produit 120 000 tonnes/an en cette matière grâce aux différents traitements au niveau de ses diverses unités. Deux services nommés HB3 et HB4 font partie de cette zone.

a) Huiles de base 3 (HB3)

Il comprend les unités suivantes:

- **Unité 100** : distillation sous vide.
- **Unité 150** : huile caloporteur.
- **Unité 160** : traitement des eaux acides.
- **Unité 200** : désasphaltage au propane.
- **Unité 300** : extraction au Furfural.

b) Huiles de base 4 (HB4)

Trois unités sont issues de ce service.

- **Unité 400** : déparaffinage/déshuilage au MEK-Toluène.
- **Unité 500** : hydrofinishing.
- **Unité 600** : hydrogénation des paraffines.

c) Zone des utilités (zone 19)

Elle assure les éléments nécessaires en terme d'eau, électricité, gaz pour combustion, air comprimé etc... pour assurer un bon fonctionnement de ce département.

I.4.3. Département de production des huiles finis

Un troisième département a été ajouté aux deux autres, permettant la production et le conditionnement des huiles finis. Elle est composée des zones suivantes:

a) Zone mélange huiles de base-additifs (Zone 6)

Elle a pour mission, tout d'abord d'améliorer la qualité des huiles finies en assurant le mélange huiles de base-additifs [9] puis les mettre en conditionnement en fin de ce procédé. Le lubrifiant conditionné est mis dans des fûts de 200 litres. Ainsi, une gamme de lubrifiants tels que les huiles pour moteur, les huiles industrielles, les huiles de graissage, les huiles hydrauliques, les huiles de coupe et les graisses industrielles sont mis au service de la clientèle.

b) Zone de fabrication des huiles finies (Zone 3000)

A pour but de fabriquer des huiles finis par l'addition aux huiles de base des additifs chimiques et leur conditionnement dans des fûts métalliques de 200 L, un emballage divisionnaire en PEHD de contenance 5L et 2L, ainsi que la fabrication des graisses et leur conditionnement dans des sceaux de 16Kg et des boites de 1Kg.

I.4.4. Département de stockage, expédition des produits et traitement des effluents

a) Stockage et expédition des produits (Zone 28)

C'est une zone où les différentes matières premières, les mélanges d'expéditions, les produits semi-finis et finis ainsi que le pétrole brut sont stockés dans des conditions données.

b) Chargement des produits finis (Zone 30)

Différents moyens (camions, trains de marchandises) sont au service de cette zone pour assurer le chargement des différents carburants (essences, gas-oil).

c) Station de traitement des effluents (Zone 27)

Elle comprend un système de récupération des eaux usées, deux bassins de séparation et de décantation physique (API et PPI).

I.4.5. Laboratoire de contrôle

La présence du laboratoire est nécessaire au niveau de chaque complexe. L'activité du laboratoire assure le contrôle de la qualité des produits traités et obtenus durant les divers procédés. Ce contrôle de routine permet, d'orienter les procédés de traitement, vérifier les conditions de stockage ainsi que la conformité aux spécifications du produit fini.

La raffinerie possède un laboratoire de grande importance du fait qu'il veille sur le bon déroulement des unités de production et assure l'analyse des produits finis destinés à être commercialisés soit au niveau national ou international.

I.4.6. Département de sécurité

La première leçon qui nous a été dispensée à la raffinerie a porté sur la sécurité, car elle est considérée comme la partie la plus importante dans une organisation industrielle, chargée d'un domaine vital, à la fois, elle constitue un ensemble de moyens techniques et un état d'esprit.

L'existence d'un service de sécurité dans une entreprise industrielle est justifiée par la nécessité de la prévention d'accidents où il faut respecter certaines consignes. Il existe des mesures d'ordres techniques et psychologiques ainsi que la section médicale pour réduire les accidents.

Le système de sécurité de ce complexe à trois fonctions:

- **Surveillance**

Son rôle est de contrôler les entrées et les sorties des matériaux et d'outils de fonctionnement.

- **Prévention**

Dans chaque unité, on désigne un inspecteur qui a pour rôle de contrôler les équipements de sécurité, de surveiller les travaux spéciaux autorisés. À la fin de chaque semaine, il doit rédiger un rapport d'activité à son supérieur.

- **Intervention**

Pour cette opération, il ya quatre équipes disponibles pour s'occuper des accidentés et des malades.

Chapitre II
Généralités sur les huiles lubrifiantes
et fabrication des huiles de base HB3

II.1. Aperçu sur les huiles lubrifiantes

II.1.1. Définition et rôle des huiles lubrifiantes

Les huiles lubrifiantes sont des fractions pétrolières non énergétiques, visqueuses à haut point d'ébullition obtenues à partir du résidu atmosphérique dans une colonne sous vide. Ce sont des substances de nature onctueuse d'une couleur claire, elles peuvent être liquides, semi-plastiques ou solides [10]. Ils sont fabriqués à partir d'un mélange d'huiles de base (80%-90%) et d'additifs (10%-20%) qui confèrent aux produits finis des propriétés physico-chimiques selon le domaine d'application.

- **Lubrifier:** l'huile doit former un film fluide entre les surfaces en mouvement.
- **Evacuer les impuretés:** l'huile doit transporter des impuretés et diverses contaminations jusqu'au filtre. La propreté des circuits est obtenue au prix de la contamination de l'huile. Celle-ci est la principale cause de vieillissement des lubrifiants.
- **Assurer la protection contre l'usure:** l'huile doit assurer la protection des pièces des frottements chargées qui pourrait s'user lorsque le film d'huile est très fin.
- **Se comporter comme un réfrigérant:** le lubrifiant contribue d'une façon très active au refroidissement de ces machines et à l'évacuation de la chaleur produite lors du mouvement.
- **Amortir les chocs et réduire le bruit :** le lubrifiant doit assurer une réduction du bruit et un amortissement des chocs, la résistance au feu et au moussage.
- **Eviter la corrosion:** l'huile doit protéger les parties usinées qui peuvent être faites de différents métaux et sont protecteurs contre la corrosion et la formation de rouille.
- **Eviter la formation des dépôts:** l'huile doit être capable de disperser les particules insolubles susceptibles de former des dépôts qui pourraient gêner la lubrification.
- **Se comporte comme un fluide hydraulique:** l'huile n'a pas toujours cette fonction, mais il arrive que l'huile lubrifiante soit également utilisée comme fluide hydraulique .

II.1.2. Composition et types des huiles lubrifiantes [11]

Pour donner au lubrifiant, des caractéristiques spécifiques à une application donnée, des additifs sont ajoutés au composant principal appelé "base". Ce dernier peut être minéral (d'origines pétrolières) ou synthétique.

▪ Bases minérales

On obtient ce genre de bases minérales classiques à partir du raffinage des coupes de distillation et des résidus atmosphériques désasphaltés sous vide.

- **Bases synthétiques**

Les bases synthétiques sont obtenues par synthèse chimique à partir des produits simples issus de la pétrochimie. Elles sont de structure mieux définie que les bases minérales, cela permet d'ajuster certaines de leurs propriétés. Ces bases incluent les silicones, polyalphaoléfinés (PAO), Polyglycols...

Les types d'huiles lubrifiantes utilisées dans l'industrie couvrent un large éventail de produits. Les principaux types sont les suivants:

- **Huiles pour moteurs et machines**

Des huiles à faible variation de viscosité avec la température (huile à haut indice de viscosité) sont nécessaires pour les moteurs d'avions et les automobiles fonctionnant dans des conditions difficiles, ainsi que pour des machines soumises à de larges variations de température [12].

Pour les moteurs fixes tournant en régime permanent, on peut se contenter d'huiles à forte variation de viscosité avec la température (huile à bas indice de viscosité).

Des huiles de viscosité très différentes sont utilisées pour couvrir toute la gamme des besoins depuis les huiles type SPINDLE utilisées pour les mécaniques de précisions jusqu'aux huiles assurant la lubrification des machines les plus lourdes.

- **Huiles isolantes**

Elles sont utilisées pour les transformateurs et condensateurs [13]. Ces huiles doivent pouvoir supporter une différence de potentiel importante, leur constante diélectrique [14] est une propriété importante.

- **Huiles noires**

Ce sont des huiles de qualité inférieure utilisée pour des usages grossières [15] (essieux de wagon par exemple).

a) Huiles de vaseline ou huiles blanches

Ces huiles sont utilisées à des fins pharmaceutiques [16].

- **Huiles de coupes**

Considérée comme un fluide d'usinage, l'huile de coupe permet de lubrifier et refroidir des pièces métalliques [17]. On s'en sert essentiellement pour la production de pièces et le travail des métaux. Elle évite l'altération des pièces, leur oxydation, voire leur casse. De même, elle veille à préserver la fatigue mécanique des outils et de leurs organes de fonctionnement en limitant l'échauffement lors du travail.

II.2. Procédé de fabrication des huiles de base

Les installations de fabrication des huiles regroupent un ensemble de cinq unités distinctes, complémentaires et disposées en chaîne, ayant chacune un procédé de traitement spécifique. Le schéma présenté (voir figure I.3) ci-dessous décrit la chaîne classique du raffinage des huiles de base et explique l'objectif recherché à travers le procédé de chaque unité.

II.2.1. Distillation sous vide (Unité 100)

La matière première de l'unité est constituée par le résidu du pétrole brut après la distillation atmosphérique de l'unité de distillation du brut. La distillation sous vide a pour but d'extraire à température d'ébullition élevée, des coupes de cette matière première [18]. Ces différentes coupes servent de base à la fabrication d'huile.

La distillation sous vide constitue la première étape du raffinage des huiles, elle est nécessaire pour éviter la destruction des molécules (cracking) aux hautes températures. L'unité de distillation sous vide est destinée à préparer les distillats qui seront transformés en huile de base.

II.2.2. Désalphaltage au Propane (Unité 200)

Le désasphaltage [19] a pour but de séparer les produits lubrifiants lourds des asphaltes contenu dans le résidu de la distillation sous vide. La séparation se fait dans une colonne à disque rotatif à l'aide du solvant propane.

II.2.3. Extraction au furfural Unité 300

Le rôle de l'unité 300 d'extraction au furfural [20] est d'éliminer les hydrocarbures aromatiques et naphténiques qui ont un faible indice de viscosité [21,22] et sont facilement oxydables. Ce procédé est destiné à améliorer l'indice de viscosité des distillats sous vide et de l'huile désasphaltée (DAO).

II.2.4. Huiles caloporteurs unité 150

L'unité 150 a pour but d'assurer le chauffage des différents produits des unités dans la chaîne des huiles, la charge de cette unité est constituée par le mélange des distillats excédentaires de la section 100, stockés dans TK 2704

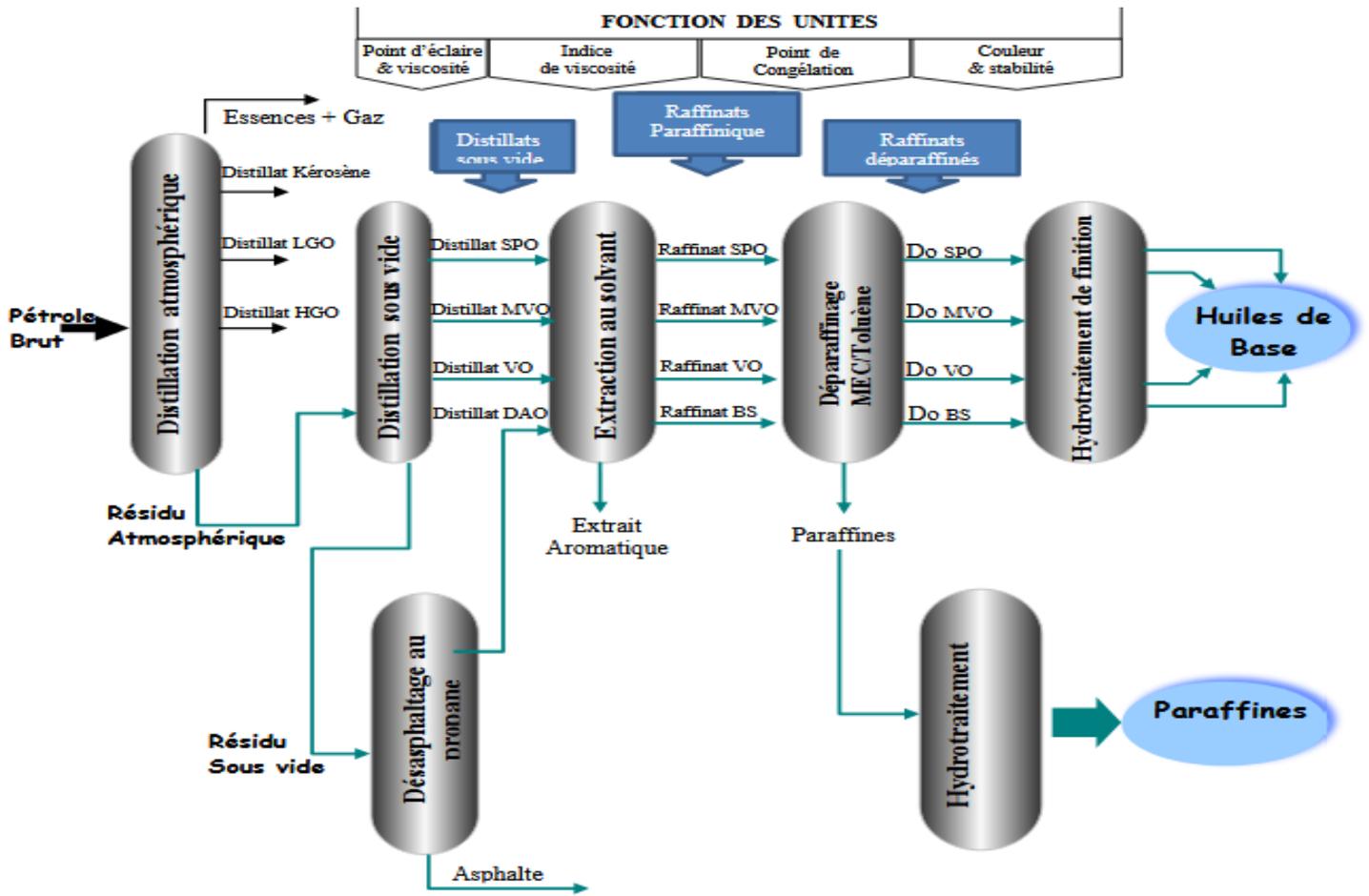


Figure II.1: Chaîne de fabrication des huiles de base

Chapitre III
Chaine de fabrication
des huiles de base HB4

III.1. Introduction HB4

L'huile déparaffinée obtenue est suffisamment fluide, en hiver, pour être utilisée pour la formulation d'huiles lubrifiantes, ce qui n'est pas le cas quand elle contient de la paraffine, qui précipite à une température relativement élevée [23]. Pour cette raison, il est nécessaire de séparer des paraffines de l'huile.

Le déparaffinage de l'huile et la production de la paraffine dure sont réalisés au niveau de l'unité 400. Les distillats issues de l'unité 300 tels que spindle, SAE10, SAE30 et BS sont donc traités dans le but de produire d'un côté, l'huile de base à bas point de coulement et de l'autre côté des paraffines de point de fusion élevé et de faible teneur en huile.

III.2. Principe de séparation des paraffines de l'huile

Cette séparation est obtenue à l'aide d'un solvant composite toluène et méthyle éthyle cétone à une basse température [24]. Le premier solvant fait dissoudre uniquement l'huile, tandis que le second appelé anti-solvant fait cristalliser seulement la paraffine. Les deux phases solide-liquide obtenues sont séparées par filtration.

III.3. Procédé de production de l'huile et des paraffines

III.3.1. Description de l'étape de déparaffinage

La charge acheminée vers cette unité par la pompe P401 est introduite dans le solvant humide. Le mélange une fois chauffé dans l'échangeur E401 pour assurer son homogénéisation, est refroidi dans l'aéroréfrigérant E402AR avant d'être introduit dans les échangeurs et réfrigérants. Le mélange pénètre dans deux lignes parallèles, l'une est contrôlée par la mesure du débit, l'autre sous contrôle de pression. Les deux lignes sont acheminées respectivement vers deux échangeurs montés en série E403A/B et E403C/D. La charge introduite dans le tube interne est refroidie par l'huile déparaffinée froide qui s'écoule dans l'espace annulaire, après cela le flux, pénètre dans deux réfrigérants au propane montés en série E404A/B/C/D où il est refroidi.

Le dernier réfrigérant, à son tour reçoit une dilution secondaire du solvant contrôlé en débit. La charge constituée d'un mélange d'huile et de paraffine venant du réfrigérant précédent passe à travers les filtres contenus dans le ballon D401. A travers les filtres constitués par un tissu, l'huile déparaffinée passe sous-vide vers le ballon D405. A l'aide d'un couteau fixe, le gâteau de paraffine se déplace vers un convoyeur à vis qui le pousse dans un accumulateur. Ce gâteau nommé gatsh, est réchauffé puis fondu afin de lui attribuer une certaine fluidité, lui permettant d'être aspirée par la pompe P407. Après un chauffage dans l'échangeur E413, la paraffine en suspension est fondue, mise en solution puis acheminée vers le réservoir tampon TK 402. Par contre, l'huile déparaffinée est pompée vers les filtres F407A/B, puis envoyée vers un bac de

récupération d'huile.

III.3.2. Traitement de la paraffine

a) Opération primaire

Une certaine quantité suffisante de solvant est ajoutée au mélange (gatch du réservoir TK402) le mélange véhiculé par la pompe P410, est chauffée dans l'échangeur E439 puis refroidis dans deux échangeur E403E et E403F. A la sortie de l'échangeur E404E, le mélange pénètre dans le ballon D402, où il s'écoule par gravité, sous contrôle de niveau dans le filtre F405. Le filtrat est recueilli dans le ballon D404 puis repris par la pompe P405 pour être orienté vers les échangeurs E403E et E403F puis vers la section de récupération des paraffines molles.

Ce gâteau nommé paraffine primaire est lavé avec du solvant sec, puis recueilli dans le convoyeur à vis du filtre.

b) Opération de repulp

A l'aide de ce procédé, on récupère deux fractions, une paraffine molle entraînée dans la paraffine primaire et une paraffine dure à très basse teneur en huile. La fraction des paraffines primaires sortante du filtre de fractionnement est mélangée avec un certain volume de solvant, puis introduite dans l'échangeur E404F. Ce mélange une fois refroidi, est introduit dans le ballon D403. A la sortie de ce dernier, il s'écoule ensuite par gravité sous contrôle de niveau dans la cuve du filtre de repulp. Le filtrat obtenu est recueilli dans le ballon D407. Le mélange des paraffines dures est chauffé pour obtenir une boue capable d'être véhiculée par la pompe P409 puis expédiée vers l'échangeur E415 où la paraffine est fondue puis envoyée vers le bac TK401.

En parallèle, l'unité dispose de trois types de solvant: les solvants sec et humide et le filtrat de repulp. Le premier, est destiné pour le lavage des gâteaux chauds et des filtres, la dilution secondaire et comme reflux des différents tours de récupération du solvant. le second, sert à la dilution primaire. Le dernier, est utilisé comme solvant de dilution pour la partie située immédiatement avant le repulp.

III.3.3. Production de l'huile sans paraffines

Un évaporateur, au niveau du système de récupération d'huile déparaffinée, est destiné à séparer l'huile du solvant utilisé. Après avoir reçu des calories du solvant sec dans l'échangeur E405A/B, le filtrat d'huile déparaffinée, est préchauffé successivement dans les échangeurs E416 et E417, puis il est vaporisé au environ de 50% dans l'échangeur E420A/B. Le filtrat entre dans la colonne d'évaporation atmosphérique C402A, dont les vapeurs produites et condensées dans l'échangeur E416 sont récupérées dans le côté sec du ballon D408. Ce filtrat repris par la pompe

P412 pénètre dans l'échangeur E440 sous un débit contrôlé. En se détendant dans la colonne d'évaporation C402B, les vapeurs du solvant s'accumulent en tête en se condensant dans l'échangeur E420A/B. Après une condensation complète dans E421, elles sont acheminées vers le côté sec du D408. Le mélange d'huile déparaffinée venant de C402B est ensuite détendu dans la colonne d'évaporation atmosphérique C403A, les vapeurs du solvant restantes se mélangent avec les vapeurs venant de C402A pour subir le même sort. L'huile déparaffinée s'écoule par gravité dans le stripper C403B, les vapeurs s'échappant en tête, sont condensées dans E422AR avant de rejoindre le bac TK403. L'huile déparaffinée est acheminée par la pompe P417, cède ces calories au filtrat de déparaffinage dans E417, puis refroidie dans E418AR avant de parvenir aux limites de l'unité.

III.3.4. Séparation du solvant de la paraffine dure

Les vapeurs du solvant à pression atmosphérique venant des colonnes C406A et C407A permettent le chauffage du mélange de la paraffine dure (TK401) dans l'échangeur E429, après avoir été véhiculé par la pompe P411. Après son chauffage dans l'échangeur E432, sous pression par la vapeur du solvant provenant de C406B, le mélange de paraffine dure est introduit dans la colonne d'évaporation atmosphérique C406A. Les vapeurs produites sont envoyées dans E429 où elles subissent une condensation partielle puis totale dans E431AR avant d'arriver par gravité au côté humide de D408. Le mélange de paraffine sortant de C406A, repris par la pompe P414, sous contrôle de débit, est envoyé dans l'échangeur E433 chauffé à la vapeur HP. La colonne C406B placée juste après l'échangeur E433 fait détendre la phase mixte sortante, ainsi, les vapeurs se trouvant en tête, sont condensées dans E432, refroidies dans E435AR puis acheminées vers le côté sec de D408. Le reste du mélange de la paraffine est détendu dans la colonne C407A sous l'effet du chauffage dans l'échangeur E434. Les traces du solvant restantes encore dans la paraffine dure et accumulées sous forme de vapeurs en tête de la colonne stripper C407B, sont condensées dans l'échangeur E422AR avant d'arriver au réservoir TK403. La paraffine dure sortante du fond de C407B, est acheminée à l'aide de la pompe P415 vers l'échangeur E430, où elle est refroidie avant d'être expédiée vers l'unité 600.

III.3.5. Séparation du solvant de la paraffine molle

Le mélange des paraffines molles après être chauffé et vaporisé partiellement respectivement dans E423 et E426, est détendu dans la colonne d'évaporation atmosphérique C404A. Les vapeurs à leur tour vont se condenser partiellement dans E423 puis subissent une condensation totale suivie d'un refroidissement au niveau de l'échangeur E425AR, ainsi le solvant obtenu est dirigé du côté sec du ballon D408. Dans la colonne C405A, les paraffines molles contenant

encore des traces de solvant subissent une détente à pression atmosphérique où les vapeurs du solvant restant rejoignent les vapeurs de la colonne C404A. D'autres traces de solvant restant sont récupérées à la tête de la colonne C405B, puis envoyées pour une condensation au niveau de l'échangeur E422AR afin de rejoindre TK403. La paraffine molle est ensuite acheminée par la pompe P417 puis refroidie à l'eau dans l'échangeur E424.

Le réservoir du solvant pollué TK403 contenant des couches aqueuses des différents réservoirs et le solvant strippé dans les différentes colonnes d'épuisement, alimente par le biais de la pompe P418, le stripeur de la cétone C401. Alors que la vapeur BP surchauffée est envoyée vers le bas de la colonne comme source de chaleur. La vapeur en tête de la colonne contenant environ 88% en poids de cétone est condensée dans E428AR avant de parvenir par gravité au TK403. La couche riche en solvant est soutirée par la pompe P419 pour être utilisée comme dilution initiale du déparaffinage tandis que l'eau séparée au fond de C401 est envoyée à l'égout d'eau.

III.4. Description générale de l'unité d'hydrofinissage (unité 500)

La section d'hydrofinissage des huiles [25] a pour but l'amélioration de la couleur et de la stabilité des huiles, le principe de l'hydrofinissage est le suivant:

Le mélange d'huile et de gaz riche en hydrogène passe à travers le four où il est chauffé à la température de traitement, puis à travers le lit catalytique dans le réacteur, il est séparé en deux étapes. Durant la première étape, l'huile provenant des deux étages est débarrassée de ses produits légers dans un stripeur qui reçoit une injection de vapeur, en second étape, l'huile est ensuite séchée dans une colonne sous vide.

III.4.1. Description de l'unité

L'unité d'hydrofinissage des huiles est composée des sections suivantes:

- stockage et produit fini
- réaction et détente
- striping et séchage.

La charge d'huile déparaffiné venant de l'unité 400 alimente directement les bacs de charge P501 sous contrôle de débit FRC1 ensuite est acheminée vers l'échangeur E502A/D.

Le gaz riche en hydrogène venant de la limite de l'unité passe à travers le ballon D506. Avant d'être comprimé par le compresseur K501, la proportion du mélange gaz-charge est fixée sous contrôle de débit, l'excédent du gaz est refroidi dans l'échangeur E508 puis recyclé vers le ballon D506 sous contrôle de débit FRC7.

Le mélange préchauffé quittant l'échangeur E502A/D est porté à la température de la

réaction dans le four H501 puis traverse le réacteur R501 de haut en bas. L'effluent du réacteur est ensuite détendu dans le ballon D501 où la majeure partie de l'hydrogène non utilisé par la réaction est enlevée. Le liquide sortant du ballon D501 préchauffe la charge dans E502A/B puis est détendu à nouveau dans le ballon D502, la température de la charge du stripeur est contrôlée par une vanne de régulation agissant en by-passant les échangeur E502A/D. Les gaz venant de D501 et D502 sont refroidis dans les aéroréfrigérants E504 puis envoyés vers le réseau fuel gaz à travers le ballon D504.

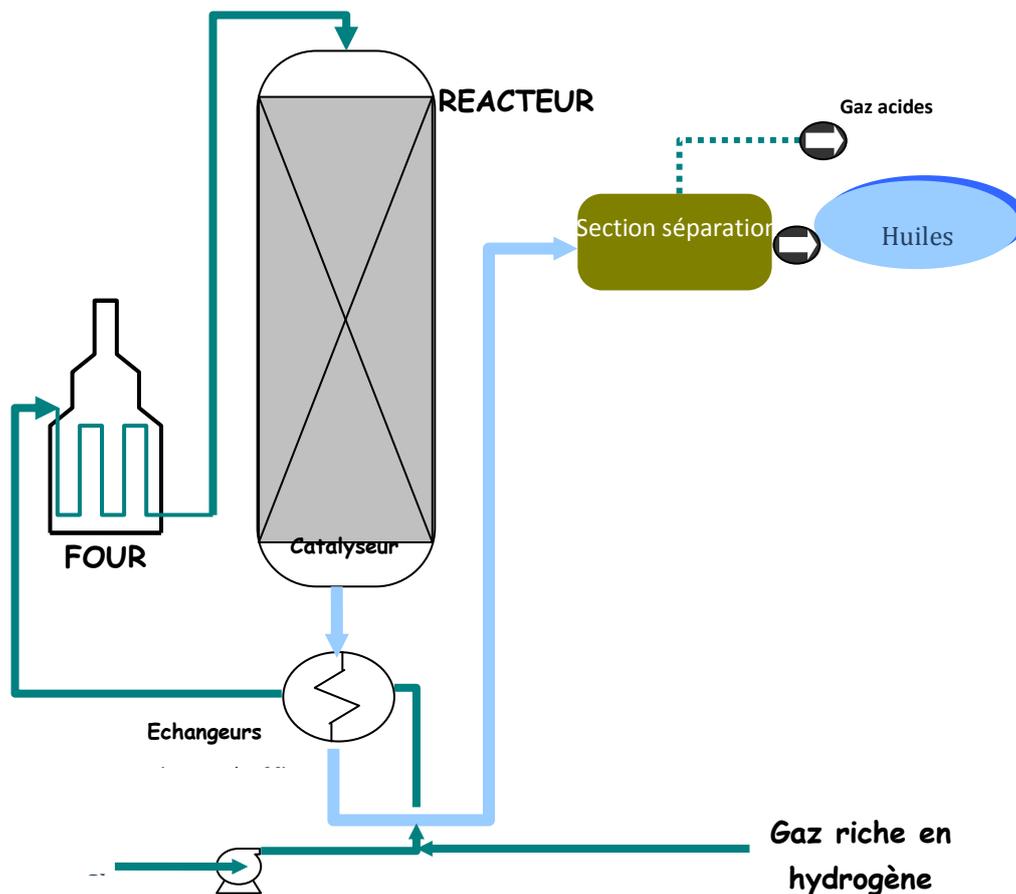


Figure II.2: Schéma simple de l'hydrofinissage des huiles

Le liquide venant de D502 alimente le stripeur C501 où l'huile est strippée sous vide pour retirer l'hydrogène résiduel et les hydrocarbures légers formés dans le réacteur. L'huile strippée passe ensuite à travers le sécheur sous vide C502 où toutes les traces d'humidité sont éliminées. L'huile séchée est envoyée aux bacs de test TK503A/F par la pompe P502A/B, puis à travers l'échangeur E501A/D, le filtre F501 et l'aéroréfrigérant E503. L'huile testée est ensuite reprise par la pompe P505 et envoyée à la limite de l'unité.

III.5. Description générale de l'unité 600

III.5.1. But et principe de l'installation

La section d'hydrotraitement des paraffines a pour but l'amélioration de la stabilité et l'amélioration de la couleur de la paraffine. Le principe de l'hydrofinissage est le suivant:

Le mélange d'huile et de gaz riche en hydrogène passe à travers un réchauffeur où il est élevé à la température du traitement puis traverse les lits du catalyseur dans les réacteurs. La paraffine et le gaz quittant le réacteur sont séparés en deux étages. Le liquide provenant des deux étages est débarrassé de ses produits légers dans un stripeur qui reçoit une injection de vapeur. La paraffine est ensuite séchée dans une colonne sous vide.

III.5.2. Liaison avec les unités

Les charges traitées par l'unité sont fournies par la section 400.

III.5.3 Description de l'unité

L'unité d'hydrotraitement des paraffines est composée des sections suivantes:

1. stockage de la charge
2. désaération de la charge
3. réaction et détente
4. stripping et séchage.

Les paraffines venant de l'unité 400 alimentent directement les bacs de charge TK601 pour le grade SAE10 et TK602A/B pour le grade SAE30.

La charge reprise par la pompe P601, est envoyée sous contrôle de niveau vers le désaérateur sous vide C601, après avoir été préchauffée dans l'échangeur E601. Le but de la désaération est d'éliminer l'air dissout qui pourrait dans les conditions de réaction, oxyder la paraffine.

La charge est ensuite envoyée dans la section de réaction par la pompe de charge du réacteur P602, sous contrôle de débit.

Avant d'être préchauffée dans l'échangeur E602A/B, la paraffine est mélangée avec le gaz riche en hydrogène.

Le gaz riche en hydrogène venant de la limite de l'unité passe à travers le ballon séparateur D601 avant d'être comprimé par le compresseur K601.

Le mélange paraffine-gaz, quittant E602A/D est ensuite chauffé dans l'échangeur E613 par le Dowtherm (fluide caloporteur) afin d'obtenir la température désirée à l'entrée du premier réacteur.

Le dowtherm sortant de l'E613 est réchauffé dans le four H601. La circulation du dowtherm est assurée par la pompe P607.

L'effluent des réacteurs sortant de R602 est refroidi jusqu'à la température de stripage, dans l'échangeur E602A/D, avant d'être flashé dans le ballon D601.

Le liquide sortant du ballon D601 est détendu dans le séparateur basse pression D602. Les gaz venant de D601 ET D602 sont refroidis par échange avec l'eau dans l'échangeur E605, puis envoyés vers le réseau de fuel-gaz à travers le ballon D603.

Le liquide venant de D602 alimente le stripeur atmosphérique C601B, où l'hydrogène et les hydrocarbures légers résiduels sont enlevés.

La paraffine strippée s'écoule par gravité vers le sécheur sous vide C601C où toute trace d'humidité est éliminée.

La paraffine séchée est envoyée par la pompe P603, à travers l'échangeur charge-produit E601, puis refroidi dans E603, par de l'eau et enfin filtrée par F601A/B.

La paraffine est ensuite reprise par la pompe p606 et envoyée en limite d'unité.

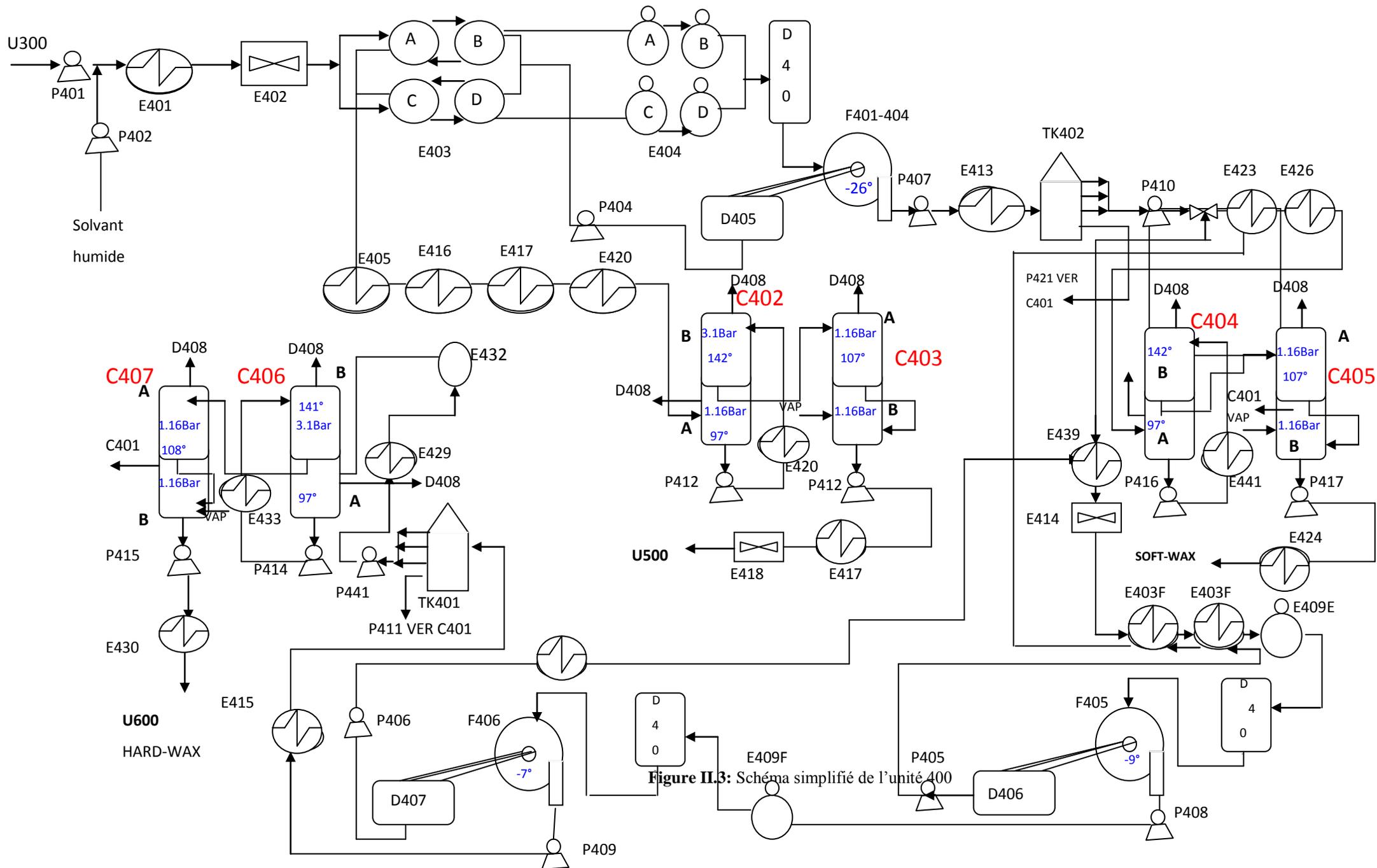


Figure II.3: Schéma simplifié de l'unité 400

Schéma simplifié de l'unité 400

Chapitre IV
Propriétés des huiles de base
et performances des Chillers
E403/404

IV.1. Propriétés physico-chimiques des huiles de base

Pour éviter les dégradations des surfaces mécaniques ainsi que les frottements des matériaux au cours de leur utilisation, il est recommandé d'introduire un lubrifiant dans le contact. Celui-ci doit posséder certaines propriétés physico-chimiques lui permettant d'assurer la transmission des efforts normaux tout en conservant ses propriétés spécifiques au cours de son utilisation.

Puisque mon stage a été accompli au niveau de l'unité de déparaffinage des huiles de base (unité 400), Il était donc nécessaire, de contrôler la qualité de ces huiles ainsi les propriétés des solvants utilisés au cours du procédé de traitement. Par conséquent, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été mesurés en particulier au niveau des échangeurs ou chillers.

a) Densité

La densité est généralement l'une des premières propriétés massique d'une substance à caractériser [26]. La densité d'un composé à l'état liquide est le rapport entre sa masse volumique et celle de l'eau dans des conditions bien spécifiques. A l'aide de ce paramètre on peut contrôler l'évolution de la composition ou la qualité d'une charge au cours d'un procédé. Par exemple, une diminution de la teneur en soufre et en azote, fait densité API. Ainsi, les densités de l'huile, du solvant et du mélange Huile + Solvant sont contrôlées au niveau des quatre chillers E403A/B/C/D à 15 °C et la température calorimétrique. Cette dernière exprime

Tableau IV.1: Densité des différentes charges au niveau des chillers E403A/B/C/D

Chiller		Huile (CTI)/Filtrat (CTE)		Solvant		Huile + Solvant
		d_{15}	d_{T_c}	d_{15}	d_{T_c}	d_{T_c}
E403A	CTI	0,865	0,854÷0,856	0,839	0,849÷0,851	0,852
	CTE	0,875	0,863÷0,866	0,839	0,825÷0,829	0,852
E403B	CTI	0,865	0,861÷0,863	0,839	0,840÷0,843	0,852
	CTE	0,875	0,858÷0,861	0,839	0,819÷0,822	0,852
E403C	CTI	0,865	0,855÷0,858	0,839	0,847÷0,850	0,852
	CTE	0,875	0,865÷0,867	0,839	0,828÷0,830	0,852
E403D	CTI	0,865	0,865÷0,867	0,839	0,837÷0,839	0,852
	CTE	0,875	0,859÷0,861	0,839	0,821÷0,823	0,852

* CTI (côté tube interne)

* CTE (côté tube externe)

$$d_{D_o} = 0,875 \text{ et } v_{d_o} \text{ à } 50 \text{ °C} = 55 \text{ cst}$$

b) Indice de viscosité

L'indice de viscosité est très important car il indique l'aptitude d'une huile à lubrifier correctement à la température élevée du moteur. Au même temps, l'huile de graissage doit être modérément visqueuse pour fonctionner pendant le démarrage. Cette grandeur physique est affectée par la composition de l'huile, de la température, des gaz dissouts et de la pression [27].

L'indice de viscosité donne une idée de la variation de la viscosité de l'huile avec la température. La notion d'indice de viscosité (VI = viscosity index) a été conçue en 1929 par Dean et Davis. Ceux-ci retiennent deux séries extrêmes d'huiles de référence, les unes donnant les plus grandes variations de la viscosité avec la température (indice 0), les autres les plus faibles (indice 100). L'indice de viscosité d'une huile donnée est obtenu par comparaison avec ces deux séries d'huiles de référence, notées L et H pour les indices 0 et 100 respectivement.

Bien que les procédés de traitement des huiles de base ont été développés dans un but précis, ils entraînent différents changements dans la composition chimique et les propriétés physiques. Par exemple, le raffinage au solvant a été développé pour améliorer l'indice de viscosité et la qualité des huiles de base en éliminant les aromatiques [28].

L'huile de base est caractérisée par sa viscosité à froid et à chaud et l'on souhaite la plus faible variation possible entre les deux valeurs.

Les données de base en termes de viscosité cinématique sont les suivants :

Huile avec paraffine (côté tube interne)

$$\mu = 1,083 \times 10^{-3} \text{ Kg/m.s} , \mu_t = 1,25 \times 10^{-3} \text{ Kg/m.s}$$

Filtrat ou huile déparaffinée (côté tube externe)

$$\mu' = 9,77 \times 10^{-4} \text{ Kg/m.sec} , \mu'_t = 6,97 \times 10^{-4} \text{ Kg/m.sec}$$

c) Point d'écoulement

Suffisamment refroidies, toutes les huiles minérales s'épaississent jusqu'à prendre l'apparence de solides plus ou moins rigides. Le comportement à froid d'une huile lubrifiante est défini par le point de figeage, c'est à-dire la température à laquelle l'huile se solidifie ou tout simplement le point d'écoulement [29,30]. En pratique, la notion de point d'écoulement est très insuffisante pour évaluer les performances d'une huile à froid, il vaut mieux lui associer la viscosité. D'autre part, les hydrocarbures paraffiniques les plus lourds flocculent les premiers en donnant à l'huile un aspect trouble. Ainsi la mesure du point d'écoulement, nous informe sur l'efficacité du procédé de déparaffinage. Une huile de base de bonne qualité possède un point d'écoulement de l'ordre de -12 °C. Malheureusement, cette valeur est loin d'être atteinte, faute de l'augmentation de la température de filtration. Tout cela nous incite à vérifier l'efficacité du système de

refroidissement, c'est dire le bon fonctionnement des échangeurs ou chillers. Avant d'entamer un calcul de surface d'échange permettant d'évaluer l'efficacité de refroidissement de chaque chiller, il est nécessaire de donner un aperçu bibliographique sur ce type d'échangeurs.

IV.2. Aperçu bibliographique sur les échangeurs de chaleur

Un échangeur de chaleur est un système servant à transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides. La plupart du temps, on utilise cette méthode pour refroidir ou réchauffer un liquide ou un gaz qu'il est impossible ou complexe de refroidir ou chauffer directement.

IV.2.1. Types d'échangeurs de chaleur

Il existe différents types d'échangeurs selon l'utilisation: échangeur à tubes en U, échangeur à faisceau tubulaire horizontal, échangeur à faisceau tubulaire vertical, échangeur à spirales, échangeurs à plaques, échangeurs eau-eau, échangeurs air-air, échangeur de chaleur rotatif, échangeur à bloc, échangeur à ailettes, échangeur à fils fins.

IV.2.2. Description d'un échangeur tubulaire ou chiller

Le plus simple de tous ces échangeurs est l'échangeur tubulaire, il consiste en 2 tubes concentriques. Un fluide, dans notre cas charge+solvant circule dans le tube interne tandis que le

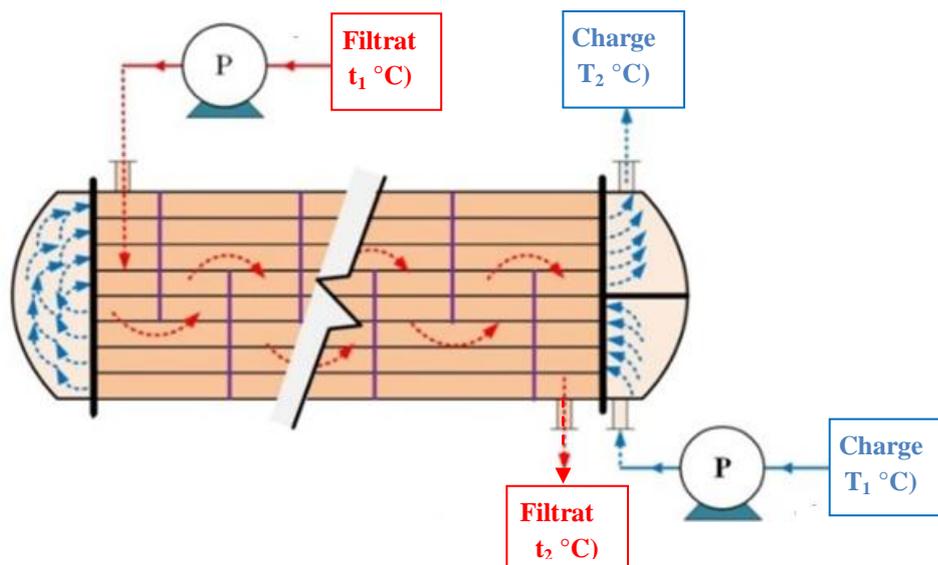


Figure IV.1 : Schéma de fonctionnement d'un Chiller

second (filtrat ou gaz propane) passe dans l'espace entre les 2 tubes. Un système d'agitation ou racleurs intégrés dans ce type d'échangeur permettant la croissance des cristaux tout en évitant l'accumulation de la paraffine sur les parois qui ont un effet négatif sur la surface d'échange du

Chiller.

IV.2.3. Efficacité de refroidissement par filtrat des chillers E403A/B/C/D

Il est clair, que la surface d'échange est un paramètre fondamental, dans l'échange thermique. Par conséquent, l'analyse de l'efficacité de refroidissement des 8 chillers de l'unité de déparaffinage (unité 400), nous a amené à déterminer la surface d'échange de chaque chiller pendant quelques jours et voir lequel des chillers est plus ou moins performant.

En se servant des données fournies par l'entreprise, au cours de notre stage, durant la période 13/05/21 au 17/05/21, on a pu entamer un calcul de transfert de chaleur en appliquant la méthode de Kern afin de déterminer cette grandeur physique. Afin d'élucider le calcul, il faut noter que la charge (huile paraffinée (VO) + solvant) circule dans le côté tube interne du chiller, par contre le filtrat (huile déparaffinée (DO) + solvant) pénètre dans le côté tube externe avec des débits d'entrée et sortie exposés dans le tableau IV.2:

Tableau IV.2: Débit volumique de la charge et du filtrat

Jour	Débit volumique M (m ³ /h)	
	Charge	Filtrat
13/05/21	29,75	53,90
14/05/21	28,92	53,10
15/05/21	27,70	54,94
16/05/21	29,19	51,53
16/05/21	29,85	52,64

Ce calcul constitue une série d'opérations successives où certains paramètres intermédiaires tels que la température calorifique (Tc), la chaleur horaire (Q), le coefficient de transfert propre (Up), le coefficient global sale (Us) et en dernier la différence moyenne logarithmique des températures (DTLM) doivent être déterminés pour arriver finalement à la valeur de la surface d'échange.

a) Températures caloriques de la charge et du filtrat

Le problème consiste à définir pour les fluides des températures moyennes et appelés généralement températures caloriques, telles que le coefficient de transfert local propre calculé pour ces températures puisse être considéré comme un coefficient moyen asocial à la DTLM. Connaissant les températures des entrées et des sorties côtés tube interne (charge) et externe (filtrat).

En appliquant l'équation VI.1,

$$T_c = 0,5(T_2 + T_1) \quad (IV.1)$$

on obtient les valeurs des températures calorifiques de la charge et du filtrat qui sont regroupés dans le tableau IV.3.

Tableau IV.3: Températures calorifiques de la charge et du filtrat au niveau des chillers E403A/B/C/D

Date	13/05/21		14/05/21		15/05/21		16/05/21		17/05/21	
Temp.cal (°C)	Tc	tc								
E403A	29,90	-3,10	28,87	-0,47	28,78	-2,81	31,59	0,56	31,16	1,03
E403B	18,24	11,07	17,35	-9,76	18,06	10,36	21,09	-7,08	18,52	-7,80
E403C	26,45	2,06	25,77	0,57	25,80	0,04	29,75	3,33	29,32	1,31
E403D	12,36	-9,35	12,54	-9,42	12,59	-9,41	15,73	-6,15	14,39	-7,70

* Temp.cal (Température calorifique)

b) Détermination de la quantité de chaleur horaire

Dans cette partie, on détermine à l'aide de l'équation IV.2, les quantités de chaleur cédée par la charge (Q_1) et absorbée par le filtrat par unité de temps (h).

$$Q_1 = \rho \cdot M \cdot Cp(T_1 - T_2) \quad (IV.2)$$

où

ρ : Masse volumique de la charge ou filtrat

M : Débit volumique de la charge ou filtrat

Cp : capacité calorifique massique de la charge ou filtrat

$(T_1 - T_2)$: Différence de températures entre l'entrée et la sortie du chiller

La capacité calorifique Cp d'un mélange de deux constituants (1) et (2) est calculée par l'équation suivante :

$$Cp_{mélange} = (X_1 \times Cp_1 + X_2 \times Cp_2) \quad (IV.3)$$

X : fraction massique du constituant dans le mélange

Dans les conditions opératoires suivantes :

$$X_{vo} = X_{sol} = 0,5 ; Cp_{vo} = 0,50 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C} ; Cp_{sol} = 0,47 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$X_{vo} = X_{sol} = 0,5 ; Cp_{Do} = 0,468 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C} ; Cp_{sol} = 0,440 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

La chaleur horaire moyenne s'exprime par :

$$Q_{moy} = \frac{(Q_1 + Q_2)}{2} \quad (IV.4)$$

Q_1 et Q_2 : Chaleurs horaires respectives échangées entre la charge et le filtrat

Les résultats obtenus sont exposés dans le tableau IV.4.

Tableau IV.4 : Paramètres calorifiques de la charge au niveau des chillers E403A/B/C/D

Charge	Date	13/05/21		14/05/21		15/05/21		16/05/21		17/05/21	
		CTI	CTE								
M (m^3/hr)	E403A	29,75	53,9	28,92	53,09	27,70	54,94	29,19	51,53	29,85	52,64
	E403B	29,75	53,9	28,92	53,09	27,70	54,94	29,19	51,53	29,85	52,64
	E403C	29,75	53,9	28,92	53,09	27,70	54,94	29,19	51,53	29,85	52,64
	E403D	29,75	53,9	28,92	53,09	27,70	54,94	29,19	51,53	29,85	52,64
ρ (kg/ (m^3))	E403A	852,50	844,33	852,44	846,17	852,44	844,54	852,58	846,89	852,56	847,22
	E403B	851,91	838,75	851,87	839,67	851,90	839,25	852,05	841,55	851,93	841,04
	E403C	852,32	847,94	852,29	846,90	852,29	846,53	852,49	848,83	852,47	847,42
	E403D	851,62	839,96	851,63	839,91	851,63	839,91	851,79	842,20	851,72	841,11
C_p ($kcal/kg \cdot ^\circ C$)	E403A	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44
	E403B	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44
	E403C	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44
	E403D	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44	0,48	0,44
ΔT ($^\circ C$)	E403A	23,4	7,97	22,53	9,30	22,53	7,55	26,38	7,63	27,34	8,83
	E403B	-0,08	7,97	0,5	9,30	-1,09	7,55	-5,50	7,63	-2,06	8,83
	E403C	30,31	11,41	28,73	9,99	28,48	9,45	30,05	9,48	31,03	9,02
	E403D	-2,14	11,41	-2,27	9,99	-2,06	9,45	-2,11	9,48	-1,17	9,02
Q ($kcal/kg$)	E403A	284815	161044	266557	185415	255309	155538	315126	147840	333970	174746
	E403B	973	159979	5911	183989	12344	154564	65660	146908	25145	173472
	E403C	368845	231436	339849	199349	322678	195035	358928	184108	379004	178551
	E403D	26020	229257	26831	197704	23321	193512	25181	182668	14278	177221
Q_{moy} ($kcal/kg$)	E403A	222929		225986		205423		231483		254358	
	E403B	81538		94950		84307		106288		99953	
	E403C	300141		269599		258857		271518		278777	
	E403D	128725		113162		109323		104494		96529	

* CTI (Côté tube interne) ; CTE (Côté tube externe)

c) Calcul du coefficient de transfert U_s

Selon l'équation (IV.5),

$$U_s = \frac{1}{\frac{h_{int} + h_{ext}}{h_{int} \times h_{ext}} + R_s} \quad (IV.5)$$

Pour calculer le coefficient global sale (U_s), on doit déterminer tout d'abord les coefficients de transfert de chaleur cotés tube interne (h_{int}) et externe (h_{ext}).

La résistance de salissement $R_s = 0.0004 \text{ h.m}^2.\text{c}^\circ / \text{kcal}$ (voir annexe 5)

Pour cela on doit utiliser cette série de formules tout en respectant leur ordre :

$$Re_t = \frac{\rho \times M \times d_i}{a_t \times \mu} \quad (IV.6)$$

Re_t : nombre de Reynolds avec $a_t = \frac{\pi \times d_i^2}{4}$; (a_t : section interne du tube)

$$J_n = \frac{h_i \times d_i}{\lambda} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{\lambda} \right)^{-1/3} \times \phi_t^{-1} = 0,36 Re^{0,55} \quad (IV.7)$$

avec J_n : ; $\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_t} \right)^{0.14}$; (μ : viscosité cinématique de l'huile) et

$$\lambda = 0,17 - 1,418 \times 10^{-4} \times T_c$$

Les valeurs de la conductivité thermique sont regroupées dans la tableau IV.5.

$$h_i = \phi_t J_n \times \frac{\lambda}{d_i} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{\lambda} \right)^{1/3} \quad (IV.8)$$

$$\frac{h_{int}}{\phi_t} = \frac{d_i}{d_o} \times \left(\frac{h_i}{\phi_t} \right) \quad (IV.9)$$

avec $\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_t} \right)^{0.14}$ et $\mu_t = 0,00125 \text{ kg/m}.\text{sec}$

Tableau IV.5 : Conductivité thermique de la charge et du filtrat

Date		13/05/21		14/05/21		15/05/21		16/05/21		17/05/21	
		CTI	CTE								
λ (Kcal/ hr.m.°C)	E403A	0,1658	0,1704	0,1659	0,1701	0,1659	0,1704	0,1655	0,1699	0,1656	0,1699
	E403B	0,1674	0,1716	0,1675	0,1714	0,1674	0,1715	0,1670	0,1710	0,1674	0,1711
	E403C	0,1663	0,1697	0,1663	0,1699	0,1663	0,1700	0,1658	0,1695	0,1658	0,1698
	E403D	0,1682	0,1713	0,1682	0,1713	0,1682	0,1713	0,1678	0,1709	0,1680	0,1711

Par combinaison de toutes ces équations, et en remplaçant les paramètres par leurs valeurs, on obtient l'expression mathématique suivante :

$$h_{int} = 36,525654 \times (\rho \cdot M)^{0.55} \cdot \lambda^{2/3} \quad (IV.10)$$

Cette équation nous conduit à calculer le coefficient global sale (U_s) selon l'équation suivante :

$$U_s = \frac{1}{\frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} + R_s} \quad (IV.11)$$

R_s : résistance de salissement = 0.0004 h.m2.c° /kcal

La même méthodologie est suivie pour le calcul du coefficient de transfert de chaleur coté tube externe (hext), à l'exception de (di) qui va être remplacé par (de : diamètre équivalent) selon l'équation suivante :

$$d_e = \frac{d_i^2 - d_o^2}{d_o}$$

Les résultats correspondants sont regroupés dans le tableau IV.6.

Tableau IV.6 : Coefficients de transfert thermique et global sale des chillers E303A/B/C/D

Charge	Date	13/05/21	14/05/21	15/05/21	16/05/21	17/05/21
h_{int} (Kcal/h.m ² °C)	E403A	129,23	278,42	153,25	189,52	224,60
	E403B	209,51	136,59	237,13	136,12	121,27
	E403C	356,98	254,90	274,11	256,13	241,10
	E403D	147,22	161,50	81,44	183,59	171,55
h_{ext} (Kcal/h.m ² °C)	E403A	630,77	634,98	606,75	642,2	682,4
	E403B	550,49	623,41	522,87	623,88	638,73
	E403C	655,89	679,6	635,1	609,98	601,3
	E403D	612,78	598,5	678,56	576,41	588,45
U_s (Kcal/h.m ² °C)	E403A	102,84	179,64	116,64	138,24	158,28
	E403B	143,07	107,24	153,15	106,96	97,93
	E403C	211,60	172,58	177,85	168,25	161,01
	E403D	113,32	121,02	70,66	131,89	126,13

d) Différence moyenne logarithmique de température (DTLM)

Puisque il existe un gradient de température le long du tube de chiller, on doit prendre la différence moyenne logarithmique de température (DTLM).

Pour calculer DTLM on va appliquer la loi qui suit:

$$DTLM = \frac{\Delta t_e - \Delta t_s}{\ln \Delta t_e / \Delta t_s} \quad (IV.12)$$

avec $\Delta t_e = T_1 - t_2$; $\Delta t_s = T_2 - t_1$

Les résultats sont exposés dans le tableau IV.7.

Tableau IV.7 : Températures de la charge (T) et du filtrat (t) au niveau des chillers E403A/B/C/D

Charge	Date	13/05/21	14/05/21	15/05/21	16/05/21	17/05/21
T ₁ (°C)	E403A	41,60	40,13	40,04	44,83	44,83
	E403B	18,20	17,60	17,51	18,34	17,49
	E403C	41,60	40,13	40,04	44,83	44,83
	E403D	11,29	11,40	11,56	14,67	13,80
T ₂ (°C)	E403A	18,20	17,60	17,51	18,34	17,49
	E403B	18,28	17,10	18,60	23,84	19,55
	E403C	11,29	11,40	11,56	14,67	13,80
	E403D	13,43	13,67	13,62	16,78	14,97
t ₁ (°C)	E403A	-7,08	-5,12	-6,58	-3,26	-3,39
	E403B	-15,05	-14,41	-14,13	-10,89	-12,21
	E403C	-3,65	-4,43	-4,69	-1,41	-3,20
	E403D	-15,05	-14,41	-14,13	-10,89	-12,21
t ₂ (°C)	E403A	0,89	4,18	0,97	4,37	5,44
	E403B	-7,08	-5,12	-6,58	-3,26	-3,39
	E403C	7,76	5,56	4,76	8,07	5,82
	E403D	-3,65	-4,43	-4,69	-1,41	-3,20
DTLM (°C)	E403A	74,57	66,38	71,33	69,19	67,14
	E403B	67,05	61,88	64,91	63,66	59,72
	E403C	53,22	55,24	56,52	57,59	61,01
	E403D	48,32	49,21	49,47	49,17	49,94

e) Surface et capacité d'échange des chillers E403A/B/C/D

$$A_s = \frac{Q}{DTLM \times U_s} \quad (IV. 13)$$

Tableau IV.8: Surfaces d'échange des chillers à refroidissement par filtrat

Jours		13/05/2021	14/05/2021	15/05/2021	16/05/2021	17/05/2021
Surface d'échange (m ²)	E403A	125,66	91,86	109,28	111,59	112,83
	E403B	38,81	56,15	38,66	62,30	63,40
	E403C	113,34	118,34	110,45	120,23	125,56
	E403D	79,64	66,48	91,00	57,71	54,82
Surface d'échange recommandée (m ²)		129				

A travers, les résultats exposés au Tableau IV.8, tous les chillers ont perdu de leur surface d'échange, au cours de leur fonctionnement. Cette diminution de surface d'échange varie d'une journée à une autre, et d'un chiller à un autre. A titre de comparaison, le chiller E403A possédait la plus grande surface d'échange (125,66 m²) le 13/05/2021, alors que celle du chiller E403B était la plus faible (38,66 m²) au cours de la journée du 15 Mai.

En comparant, les différentes surfaces d'échange des quatre chillers à la surface recommandée, on peut déduire leur capacité d'échange (ou refroidissement).

Tableau IV.9: Capacité d'échange des chillers à refroidissement par filtrat

Date		13/05/21	14/05/21	15/05/21	16/05/21	17/05/21
Capacité d'échange (%)	E403A	97	71	85	87	87
	E403B	30	44	30	48	49
	E403C	88	92	86	93	97
	E403D	62	52	71	45	42

En admettant, que la surface d'échange recommandée (129 m²) présente une capacité d'échange de 100 %, on remarque bien, à travers le tableau IV.9, que le chiller E403B, présente une capacité d'échange très faible (30%), par rapport aux autres échangeurs. Cela est dû au formation 'une grande quantité de cristaux d'huile, qui empêche le mouvement de l'arbre

IV.2.4. Efficacité de refroidissement par propane des chillers E404A/B/C/D

Notons bien, que le calcul effectué pour l'étude thermique des chillers E403A/B/C/D est repris pour les chillers E404A/B/C/D, à l'exception de quelques expressions mathématiques.

a) Quantité de chaleur dégagée Q_1 par le mélange d'alimentation

Q_1 est déterminée par l'équation du bilan thermique :

$$Q_1 = G_{mélange} \times (h_1 - h_2) \quad (IV.14)$$

où

h_1 et h_2 : sont les enthalpies de la charge à T_1 et T_2 avec,

$$h_1(T_1) = 0,403 \times T_1 + 0,000405 \times \frac{(T_1)^2}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} ; h_2(T_2) = 0,403 \times T_2 + 0,000405 \times \frac{(T_2)^2}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}}$$

avec $\rho_{15}^{15} = 0,0109 \text{ Kg/m}^3$

b) Quantité de chaleur dégagée Q_2 lors de la cristallisation

$$Q_2 = \frac{G_{charge} \times \alpha \times L_C}{100} \quad (IV.15)$$

où :

L_C : Chaleur latente de cristallisation de la paraffine ($L_C = 38,96 \text{ kcal/kg}$)

α : Pourcentage massique d'hydrocarbure solide déposé au cours du refroidissement,

$$\alpha = [(T_1 - T_2)/(T_H - T_f)] \times A \times 100$$

T_H : Température initiale de cristallisation, elle correspond à l'apparition des premiers cristaux, de l'hydrocarbure. On admet que $T_H \approx T_1$

$T_f = -24^\circ\text{C}$: Température de filtration

A : Teneur en paraffine dans le gâtsh, $A = 0,2$ pour SAE30.

Pour le calcul du coefficient d'échange global sale (Us), on utilise la quantité de chaleur moyenne entre Q_1 et Q_2 . Les valeurs correspondantes sont exposées au tableau IV.10.

Tableau IV.10: Paramètres calorifiques d'échange au niveau des chillers E404A/B/C/D

	Date	13/05/21	14/05/21	15/05/21	16/05/21	17/05/21
Q_{moy} (Kcal/h)	E404A	70944,45	69207,23	77314,90	68016,31	68926,92
	E404B	121734,65	115756,19	119566,11	121078,03	121256,40
	E404C	60612,88	62432,27	59228,03	6674,32	70247,23
	E404D	61799,88	57245,48	58127,38	122646,48	44333,76
$DTLM$ (°C)	E404A	101,70	99,15	101,03	116,14	105,34
	E404B	53,48	53,05	52,00	74,70	59,56
	E404C	92,03	92,18	92,81	111,12	93,59
	E404D	65,48	66,59	67,68	80,84	70,20
U_s (Kcal/ h.m ² °C)	E404A	38,60	39,84	38,65	38,10	40,56
	E404B	47,40	37,50	75,90	37,50	42,77
	E404C	41,70	35,80	40,10	46,70	40,38
	E404D	40,32	34,90	39,00	36,70	37,82

c) Surface et capacité d'échange des chillers E404A/B/C/D

Les résultats obtenus des surfaces d'échange des chillers à refroidissement au propane, (voir tableau IV.11) indique bien que l'échangeur E404B présente des surfaces d'échange les plus élevées ($93,48 \div 127,84 \text{ m}^2$) au cours de cette période de suivi. Par contre les trois autres, leurs surfaces d'échange restent d'une manière générale en dessous de la moyenne. Par conséquent, le chiller E404B demeure l'échangeur le plus performant. En revanche, les chillers à refroidissement par propane présentent une capacité d'échange moyenne de l'ordre de 68,2, une valeur proche de celle des chillers à refroidissement par filtrat limitée à 67,8 % (voir tableau IV.11).

Tableau IV.11: Surfaces d'échange des chillers à propane E404A/B/C/D

Jours		13/05/2021	14/05/2021	15/05/2021	16/05/2021	17/05/2021
Surface d'échange (m ²)	E404A	50,57	49,79	55,35	44,10	47,24
	E404B	120,67	127,84	93,48	107,91	118,50
	E404C	45,33	48,78	44,56	42,29	52,43
	E404D	58,41	56,41	54,49	104,34	41,04
Surface d'échange recommandée (m ²)		129				

Tableau IV.12: Capacité d'échange des chillers à propane E404A/B/C/D

Jours		13/05/2021	14/05/2021	15/05/2021	16/05/2021	17/05/2021
Capacité d'échange (%)	E404A	39	39	43	34	37
	E404B	94	99	72	84	92
	E404C	35	38	35	33	41
	E404D	45	44	42	81	32

Conclusion générale

Conclusion générale

Ma formation de Master dans le domaine de la pétrochimie a été couronnée par un stage de mise en situation professionnelle dans l'un des plus grand complexe de raffinage du pétrole (RA1Z) en Algérie. Ce stage fut tout à fait enrichissant pour moi, car il m'a permis de découvrir le domaine de ses acteurs, ses contraintes, mais aussi de participer concrètement à ses enjeux. Cette petite expérience professionnelle, m'a permis d'acquérir le sens des responsabilités et du travail en équipe. Il a en outre développé en moi un esprit d'initiative et d'organisation.

Cette expérience vient confirmer le fait que j'ai fait le bon choix du lieu de stage, j'ai beaucoup appris sur le domaine de raffinage du pétrole, et plus particulièrement dans l'unité de déparaffinage des huiles de base (lieu d'affectation), où j'ai fait un suivi, de tous les procédés de traitement des huiles de base. En revanche, j'avais cette possibilité de participer à la recherche des paramètres qui sont en lien avec un problème de refroidissement posé au niveau des huit chillers. Ces échangeurs, ont pour rôle le refroidissement des huiles leur permettant de se séparer des paraffines.

Dans telles circonstances, mon travail a débuté par un calcul de transfert de chaleur relatif à ces chillers. En se servant des données fournies par cette unité et sur la base des diagrammes, j'ai pu effectuer un calcul, où des paramètres tels que la température calorique, la chaleur horaire, les coefficients thermiques côté tube interne et externe, le coefficient de transfert sale U_s ont pu être déterminés. Tous ces paramètres m'ont permis finalement à évaluer les surfaces d'échange des huit chiller. Une bonne analyse des résultats obtenus, m'a permis d'affirmer que parmi les huit chillers, C403A et C403C de la série des échangeurs à refroidissement par filtrat ont conservé légèrement leur capacité d'échange (85,4 % et 91,2 %) de même pour C404B qui fait parti des chillers à refroidissement au propane dont la capacité a atteint 88,2 %. Les autres ont été beaucoup affectés dont leur capacité d'échange qui a diminué jusqu'à 38 %. Finalement, on peut dire seulement 3 sur 8 chillers fonctionnent avec une bonne performance. Ce problème de refroidissement nécessite une prise de conscience de la part des responsables en établissant en toute urgence, une série de mesures telles que la modernisation des équipements, la vérification fréquente de la surface d'échange des chillers et l'augmentation de la fréquence en termes de maintenance.

Références

Références

- [1] Energy Information Administration. Washington.2018. Algérie Presse Service, Mars 2019.
- [2] Pierre Trambouze, *Matériels et équipements*, vol. 4, Paris, Technip, coll. « Le raffinage du pétrole », 785, 1999.
- [3] James G. Speight, *Environmental Analysis and Technology for the Refining Industry*, John Wiley & Sons, 2 septembre 2005.
- [4] International Directory of Company Histories, Vol. 65. St. James Press, 2004.
- [5] Document interne de la raffinerie d'Arzew, département des ressources humaines, Algérie 1998.
- [6] G. Heinrich, *Petroleum refining*, volume 1, Edition Technip, Paris, 1995.
- [7] Frêne, J. Nicolas, D. Degueurce, B. Hydrodynamic lubrication: bearings and thrust bearings », *Tribology series*, 33, 1997.
- [8] Al Nagggar, A. M., El Shamy, E. A., Farag, A. S., and El Azabawy, S. R. *Mans. Sci. Bull. Egypt* 2004 (31),165.
- [9] Barwell, F. T. Lubricant Additives - The History of their Introduction and Assessment', *Erdöl, Erdgas, Kohle*. 1986 (12) 561-567.
- [10] 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.] McGraw-Hill book company, inc., 1920.
- [11] WUITHIER, P. raffinage et génie chimique, tome 1 Ed. Technip, Paris (1972).
- [12] Bassbasi, M., Hafid, A., Platikanov S., Tauler R., Oussama, A. Study of motor oil adulteration by infrared spectroscopy and chemometrics methods. *Fuel* 2013 (104), 798–804.
- [13] Pollitt, A. A. Mineral oils for transformers and switchgear. *Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part II: Power Engineering*. 1943 90 (13), 15 – 22.
- [14] El-Shami, S. M., Zaki Selim, I., El-Anwar, I. M., Hassan El-Mallah, M. *Journal of the American Oil Chemists Society* volume 1992 (69), 872–875.
- [15] John B. Rollins; William D. McCain, Jr.; Todd J. Creeger, Estimation of solution GOR of Black Oils. *Journal of Petroleum Technology*, 1990 42 (01): 92–94.
- [16] Barry, B. W. and Grace, A. J. Grade variation in the rheology of white soft paraffin B.P. *J. Pharm. Pharmacol.* 1970 (22), 147S.
- [17] Križan Milić, J., Murić, A., Petrinić, I., & Simonič, M. Recent Developments in Membrane Treatment of Spent Cutting-Oils: A Review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2013 (52), 7603–7616.

- [18] Wauquier, J. P. Crude oil petroleum product process flowsheets. Editions TECHNIP, Paris 1995.
- [19] Lee, J. M., Shin, S., Ahn, S., Chun, J. H., Lee, K. B., Mun, S. Nho, N. S. Separation of solvent and deasphalted oil for solvent deasphalting process. *Fuel Processing Technology*. 2014 (119), 204–210.
- [20] Coto, B., van Grieken, R., Peña, J. L., & Espada, J. J. A model to predict physical properties for light lubricating oils and its application to the extraction process by furfural. *Chemical Engineering Science*, 2006, 61(13), 4381–4392.
- [21] Sirbu, F., Dragoescu, D., Shchamialiou, A., & Khasanshin, T. Densities, speeds of sound, refractive indices, viscosities and their related thermodynamic properties for n-hexadecane + two aromatic hydrocarbons binary mixtures at temperatures from 298.15 K to 318.15 K. *J. Chem Thermodynamics*. 2019 (128), 383-393.
- [22] Singh, H., Kishore, K., Solvent refining of medium viscosity distillate and changes in group chemical composition. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology* 1978 (28), 617–625.
- [23] Misra S, Baruah S, Singh K. Paraffin problems in crude oil production and transportation: a review. *SPE Prod Facil* 1995 10 (1), 50–4.
- [24] Sequeira, A. *Lubricant Base Oil and Wax Processing*. Marcel Dekker, New York. 1994. pp. 81–82.
- [25] Kartzmark, B. G. *Advances in the Hydrogen Treating of Lubricating Oils and Waxes*. 7th World Petroleum Congress, Mexico City, Mexico, April 1967, WPC-12320.
- [26] Hamdane, S. Etude de quelques propriétés physico-chimiques des huiles moteurs en service, cas de 20W50. Thèse de magister en Chimie organique industrielle. Université d'Oum-El-Bouaghi, Algérie 2001.
- [27] Chaudhry, A. U. *Oil Well Testing Handbook*, Advanced TWPSOM Petroleum Systems, Inc. Houston, Texas AMSTERDAM Gulf Professional, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK Copyright © 2004, Elsevier Inc.
- [28] Sequeira, A. Jr., *Lubricant Base Oil and Wax Processing*, Marcel Dekker, NY, 1994, Chapters 6 and 8, 119–152 and 194–224.
- [29] Cristante, M. Selves, J. L., Grassy, G., Colin, J.P. Structure–activity relationship study on paraffin inhibitors for crude oils (INIPAR model II). *Anal Chim Acta* 1993 274 (2), 303–16.
- [30] Garcia, M.C., Carbognani, L., Urbina, A., Orea, M. Paraffin depositon in oil production. Oil composition and paraffin inhibitors activity. *Petrol Sci Technol* 1998 16 (9), 1001–21.



Annexes

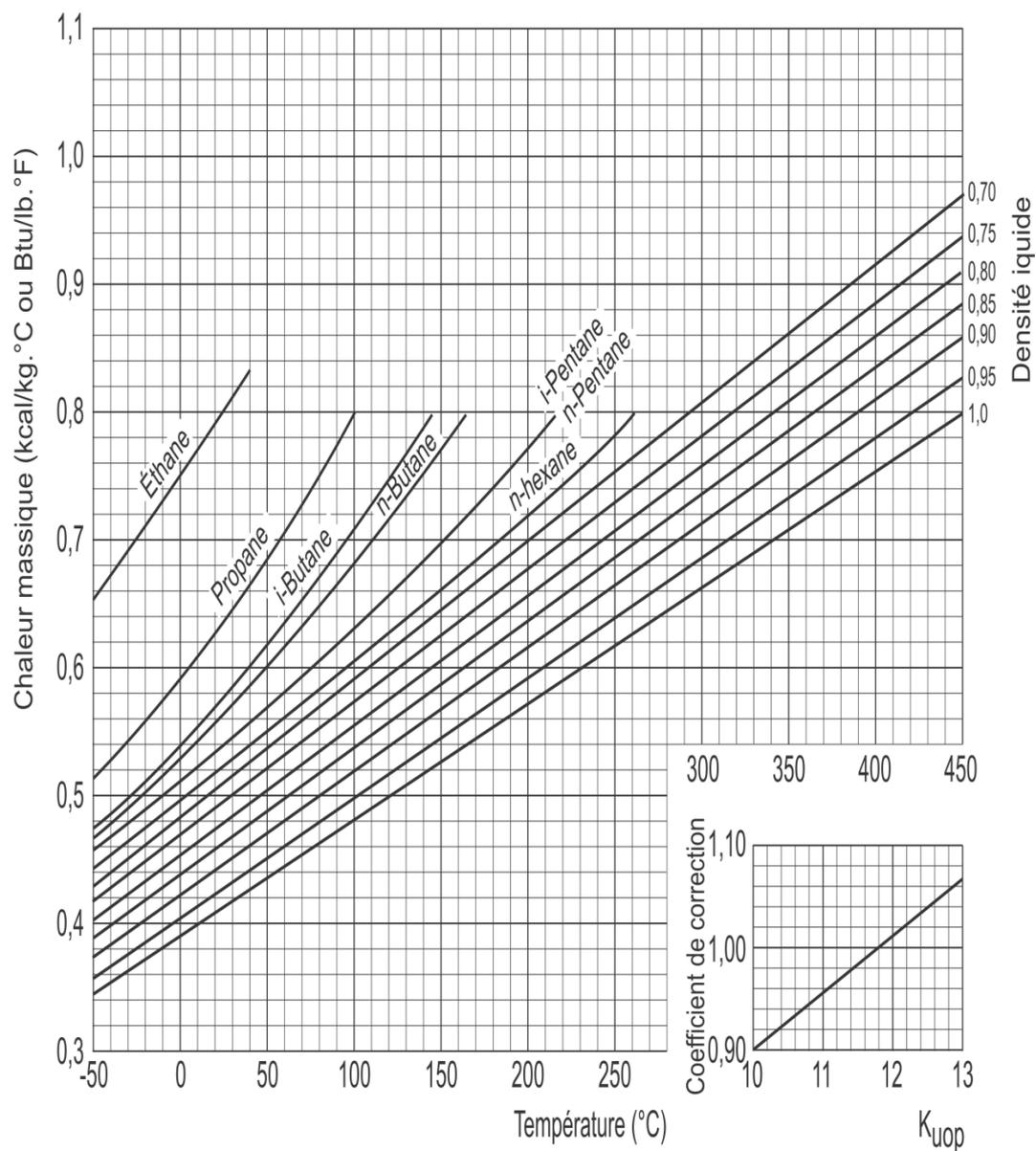
Annexes

$$d_4^\theta = d_4^t + K(t - \theta)$$

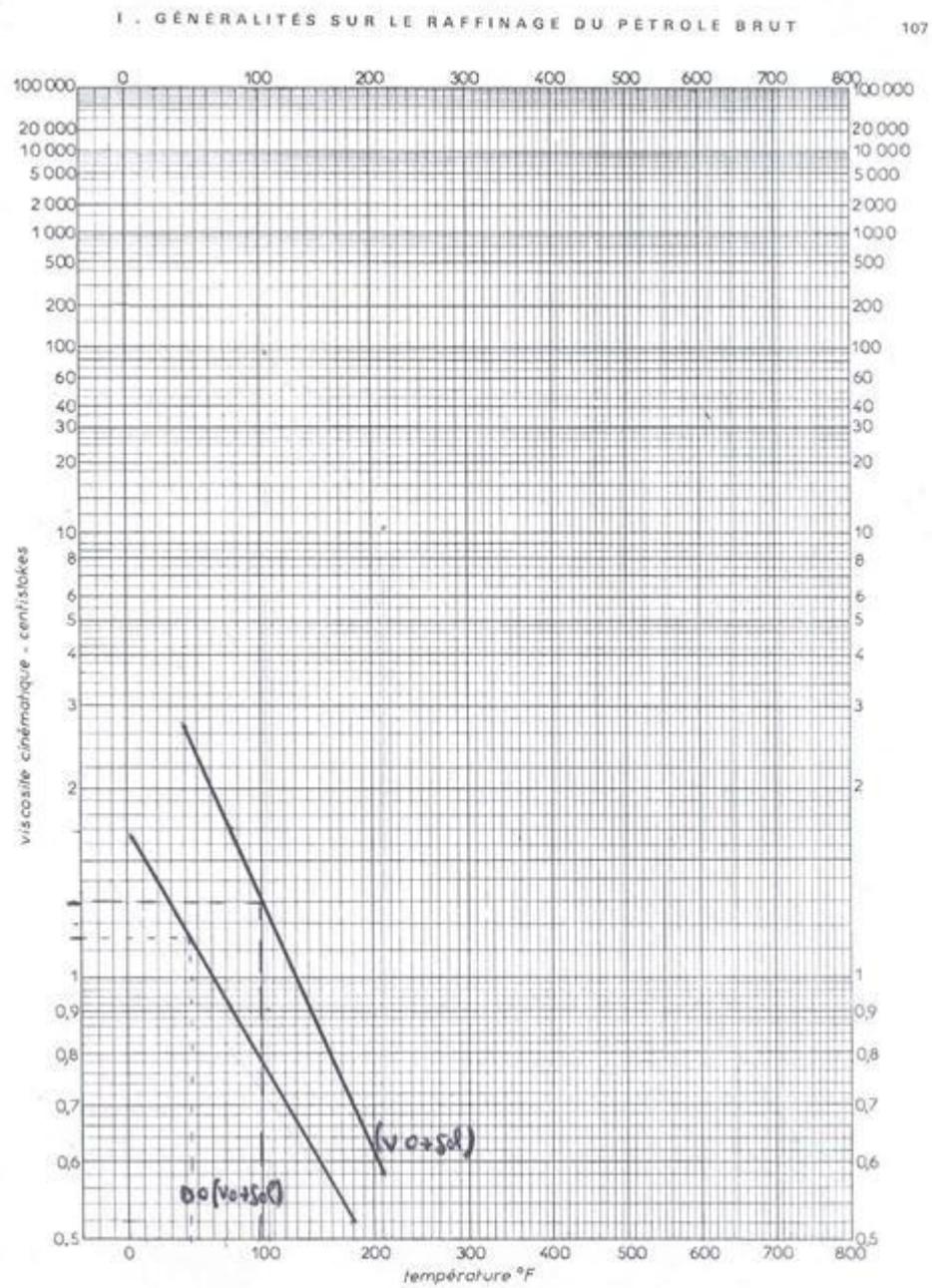
avec K coefficient dépendant de la d_4^{15} du produit pétrolier.

d_4^{15}	0,60 - 0,70	0,70 - 0,76	0,76 - 0,80	0,80 - 0,85	0,85 - 0,88	0,88 - 0,90
K	0,0009	0,00085	0,0008	0,00075	0,00065	0,00062

Annexe 1: Variation du coefficient k en fonction de la densité des huiles



Annexe 2: Diagramme de la variation de la chaleur massique des liquides en fonction de la température.



Annexe 3: Diagramme de la variation de la viscosité cinématique des liquides en fonction des températures

