



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : *Industries pétrochimiques*

Spécialité: *pétrochimie*

Thème

Amélioration de la qualité des huiles de base par l'hydrofinishing à l'unité 500

Présenté et soutenu publiquement par :

ANTARI TAREK

BEGUI YUCEF

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
M ^{me} MECHKEN.K-A	MAA	IMSI	Président
M ^{me} TALBI .Z	MAA	IMSI	Encadreur
Mr ADJALOA .A	MAA	IMSI	Examinateur
Mr MESSABIH .H	MAA	IMSI	Invité

Juin 2016

REMERCIEMENTS

ON REMERCIE NOTRE DIEU MISÉRICORDE DE NOUS AVOIR AMENÉ
À RÉALISER CE PROJET ET DE NOUS AVOIR DONNÉ LA
POSSIBILITÉ POUR SUIVRE NOS ÉTUDES SUPÉRIEURES ET DE LES
RÉUSSIR ET D'AVOIR LA CHANCE
D'ATTEINDRE LE NIVEAU MASTER II.

ON TIENT À EXPRIMER NOS VIFS REMERCIEMENTS
À NOTRE ENCADREUR **M^{me} TALBI ZAHIRA** POUR SA PRISE EN
CHARGE ET POUR AVOIR DIRIGÉ NOTRE TRAVAIL DURANT
L'ÉLABORATION DE CE MÉMOIRE ET POUR LEURS AIDES
BÉNÉFIQUES ET LEURS CONSEILS.

NOUS REMERCIEMENTS LES ENSEIGNANTS DU NOTRE
SPÉCIALITÉ SANS OUBLIER LES PERSONNES DE NOTRE
DÉPARTEMENT.

NOS REMERCIEMENTS VONT AUSSI À MESSIEURS LES MEMBRES
DU JURY POUR AVOIR ACCEPTÉ DE JUGER NOTRE TRAVAIL.

ENFIN, À TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÈS OU DE LOIN À
LA RÉALISATION DE CE PROJET DE FIN D'ÉTUDES.

✚ ANTARI TAREK

✚ BEGUI YUCEF

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire

À mes très chers parents

À mes frères et mes sœurs

À toute ma famille

À tous mes amis

Ainsi qu'à tous mes professeurs, enseignants

Et tous mes amis du primaire

Jusqu'à l'université.

✚ Tarek

DEDICACE

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et matériellement
pendant les moments les plus difficiles*

Durant ma vie :

Pour l'esprit de ma mère, mon Dieu ait pitié

A mon très cher père, pour ses encouragements

A mes frère : le bonheur dans sa vie

A mes sœurs.

A toute ma grande famille, BEGUI.

A mes meilleurs amis chacun à son nom.

Et mon cher binôme Antari Tarek,

A tous nos collègues de la promotion 2010-2011 surtout nos

Amis de la spécialité de pétrochimie.



BEGUI YUCEF

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS.....	I
NOMENCLATURE.....	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX.....	V
INTRODUCTION GENERALE.....	1

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Présentation de la raffinerie d'Arzew

I.1.Description du complexe.....	02
I.2.Situation géographique.....	02
I.3.Les principales zones du complexe	03
I.4. Nature et capacité de production	07
I.5.Principaux produits chimiques utilisés.....	09
I.6 .Présentation des principales installations de RA1	10

CHAPITRE II : Procédés de fabrication des huiles de bases

II.1. Introduction.....	11
II.2. Caractéristique des huiles de base.....	11
II.2.1 Viscosité.....	11
II.2.2 Indice de viscosité	11
II.2.3 Point d'écoulement	11
II.2.4 Point d'éclair	12
II.2.5 Stabilité.....	12

II.2.6 Couleur	12
II.2.7 Résistance à l'oxydation	12
II.3. Tendance des huiles de base.....	12
II.3.1. Tendance paraffinique.....	12
II.3.2. Tendance naphténiq.	12
II.3.3. Tendance aromatique.....	13
II.4.Fabrication des huiles de bases	13
II.4.1 Distillation sous vide (Unité 100).....	15
II.4.2 La désasphaltage au propane (Unité200).....	18
II.4.3 Extraction au furfural (Unité 300).....	21
II.4.4 Déparaffinage au MEK/Toluène (Unité 400).....	24
II.4.5 Hydrofinissage (Unité 500).....	25

CHAPITRE III : Description et performance de l'unité 500

III.1. Description générale de l'unité 500.....	27
III.1.1. Description du procédé.....	27
III.1.2 Liaison avec les autres unités.....	31
III.1.3.Caractéristiques de charges de l'unité 500.....	31
III.1.4. Spécifications des produits	33
III.2. performance des équipements de l'unité 500.....	33
III.2.1. Le Four H501.....	33
III.2.1.1. Généralités.....	33
III.2.1.2. Définition d'un four.....	34

III.2.1.3. Condition de service du four de l'unité 500	38
III.2.2. Réacteur H501.....	39
III.2.2.1. Généralités.....	39
III.2.2.2. Définition des réacteurs chimiques	40
III.2.2.3. Types des réacteurs.....	40
III.2.2.4.Choix d'un réacteur.....	48
III.2.2.5. Type et Paramètres de fonctionnement du réacteur H501.....	49
III.2.3. Analyse des produits.....	50
III.2.3.1.SPO.....	50
III.2.3.2.SAE10 (MVO).....	51
III.2.3.3. SAE30(VO).....	52
III.2.3.4. Bright stock (BS).....	53

<i>PARTIE PRATIQUE</i>

CHAPITRE IV : calcul du rendement des équipements de l'unité 500

IV.1. Introduction.....	55
IV.2 Composition des fumés issus de la combustion du gaz.....	55
IV. 3. Réactions de combustion.....	56
IV. 4.Calcul des quantités totales.....	57
IV. 5.Rendement du four H501.....	59
IV.5.1. Calcul de la quantité de chaleur dégagée Qentrée.....	60
IV. 5.2. Calcul des pertes de chaleur par parois	61
IV.5.3. Calcul des pertes de chaleur par fumées.....	61

IV. 5.4. Calcul des pertes totales.....	.62
IV.6. Réacteur R501.....	.63
IV.6.1.Calcul de taux de conversion.....	.63
IV.6.2 Calcul du rendement du réacteur R501.....	.63
CONCLUSION GENERALE.....	67

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

Résumé

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances du réacteur R501 et le four H501 de l'unité 500 de la Raffinerie d'Arzew.

Pour cela, un suivi des paramètres de marche de chaque équipement a été entamé afin de rétablir des bilans de matières et d'énergies qui nous ont permis d'estimer l'efficacité du traitement des huiles finies.

Abstract

The aim of this work is to evaluate the performance of the reactor R501 and H501 of the unit 500 of Arzew Refinery. In this fact, monitoring operating parameters of each equipment has begun to restore the materials balance and energy that allowed us to estimate the effectiveness of the treatment of finished oils.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقويم جودة المفاعل R501 والفرن H501 للوحدة الصناعية 500 لمصفاة أرزيو. من أجل هذا يتم متابعة معايير العمل لكل تجهيز بعد أخذ محصلة المواد و الطاقة من أجل تحسين معالجة الزيوت النهائية على مستوى معمل التكرير.

LISTE DES ABREVIATIONS

BRA : Brut Réduit Atmosphérique

BRI : Brut réduit importé

BS : Bright Stock

GPL : Gaz Pétrole Liquéfié

RSV : le résidu sous vide

LVGO: gasoil Léger sous vide

MVGO: gasoil moyen sous vide

HVGO : gasoil lourd sous vide

DAO : Desasphalting - Oil

SPO: Spindle - oil

MVO: mini visqueuse - oil

VO: visqueuse - oil

ASTM: American Society for Testing and Materials

SAE: Society of Automotive Engineers

SAE10 (MVO): Middle Viscous-Oil (mi-visqueuse)

SAE30 (VO): Viscous-Oil (visqueuse)

MEC : Méthyle-Éthyle Cétone

NOMENCLATURE

symbole	Définition	l'unité
M_F	Masse moléculaire des fumées	$kg/kmol$
ρ_f	Masse volumique des fumées aux conditions normales	kg/Nm^3
M_{com}	Masse moléculaire du gaz combustible	$kg/kmol$
ρ_{com}	Masse volumique du gaz combustible aux conditions normales	kg/Nm^3
V_f	Le volume de fumées	Nm^3
m_f	la masse des fumées	kg
η	Le rendement	/
Q	quantité de chaleur	$kcal/h$
G_{com}	débit du fuel gaz	m^3/h
Q_{sen}	Chaleur sensible	$Kcal/Kg$
C_{pair}	chaleur spécifique de l'air	$kcal/k^0c$
PCI_{com}	pouvoir calorifique de fuel gaz	$kcalNm_3$
Q_{parois}	pertes de chaleur par parois	$kcal/h$
$Q_{fumées}$	pertes de chaleur par fumées	$kcal/h$
$G_{fumées}$	débit des fumées.	kg/h
$H_{fumées}$	enthalpie des fumées	$kcal/kg$
C_{pi}	chaleur spécifique des constituants des fumées	$kcal/k^0c$
t	température des fumées	0c
Xs	taux de conversion	/
Ms	quantité de soufre dans la charge	kg

Liste des figures

Figure I. 1. Plan de situation de la Raffinerie d'Arzew (Google -earth).

Figure I. 2. Capacité de production des différents produits pétroliers.

Figure I. 3. Plan de masse de la raffinerie d'Arzew.

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

Figure II. 2. Schéma simplifié de la colonne sous vide sous vide.

Figure II. 3. Schéma simplifié de l'unité de distillation sous vide (100).

Figure II. 4. Schéma simplifié de la colonne de désasphaltage au propane.

Figure II. 5. Schéma simplifié de l'unité de desasphaltage au propane.

Figure II. 6. Schéma simplifié de la colonne d'extraction des aromatiques par le furfural.

Figure II. 7. Schéma simplifié de l'unité de l'unité de l'extraction des aromatique.

Figure II. 8. Principe d'une unité de déparaffinage.

Figure II. 9. Schéma simplifié d'hydrofinissage.

Figure III.1. Schéma de l'unité d'hydrofinishing 500.

Figure III. 2. schéma générale de la ligne des huiles de base.

Figure III.3. Vue d'un four verticale (boîtes).

Figure III. 4. Vue d'un four horizontal (cabines).

Figure III. 5. Opération d'un réacteur discontinue.

Figure III.6. Opération d'un réacteur continue.

Figure III.7. Réacteur pour réaction à haute température.

Figure III. 8. Réacteur catalytique à lit fixe multitubulaire.

Figure III. 9. Production du chlore par réacteur électrochimique.

Figure III.10. Réacteur à couche mince à film rotatif.

Figure III.11. Variation de la couleur de l'huile SPO produite dans l'unité 500.

Figure III. 12. Variation de l'indice de viscosité de l'huile SPO produite dans l'unité 500.

Figure III. 13. Variation de la couleur de l'huile SAE10 produite dans l'unité 500.

Figure III.14. Variation de l'indice de viscosité l'huile SAE10 produite dans l'unité 500.

Figure III. 15. Variation de la couleur de l'huile SAE30 produite dans l'unité 500.

Figure III. 16. Variation de l'indice de viscosité de l'huile SAE30 produite dans l'unité 500.

Figure III.17. Variation de la couleur de l'huile Bright stock produite dans l'unité 500.

Figure III.18. Variation de l'indice de viscosité de l'huile Bright stock produite dans l'unité 500.

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I. 1. Capacités annuelles de production de la raffinerie d'Arzew.

Tableau I.2. Produits chimiques utilisés dans la raffinerie d'Arzew.

Tableau II. 1. Spécifications des distillats de la colonne de distillation sous-vide.

Tableau II. 2. Spécifications des distillats D.A.O (huile désasphaltée).

Tableau II. 3. Spécifications des raffinats obtenus par extraction au furfural.

Tableau II. 4. Spécifications des huiles déparaffinées.

Tableau III.1. Caractéristique du spindle oil.

Tableau III.2. Caractéristique du SAE10.

Tableau III.3. Caractéristique du SAE30.

Tableau III.4. Caractéristique du Bright stock.

Tableau III.5. Spécifications des produits de l'unité 500.

Tableau III.6. Conditions de marche du four H501 (Cas de design).

Tableau III.7. Conditions de marche du four H501 (Cas réel).

Tableau III.8. Caractéristiques du réacteur R501.

Tableau IV.1. Tableau récapitulatif de la composition des fumées.

Tableau IV.2. Analyse chromatographique de fuel gaz.

Tableau IV.3. Enthalpie des fumées (cas réel).

Tableau IV.4. Les quantités des produits du réacteur R501.

Introduction générale

L'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humain. Les sciences et les progrès techniques ont permis à l'homme de découvrir de nouvelles ressources énergétiques, à savoir tous les produits à vocation énergétique dont nous citons : Le pétrole et le gaz naturel, qui sont les seuls capables de répondre à l'accroissement des besoins en énergie.

Le raffinage du pétrole désigne l'ensemble des traitements et transformations visant à tirer du pétrole le maximum de produits à haute valeur commerciale selon l'objectif visé, en général, ces procédés sont réunis dans une raffinerie, qui est l'endroit où l'on traite le pétrole pour extraire les différentes fractions commercialisables comme les huiles de bases ou les huiles finies.

Le complexe de production (**RA1/Z**) de l'entreprise nationale Sonatrach envisage d'améliorer les capacités de production pour conquérir d'autres marchés extérieurs et en même temps de répondre à la demande du marché intérieur. Un grand nombre de technologies ont été mises au point et appliquées pour avoir une qualité d'huiles épurée et bien déterminé vu l'usage souhaité.

Dans ce mémoire on va voir une étape du traitement très connu au monde dans l'industrie pétrochimique qui est le traitement des huiles de bases par l'hydrofinishing. L'objectif général de ce travail est d'étudier cette opération appliquée sur les huiles.

Dans le premier chapitre on va donner une présentation de la raffinerie qui est le lieu de notre étude, puis dans le second chapitre on va donner une vue générale sur les procédés de fabrication des huiles bases dans la raffinerie. Dans le troisième chapitre on va parler d'une façon générale et bien détaillée de l'unité 500. Pour finir notre étude on doit surement fait des calculs sur les différents équipements utilisés.

CHAPITRE I

Présentation de la raffinerie d'Arzew RA1/Z

I.Présentation de la raffinerie d'Arzew

I.1.Description du complexe

La raffinerie d'Arzew par sa diversité de production se classe au premier rang des complexes édifiés sur le territoire national.

Elle a été implantée dans le cadre quinquennal 1970-1973 par JGC (Japan Gasoline Company) et s'est étendue par une extension de ces unités de production de bitumes en 1975 et ses unités de lubrifiants en 1983, issu de la restriction de la société Sonatrach ; La raffinerie d'Arzew est gérée par la société NAFTEC depuis 1987.

Située au niveau de la zone industrielle, la raffinerie d'Arzew, s'étend sur 170 ha. Le démarrage des unités a été lancé à partir du mois de juillet 1972 pour les utilités, l'ensemble des unités de la raffinerie était en service en mars 1973.

La raffinerie dispose d'une capacité de traitement de **03 millions de tonnes/an** de pétrole brut saharien de *HASSI-MESSAOUD* et de **280.000 tonnes/an** de brut réduit importé (**BRI**) pour satisfaire les besoins de consommations en carburants, lubrifiants, bitumes et aussi exporter les produits excédentaires (Naphta, Kérosène, Fiouls).

En 1978, suite aux besoins importants de lubrifiants, la réalisation d'un ensemble intégré de production d'huiles de base en fûts est lancée.

Elle est devisée en deux unités de production : **Production I** qui englobe les zones: 03, 04, 06, 07 et 10. **Production II** englobe la zone : 05, 19 et l'unité 3000 [1].

I.2.Situation géographique

La raffinerie d'Arzew est implantée dans la zone industrielle à 2 km d'Arzew, elle est située sur le plateau de la localité d'El Mohgan au carrefour de la route nationale N° 11 (Oran – Arzew) et la route Nationale N°13 (Arzew – Sidi-Bel-Abbès) et à environ 40 km d'Oran.

Elle est délimitée [1] :

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 Tasmainte.

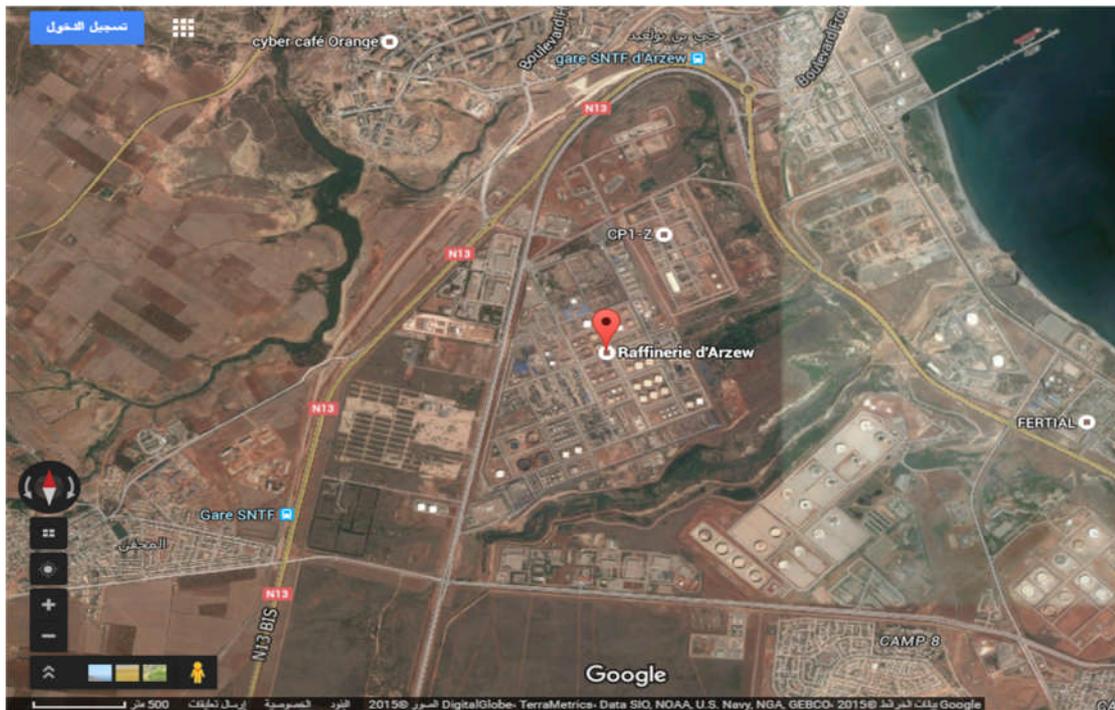


Figure I.1. Plan de situation de la Raffinerie d'Arzew (Google earth)

I.3. Les principales zones du complexe

Le complexe est constitué de plusieurs zones ayant les activités spécifiques suivantes [2] :

Zone 1 : Parking.

Zone 2 : Station de veille.

Zones 3 et 19 : Les utilités.

Les utilités constituent une zone importante au sein de la raffinerie d'Arzew, elles assurent la production de la vapeur, l'électricité, air service et instrument et de l'eau distillée.

La zone 3/19 comprend les unités suivantes :

- ✓ **Unité 31/Unité 1100** : production de vapeur HP, MP, BP au moyen des chaudières alimentées en eau déminéralisée.
- ✓ **Unité 32/Unité 1600** : production d'eau distillée à l'aide des évaporateurs.
- ✓ **Unité 33/Unité 1300** : distribution d'eau de refroidissement.
- ✓ **Unité 34/Unité 1200** : production d'électricité.
- ✓ **Unité 35/Unité 1400** : réception et distribution de fuel gaz.
- ✓ **Unité 36/Unité 1500** : production d'air service et instrument.
- ✓ **Unité 37** : réseau d'incendie.
- ✓ **Unité 38** : production gaz inerte.
- ✓ **Unité 1800** : traitement des effluents.

Zone 4 A: Les carburants.

Le brut algérien provenant de Hassi Messaoud est utilisé comme charge principale dans la zone 4, elle est constituée de trois (03) unités suivantes :

✓ **Unité 11:** distillation atmosphérique (topping). A partir de cette unité, on obtient les coupes suivantes :

- GPL
- LSRN (Naphta léger)
- HSRN (Naphta lourd)
- Kérosène
- Gasoil lourd (LGO)
- Gasoil léger (HGO)
- BRA (brut réduit atmosphérique) : utilisé comme charge alimentant les zones 5 et 7 pour la fabrication des huiles de base pour les lubrifiants.

✓ **Unité 12 :** Platforming ou reformage catalytique avec trois (03) réacteurs.

Le naphta lourd (HSRN) provenant de l'unité de distillation atmosphérique contient des impuretés ; L'unité est destinée donc à transformer et à éliminer les composants indésirables ainsi pour augmenter l'indice d'octane.

Deux procédés sont utilisés, Hydroforming et platforming :

- **Hydrobon :** Le naphta lourd (HSRN) contient des poisons tels que : le soufre(S), l'azote (N) et l'oxygène (O) ; dont cette section est sensée à les transformer et les éliminer par hydrogénation et en même temps à saturer les oléfines pour obtenir des produits de haute qualité. La capacité de cette section est de 56 m³/h.

Après purification, le naphta lourd (HSRN) est appelé Unifinat qui est la charge du procédé de Platforming.

- **Platforming :** C'est un procédé catalytique où on emploie un catalyseur sélectif afin de transformer en présence de l'hydrogène, l'Unifinat provenant de la section Hydrobon en produit de base de meilleure qualité pour la fabrication des essences. La capacité de cette section

Platforming est de 56 m³/h. Après des différentes réactions chimiques on obtient à la fin une charge de Platformat d'indice d'octane très élevé jusqu'à 96.

✓ **Unité 13** : Cette unité a pour but de récupérer le propane et le butane à partir des produits de tête du stabilisateur de l'unité de distillation atmosphérique et de tête du débutaniseur de l'unité de reforming catalytique.

Zone 4 B: (Les carburants sans plomb)

✓ **Unité 17** : Production essence sans plomb.

✓ **Unité 18** : Huiles Caloporteurs

Zone 07 & 05 : Les lubrifiants.

Ces deux zones ont pour but d'obtenir des huiles de base considérées comme matière première pour la fabrication des lubrifiants à partir du **BRA** qui est un composé pétrolier lourd et visqueux recueilli au fond du topping.

Dans ces deux zones, on distingue cinq (05) unités :

✓ **Unité 20** : Stockage d'huile.

✓ **Unité 21/100 (distillation sous vide)** : Destinée à séparer les coupes nécessaires à la Production des huiles de base.

✓ **Unité 22/200 (désasphaltage au propane)** : Pour éliminer l'asphalte en coupe huile.

✓ **Unité 23/300 (extraction au furfural)** : Destinée à extraire les aromatiques et améliorer l'indice de viscosité des huiles de base.

✓ **Unité 24/400 (déparaffinage au MEC/Toluène)** : Destinée à améliorer le point d'écoulement et d'éliminer les paraffines.

✓ **Unité 25 /500 (Hydrofinishing)** : Pour éliminer les impuretés et pour avoir une huile de base ayant une couleur appropriée et thermiquement stable.

✓ **Unité 600** : Hydrofinishing de paraffines.

Zone 06 / unité 3000

✓ **Unité 51 / 3100** : Unité de mélange et conditionnement des huiles finies.

✓ **Unité 52/ 3200** : Unité de traitement et conditionnement des paraffines.

Zones 8A, 8B : Destinées au stockage intermédiaire des huiles de base.

Zone 9 : Stockage du brut et résidus.

Zone 10 : (production des bitumes).

Cette zone est destinée à la fabrication des bitumes à partir du pétrole brut réduit importé, Elle comprend deux unités :

✓ **Unité 14 (Fabrication du bitume routier)** : Le procédé consiste à surchauffer le BRI pour faciliter sa pénétration dans la colonne de distillation sous-vide. Les coupes latérales soutirées sont :

- LVGO (gasoil léger)
- MVGO (gasoil moyen)
- HVGO (gasoil lourd)

Résidu sous vide

✓ **Unité 15 (Fabrication du bitume oxydé)** : Le mélange 85 % du résidu sous vide et 15% de HVGO alimente la colonne d'oxydation pour obtenir les bitumes oxydés.

Zone 11, 12,13 : Elles sont destinées à stocker le brut provenant de « HASSI-MESSAOUD ».

Zone 14 : Administration générale

Zone 15 : Laboratoire

Zone 16 :

Stockage du NAPHTA.

Stockage d'eau brut pour incendie.

Zone 17 :

Stockage du kérosène.

Stockage de l'essence de la première distillation.

Zone 18 :

Stockage du fuel pour mélange.

Stockage du slop.

Zone 19 (Les utilités) :

- ✓ **Unité 1100** : production de vapeur.
- ✓ **Unité 1200** : production de l'énergie électrique.
- ✓ **Unité 1300** : tour de refroidissement des eaux.
- ✓ **Unité 1400** : gaz de combustion.
- ✓ **Unité 1500** : production d'air comprimé (air instrument et air de service).
- ✓ **Unité 1600** : traitement et production d'eau distillé et déminé.
- ✓ **Unité 1700** : réseau de torche P2.
- ✓ **Unité 1800** : traitement des affluents.
- ✓ **Unité 280** : production de gaz inerte.

Zone 20 : Réception et approvisionnement des produits chimiques et pièces de rechanges.

Zone 21 : Zone futur.

Zone 22 et 23 : Stockages carburants

Zone 24 : Stockage du gasoil.

Zone 25 : Stockage du fuel.

Zone 26 : Stockage de Gaz Pétrole Liquéfié (GPL).

- Une sphère de propane destiné à l'unité lubrifiante et au marché normal
- Trois sphères de butane destiné au mélange de GPL.
- Deux sphères de butane commerciales.

Zone 27 : Stations de traitement des eaux usées PPI/API et unité 1800.

Zone 28 : Zone d'expédition : essences, gas-oil, kérosène, propane et butane (GPL).

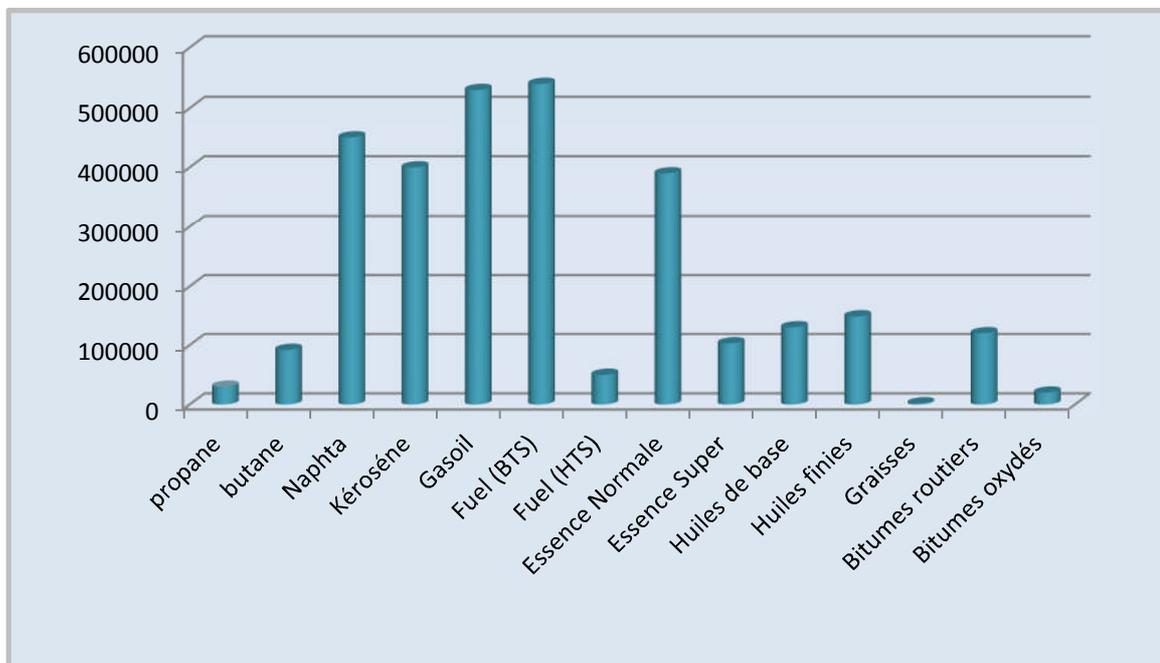
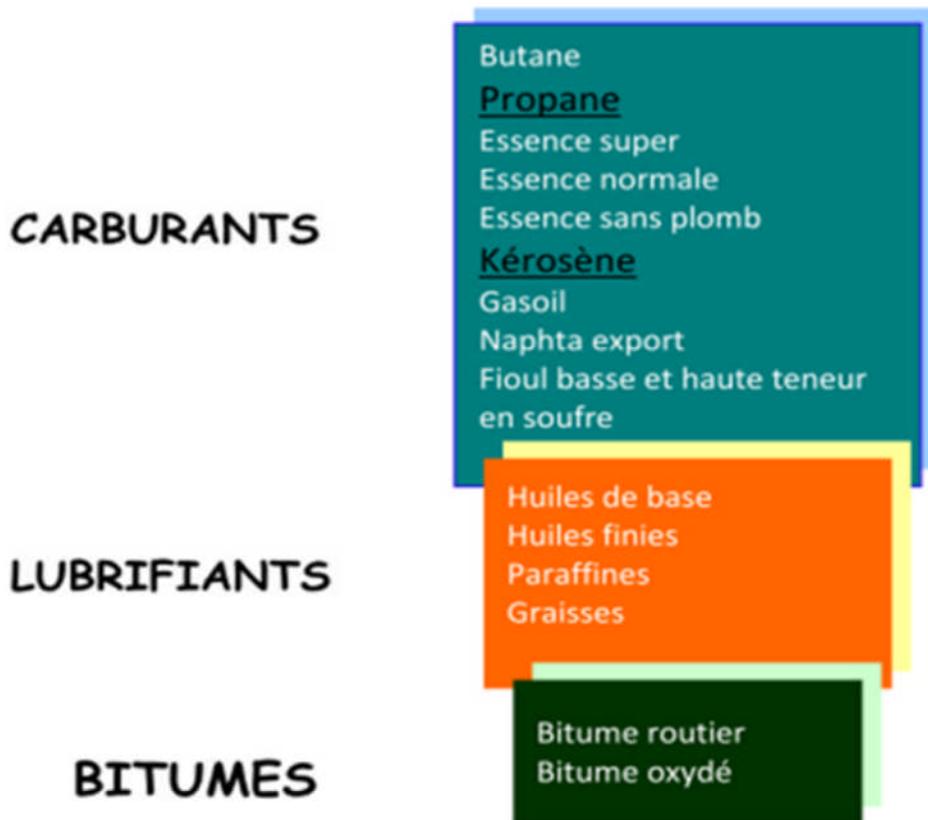
Zone 29 : Stockage du BRI.

I.4. Nature et capacité de production

Les capacités annuelles de production des différentes unités sont tirées du bilan annuel 2005 effectué par le service Planning et programmation (P.P) [2].

Tableau I.1. Capacités annuelles de production de la raffinerie d'Arzew

Nature du produit	Quantité (tonne)	Unité
Propane	30.000	Zone 4/Unité 13
Butane	92.000	Zone 4/Unité 13
Naphta	450.000	Zone 4/Unité 11
Kérosène	400.000	Zone 4/Unité 11
Gasoil	530.000	Zone 4/Unité 11
Fuel (BTS)	540.000	Diverses unités
Fuel (HTS)	50.000	Diverses unités
Essence Normale	390.000	Zone 28
Essence Super	103.000	Zone 28
Huiles de base	130.000	Zone 7/Zone 5
Huiles finies	150.000	Zone 6 et Unité 3000
Graisses	1950	Zone 6 et Unité 3000
Bitumes routiers	120.000	Zone 10/Unité 14
Bitumes oxydés	20.000	Zone 10/Unité 15



. Figure. I.2 capacité de production des différents produits pétroliers
En (tonnes/an)

I.5. Principaux produits chimiques utilisés

Le besoin des différents procédés de la raffinerie d'Arzew en produits chimiques est très important, d'où la consommation annuelle des différentes gammes de produits sera représentée dans le tableau suivant [2]:

Tableau I.2. Produits chimiques utilisés dans la raffinerie d'Arzew

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
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	Zone 3 - 19

I.6 .Présentation des principales installations de RA1

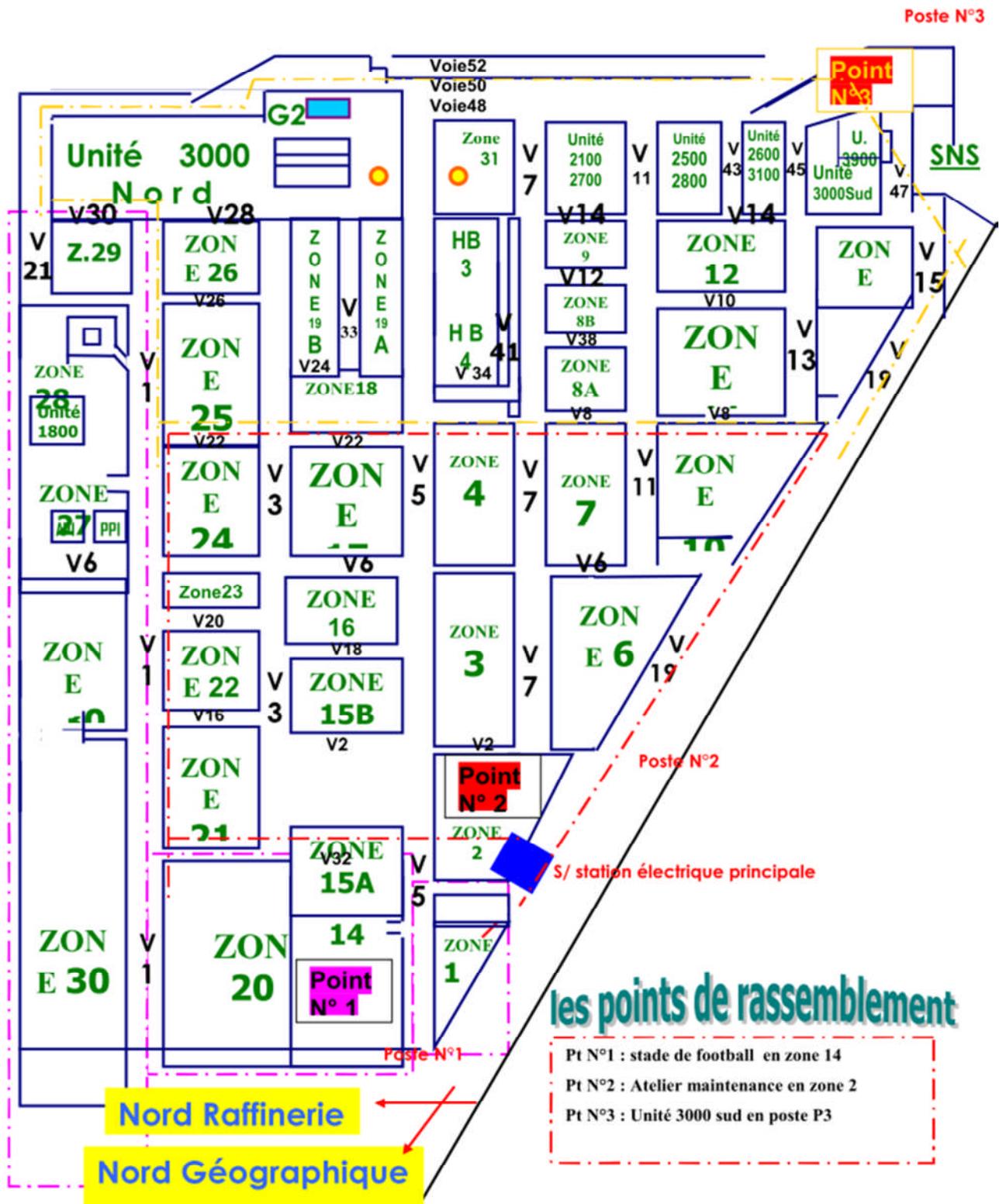


Figure I.3. Plan de masse de la raffinerie d'Arzew

CHAPITRE II

Procédés de fabrication des huiles de bases



II. Procédés de fabrication des huiles de bases

II.1. Introduction

Les huiles de base sont des fractions lubrifiantes obtenues par distillation sous vide du brut réduit atmosphérique, c'est à dire du pétrole brut dont les gaz et les produits d'hydrocarbures légers ont été retirés au préalable par distillation sous pression atmosphérique.

Selon leur viscosité les fractions lubrifiantes sont ensuite transformés en huile de base proprement dite par des traitements successifs destinés à retirer les constituants Indésirables.

Les procédés de traitement mis en œuvre sont nombreux parmi lesquels nous prendrons connaissance, dans ce qui suit, de ceux utilisés à la raffinerie d'Arzew.

II.2. Caractéristique des huiles de base

Les principaux critères recherchés pour les huiles sont les suivants [3] :

II.2.1. Viscosité : C'est une caractéristique essentielle pour les lubrifiants, en effet, elle permet l'établissement d'un film d'huile évitant ainsi le frottement entre deux pièces métallique en mouvement. autrement dit, La viscosité est une grandeur physique qui mesure la résistance interne à l'écoulement d'un fluide c'est une résistance due au frottement des molécules qui glissent l'une contre l'autre.

II.2.2. Indice de viscosité : mise en fonction de la température est repérée car intermédiaire de l'indice de viscosité, plus la valeur de ces indices est élevée, plus la variation de la viscosité avec la température est faible, autrement dit, L'indice de viscosité est un nombre conventionnel qui traduit l'importance de la variation de la viscosité avec la température.

II.2.3. Point d'écoulement : A basse température l'huile doit rester fluide, elle ne doit donc pas refroidissement se prendre en masse par cristallisation. autrement dit, c'est la basse température à laquelle l'huile peut encore couler.

II.2.4. Point d'éclair : c'est la température minimale à laquelle l'huile doit être portée pour que les vapeurs émises s'enflamment et s'éteignent instantanément à la proche d'une flamme.

II.2.5. Stabilité : L'huile doit conserver le plus longtemps possible ses propriétés initiales et améliorer la couleur qui a été altérée notamment dans les divers étapes de raffinage.

II.2.6. Couleur : c'est un critère de la qualité de fonctionnement des huiles, son intensité est fonction de du degré de raffinage.

II.2.7. Résistance à l'oxydation : l'huile en présence d'air à température élevée (chambre à combustion ; ne doit pas dégrader par réaction avec l'oxygène ce qui conduit à la formation des substances corrosifs pour les pièces métalliques de moteurs.

II.3. Tendance des huiles de base

Selon que le pétrole brut appartient aux familles paraffiniques ou naphthéniques, les huiles de base sont dites à tendance paraffinique, à tendance naphthénique ou à tendance aromatique.
[4] [5]

II.3.1. Tendance paraffinique

Ce sont des hydrocarbures saturés linéaires « n-paraffines » ou ramifiés « iso paraffines », caractérisés par:

- ✓ Faible densité à viscosité donnée **de 0,88 à 0,89** pour les huiles de moteurs.
- ✓ Haut indice de viscosité de l'ordre 100 pour les huiles des moteurs.
- ✓ Faible volatilité à viscosité donnée.
- ✓ Point d'écoulement élevé.
- ✓ Faible pouvoir solvant.

II.3.2. Tendance naphthénique

Ce sont des hydrocarbures saturés cycliques ou polycycliques, ils sont moins stables à l'oxydation que les paraffines, elle se caractérise comme suit :

- ✓ Densité élevée à viscosité donnée plus de 0,9 pour les huiles des moteurs.

- ✓ Bas indice de viscosité de l'ordre de 40 à 60.
- ✓ Un point d'écoulement naturellement bas.
- ✓ Un pouvoir solvant élevé.

II.3.3. Tendances aromatiques

Ce sont des hydrocarbures non saturés cycliques avec une ou plusieurs chaînes latérales, elle est caractérisée par :

- ✓ Densité très élevée.
- ✓ Indice de viscosité très faible.
- ✓ Forte volatilité.
- ✓ Formation de produits résineux et asphaltés par oxydation du fait de leurs défauts, les produits à tendances aromatiques doivent être éliminés.

II.4. Fabrication des huiles de bases

Les installations de fabrication des huiles regroupant un ensemble de 5 unités distinctes, complémentaires et disposées en chaîne, ayant chacune un procédé de traitement spécifique le schéma présenté par la figure ci-après décrit la chaîne classique de raffinage des huiles de base et explique l'objectif recherché à travers le procédé de chaque unité [6].

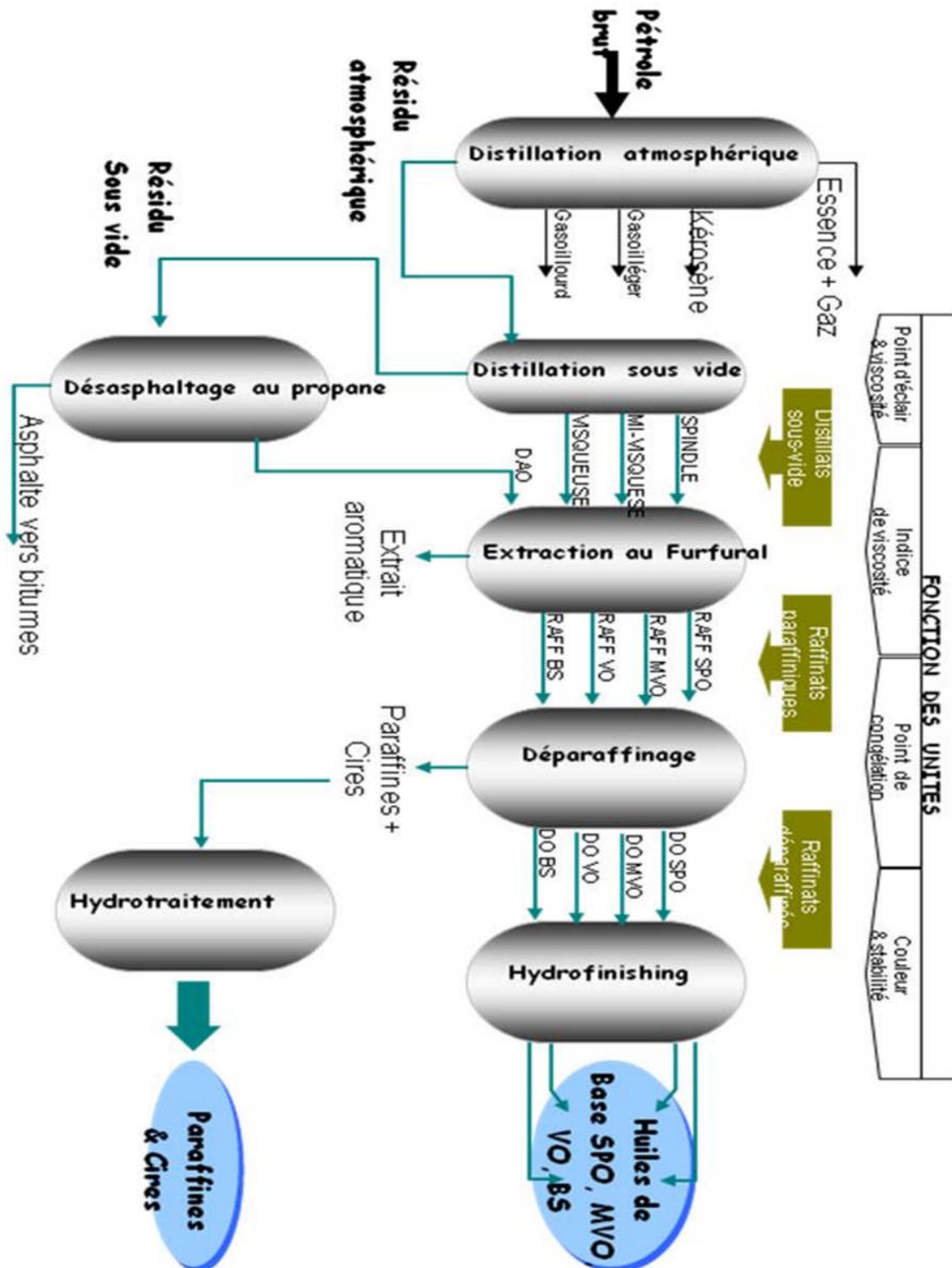


Figure .II.1 : Chaîne de fabrication des huiles de base

II.4.1. Distillation sous vide (Unité 100)

Distillation sous vide du brut réduit atmosphérique (BRA) est nécessaire pour éviter le craquage moléculaire. Cette unité a pour but de séparer les diverses coupes distillats nécessaires à la production des huiles lubrifiantes de hautes qualités. Les spécifications des distillats sont indiquées sur le tableau I.1.

Après le passage de BRA par des échangeurs et par le four, puis il passe dans une colonne de distillation avec une température de 380 °C, où on joue sur les points d'ébullition de chaque constituant du BRA, la différence de température des produits dans la colonne favorise la séparation des huiles et des produits par différences de viscosité sont obtenus [9] :

- ☛ Gas-oil léger de sous vide **L.V.G.O.**
- ☛ Les distillats obtenus sont:
 - ✓ Spindle-oil (**SPO**)
 - ✓ SAE10 ou mini visqueuse oil (**MVO**)
 - ✓ SAE30 ou visqueuse oil (**VO**)
 - ✓ La fraction lourde du fond qui est dite résidu sous vide (**RSV**).

Tableau II.1 : Spécifications des distillats de la colonne de distillation sous-vide

Viscosité à 100 °C en cSt	Point d'éclair en °C	Couleur	Densité
2,8 – 3,5	170 – 180	< 1	0,865
5,5 – 6,5	200 – 210	1,5 - 2	0,880
11 – 13	230 – 250	3 – 4	0,895

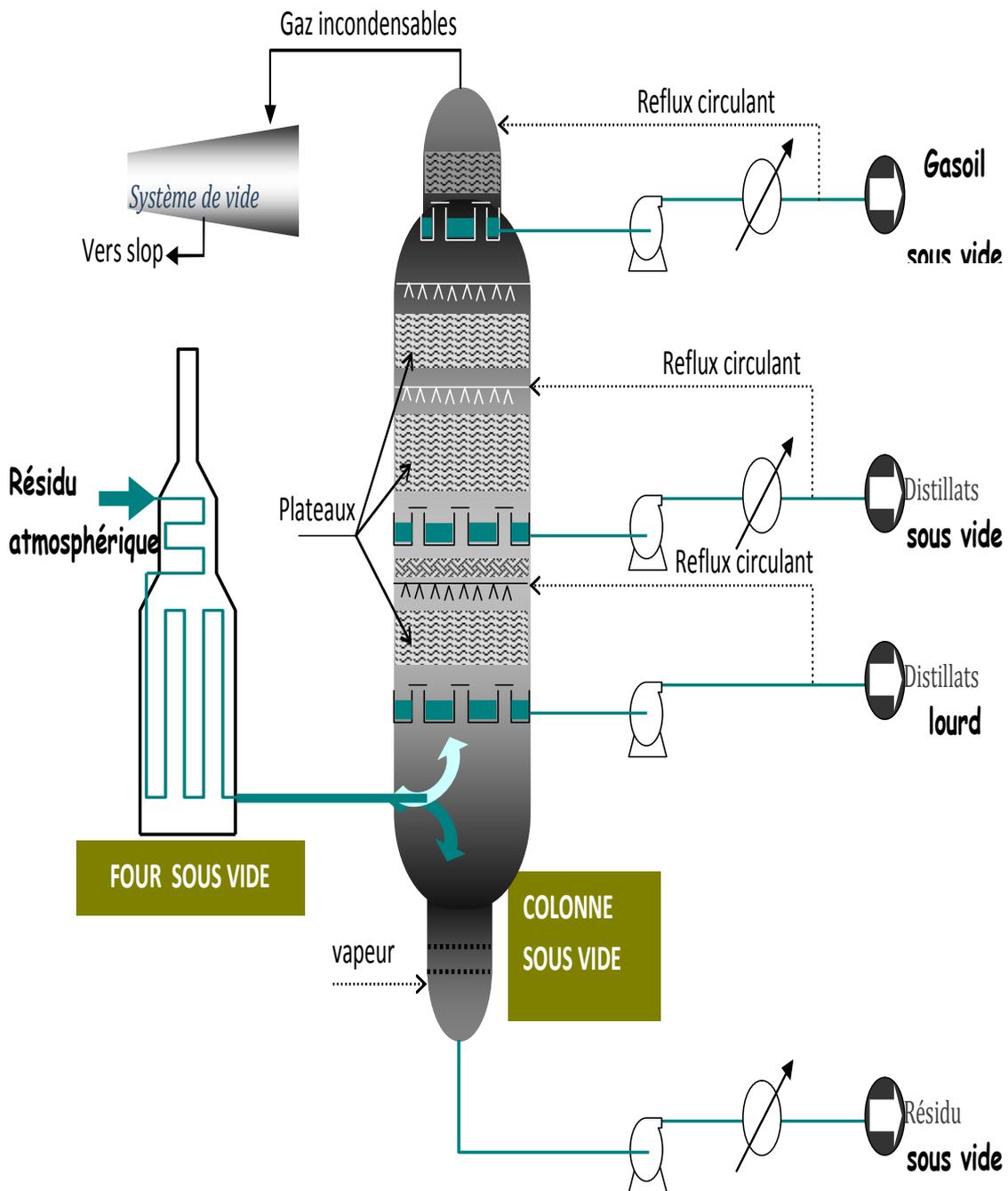


Figure .II.2 : Schéma simplifié de la colonne sous vide

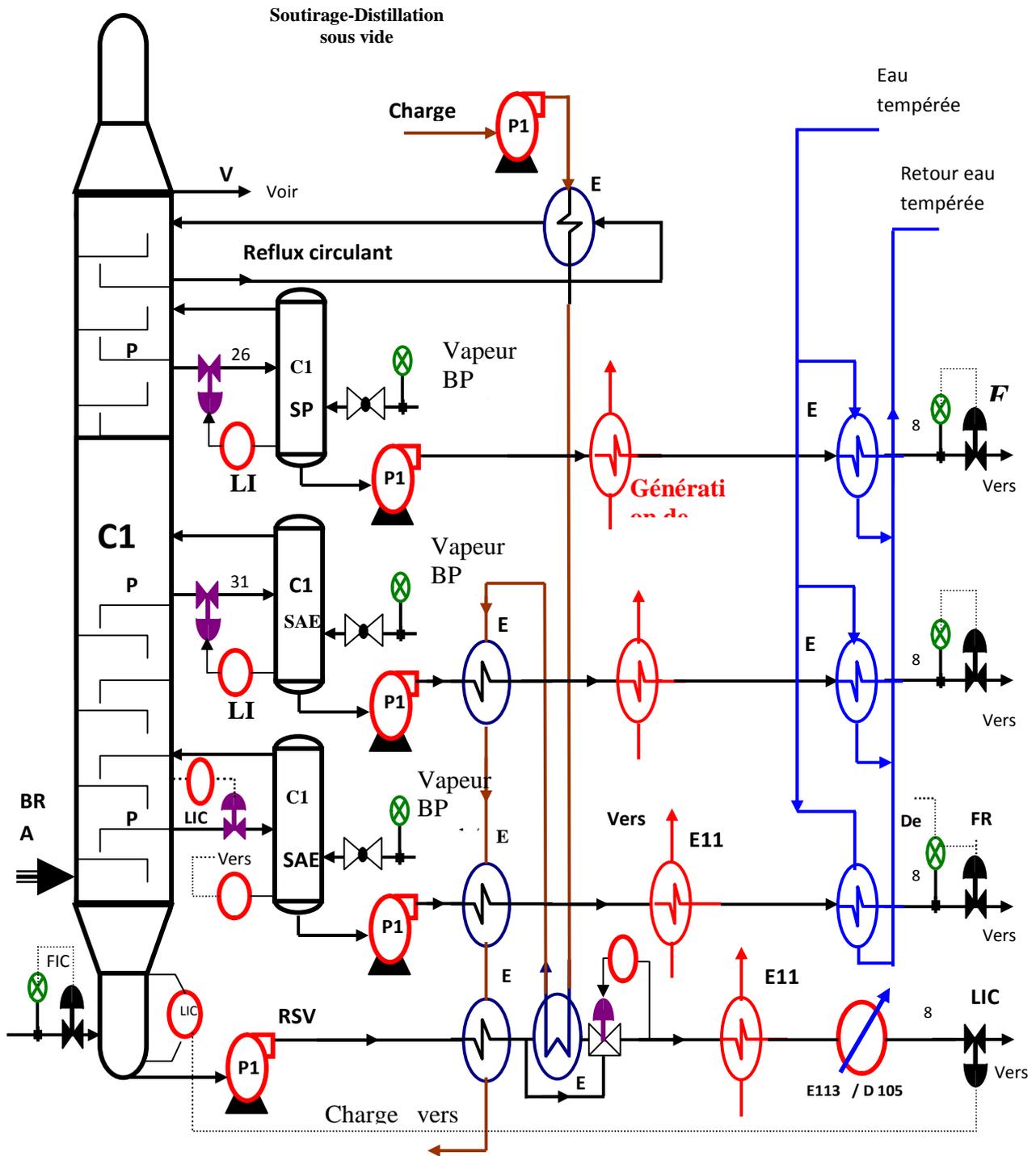


Figure .II.3 : Schéma simplifié de l'unité de distillation sous vide (100) [8].

II.4.2. La désasphaltage au propane (Unité 200)

Permet l'obtention des huiles Bright-stock (BS) dissoutes dans le résidu sous vide (RSV). Cette unité a pour but d'extraire de l'asphalte contenu dans l'huile au moyen d'un solvant liquide (Propane).

Le résidu sous vide est un mélange de 65% de l'huile désasphaltée (DAO), 30% de l'asphalte oil, 30% de l'asphalte et 5% de résine, ce mélange est traité par extraction liquide – liquide au propane à contre-courant dans une colonne à disque rotatif RSV pour permettre la dissolution de la résine d'où la séparation entre la DAO et l'asphalte.

On obtient au sommet de la colonne de la DAO avec 85% de propane ajouté et au fond de la colonne on récupère de l'asphalte avec 15% du propane ajouté. Les spécifications de l'huile désasphaltée sont présentées dans le tableau II.2. La récupération du propane se fait par un traitement thermique on aura [9]:

- ✓ la DAO qui servira comme charge pour l'obtention.
- ✓ la Bright-stock (BS) de viscosité 40 °C et à 100 °C.
- ✓ l'asphalte (Goudron) utilisé comme charge pour l'obtention du bitume, ou envoyé comme fuel.

Tableau II.2 : Spécifications des distillats D.A.O (huile désasphaltée)

Viscosité à 100 °C en cSt	Point d'éclair en °C	Couleur	Densité
37 – 40	280 - 290	< 6,5	0,900

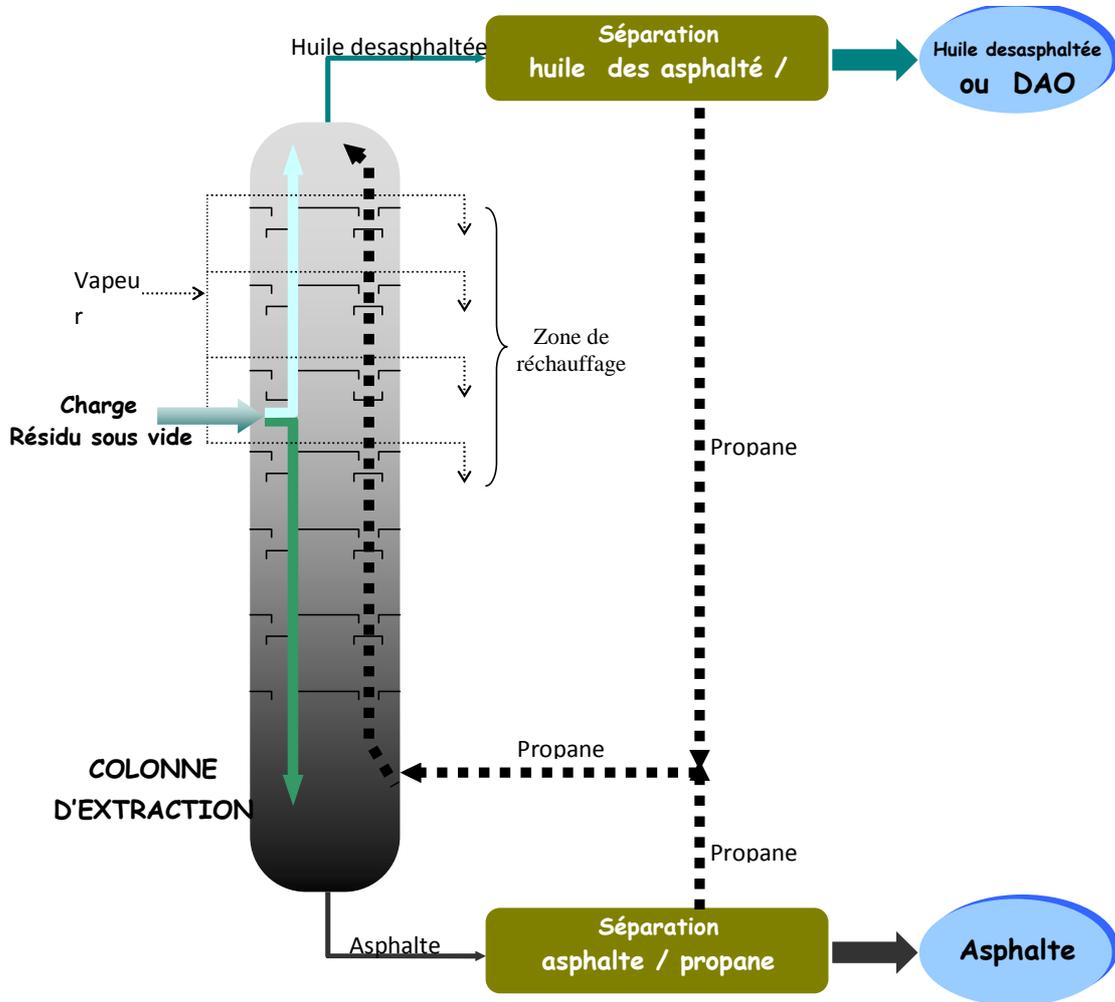


Figure II.4 : Schéma simplifié de la colonne de désasphaltage au propane

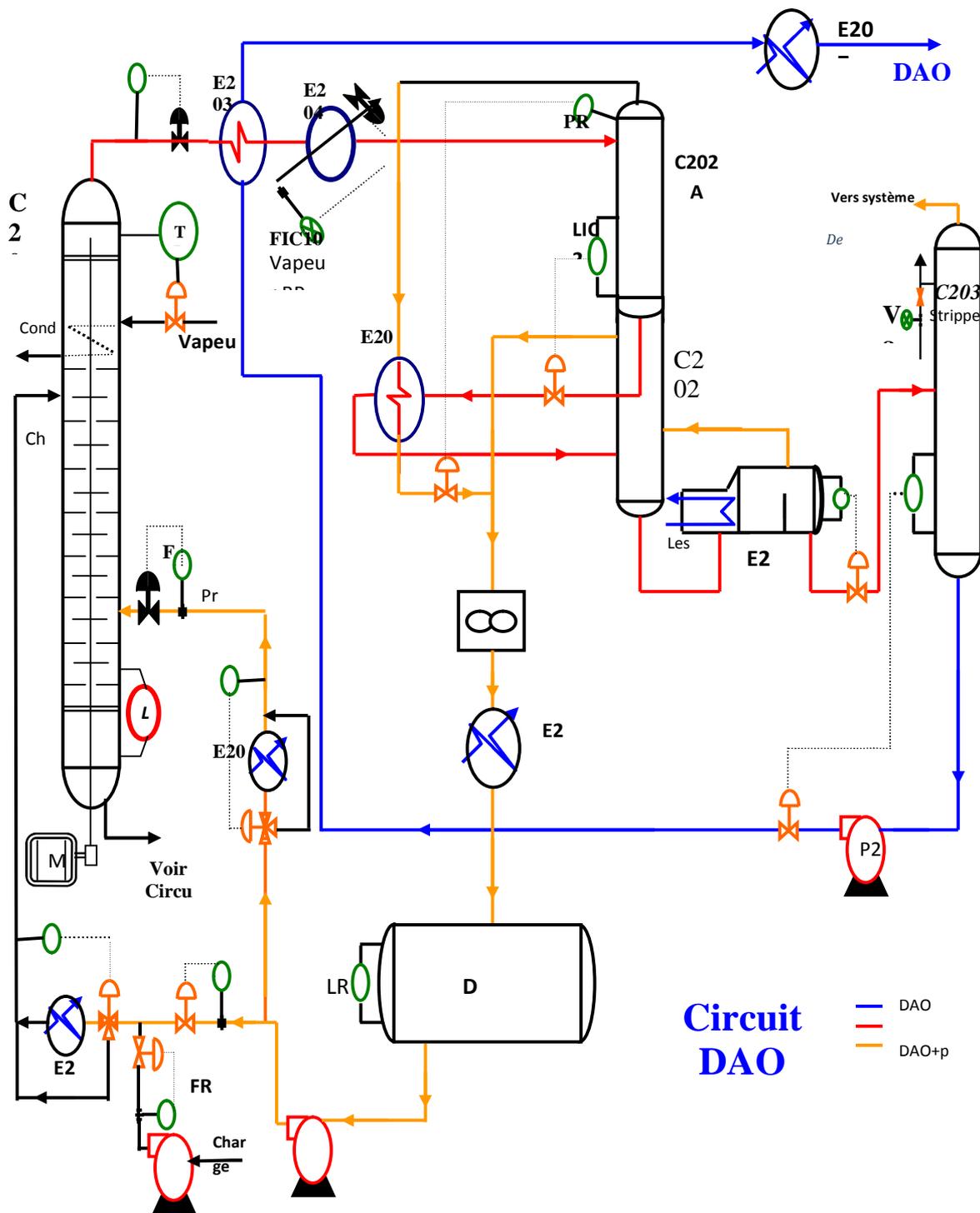


Figure II.5 : Schéma simplifié de l'unité de desasphaltage au propane [8].

II.4.3. Extraction au furfural (Unité 300)

L'extraction sélective des produits aromatiques est effectuée pour améliorer l'indice de viscosité à une valeur VI=95. Cette unité a pour but d'éliminer les aromatiques dans les huiles lubrifiantes de leur base de l'indice de viscosité.

Cette unité traite successivement les différentes coupes d'huiles de basse (SPO, MVO, VO, BS) en fonction des commandes du marché avec le furfural. Chaque huile constituée d'un grand porté de paraffine et aromatique, dont la viscosité varie beaucoup avec la température, qui présente un indice de viscosité faible due à la présence des aromatiques. Le furfural est utilisé pour extraire ces aromatiques.

Le furfural est un solvant organique qui a une fonction aldéhyde. Il est difficile à récupérer, car il est sensible à l'air, à l'eau, à la température et surtout aux oxydes (acides). On obtient donc par extraction au furfural deux phases : un extrait riche en aromatique et un raffinat pauvre en aromatiques. Les spécifications du raffinat sont données dans le tableau II.3.

La présence d'aromatique dans distillats entraîne [9]:

- ✓ Une forte viscosité.
- ✓ Un indice de réfraction élevée.
- ✓ Un faible indice de viscosité.
- ✓ Les aromatiques sont des hydrocarbures cycliques non saturés à simples ou triples cycles.

Tableau II.3 : Spécifications des raffinats obtenus par extraction au furfural

Indice de réfraction	Viscosité à 100 °C en cSt	Couleur	Densité
1,4500 – 1,4515	2,8 – 3,0	< 1	0,840
1,4600 – 1,4620	4,8 – 5,5	< 1,5	0,850
1,4650 – 1,4670	9,4 – 11	< 3,5	0,860
1,4750 – 1,4780	30 – 35	<5,5	0,880

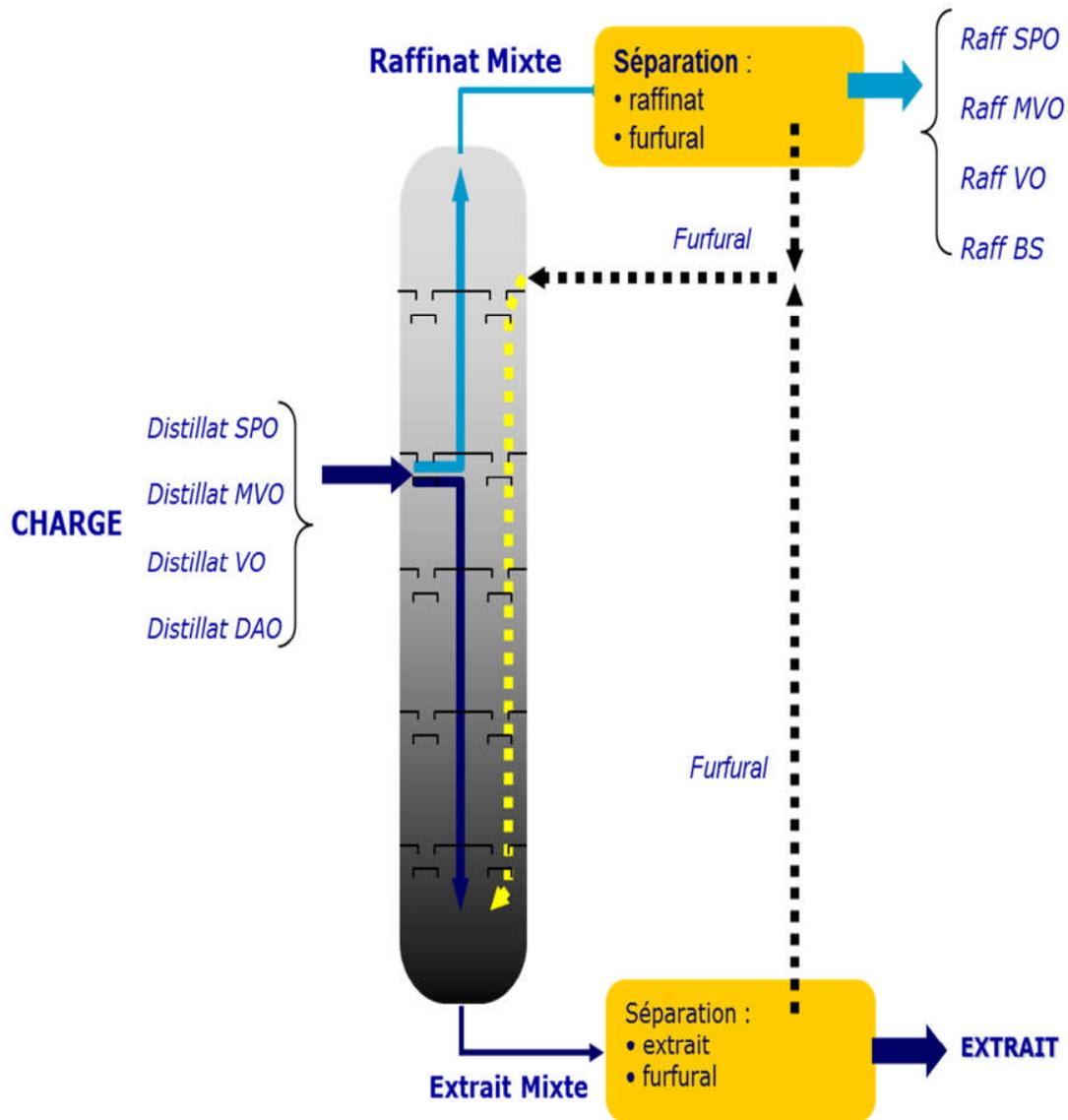


Figure .II.6 : Schéma simplifié de la colonne d'extraction des aromatiques par le furfural

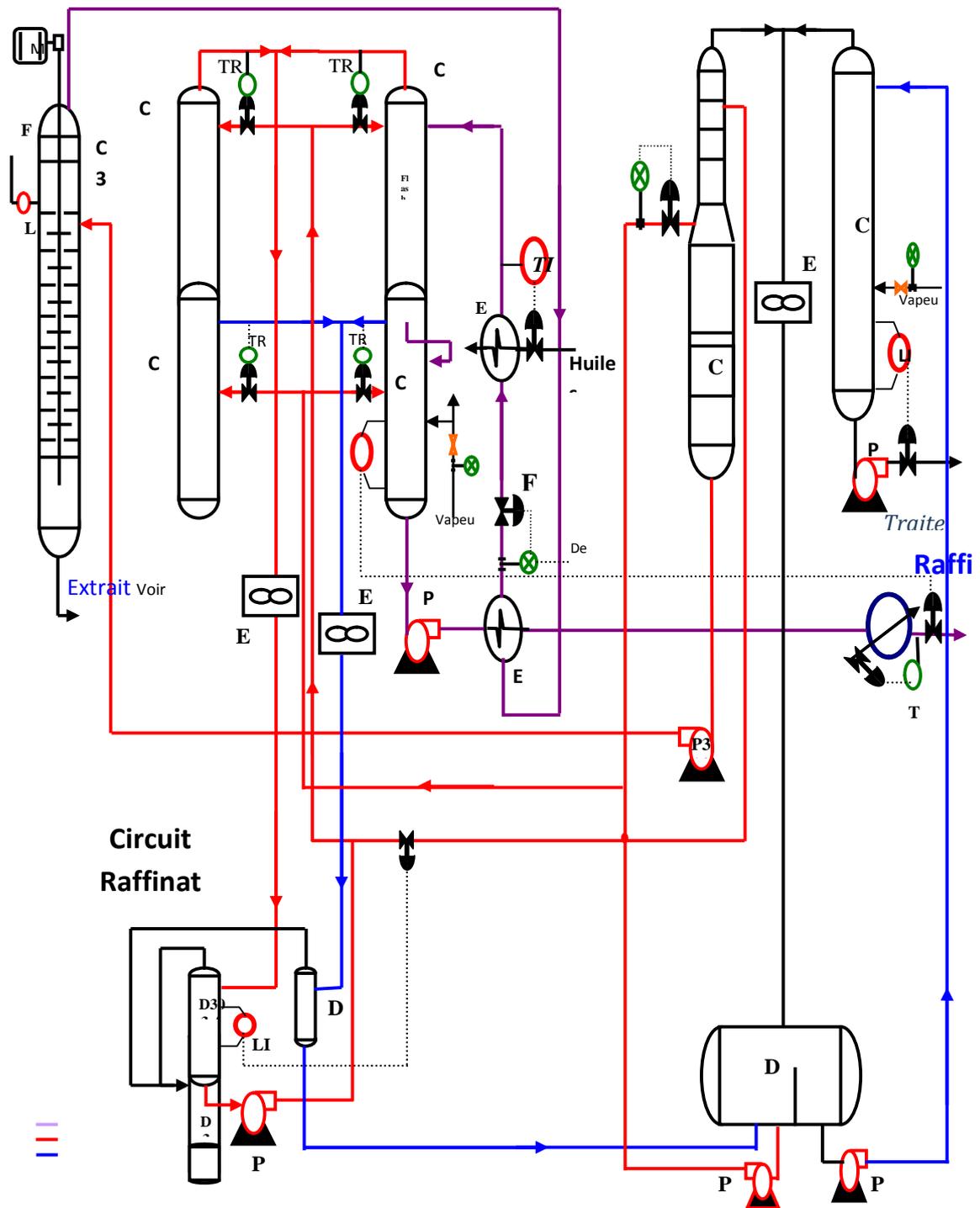


Figure .II.7 : Schéma simplifié de l'unité de l'unité de l'extraction des aromatique [8].

II.4.4. Déparaffinage au MEC/Toluène (Unité 400)

Après l'extraction au furfural des hydrocarbures aromatiques, les coupes d'huiles contiennent des hydrocarbures à point d'écoulement élevé. En effet leur élimination est nécessaire car les lubrifiants doivent être fluides aux bases à une température inférieure à 10 °C.

Le but de déparaffinage est de produire des huiles lubrifiantes à un point d'écoulement et des paraffines dures à basse teneur en huile. Les spécifications des huiles déparaffinées sont indiquées sur le tableau II.4.

Pour que le raffinât ne fige pas, il faut éliminer les paraffines qui se congèlent à une température ambiante de -12°C, en ajoutant un solvant mixte à 50% de Méthyle-Éthyle Cétoxe (MEC) et 50% du toluène pour les cristalliser dans les batteries de siller afin de pouvoir les séparer après avoir passé dans une série de filtres rotatifs (figure II.5).

Le MEC refroidi est un anti-solvant utilisé pour ne pas boucher les filtres alors que le toluène maintient la partie restante à l'état liquide. Le solvant (MEC/Toluène) doit être sec pour éviter la formation des cristaux qui ont une tendance à boucher les canalisations.

On obtient de la paraffine mélangée à un solvant qu'on récupère par traitement thermique, de la même manière on peut séparer l'huile (filtrat) du solvant.

Le MEC/Toluène est un solvant sélectif pour [9]:

- ✓ Extraire la paraffine ayant un point d'écoulement élevé des quatre raffinats (SPO, SAE10, SAE30, BS) et obtenir des huiles déparaffinées.
- ✓ Extraire l'huile dans la paraffine pour améliorer son point de fusion.

Tableau II.4 : Spécifications des huiles déparaffinées

Indice de viscosité	Viscosité à 100 °C en cSt	Couleur	Densité	Point d'écoulement en °C
95	2,8 – 3,2	< 1	0,840	-12
>95	5 – 6	< 1,5	0,860	-12
>95	9,6 – 12	< 2,5	0,870	-12
>95	32 – 36	<5	0,890	-12

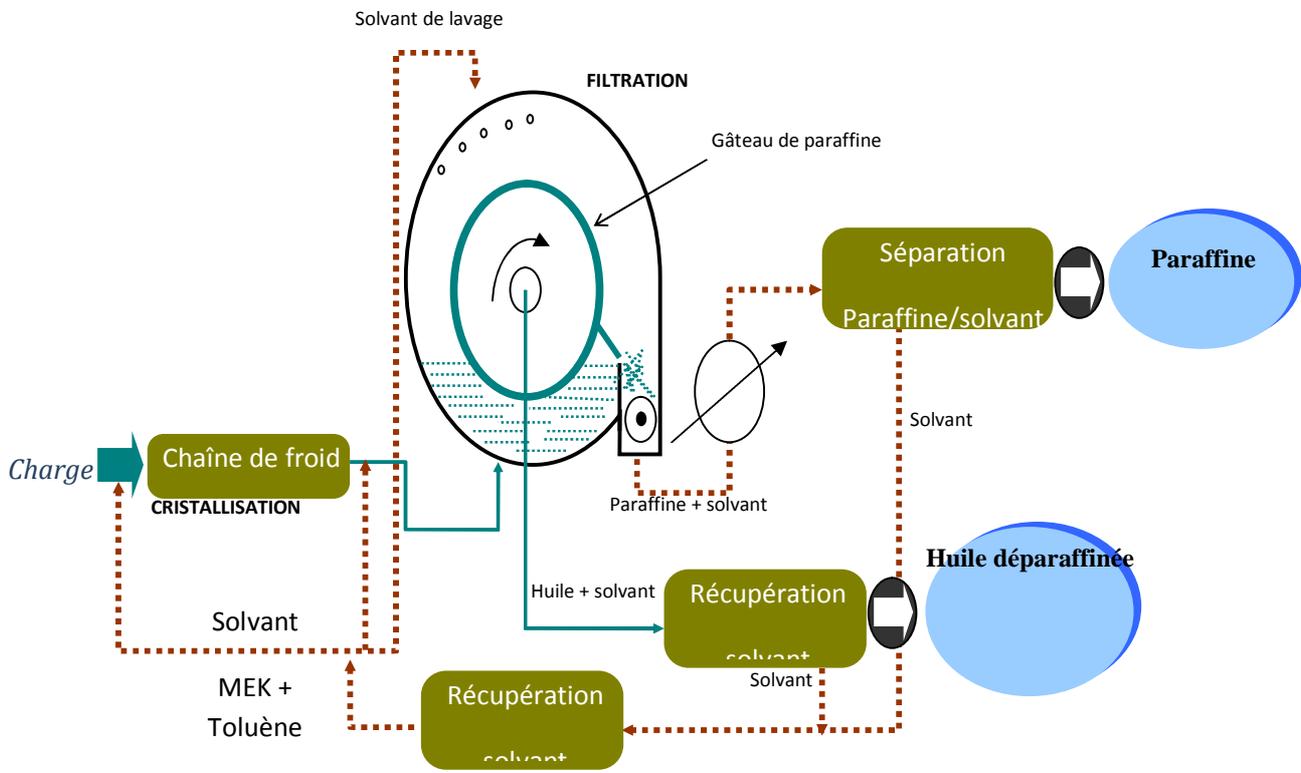


Figure .II.8: principe d'une unité de déparaffinage

II.4.5. Hydrofinissage (Unité 500)

C'est une unité de traitement catalytique à l'hydrogène de faible sévérité qui permet d'améliorer les propriétés suivantes de l'huile déparaffinée:

- ✓ Couleur et la stabilité thermique et chimique.
- ✓ Teneur en impureté par élimination des substances indésirables (Azote, sulfure, oxygène qui est un oxydant corrosif).

Le but de cette unité qui est la dernière étape dans la production des huiles de base à haute qualité prétend pour la fabrication des huiles finies par l'ajout d'un ou plusieurs additifs selon l'huile demandée par le consommateur [7].

Les quatre huiles déparaffinées venant de l'unité 400 sont traitées directement par la suite à l'hydrogène aux niveaux des unités hydrofinishing des huiles pour dégager tous les gaz polluants sous forme H_2S , NH_3 et H_2O à l'aide d'hydrogène.

Ces quatre huiles de base permettent de fabriquer au niveau de la raffinerie d'Arzew, une gamme de 55 qualités de lubrifiants. Le schéma présenté sur la figure II.6 explique le circuit de cette unité.

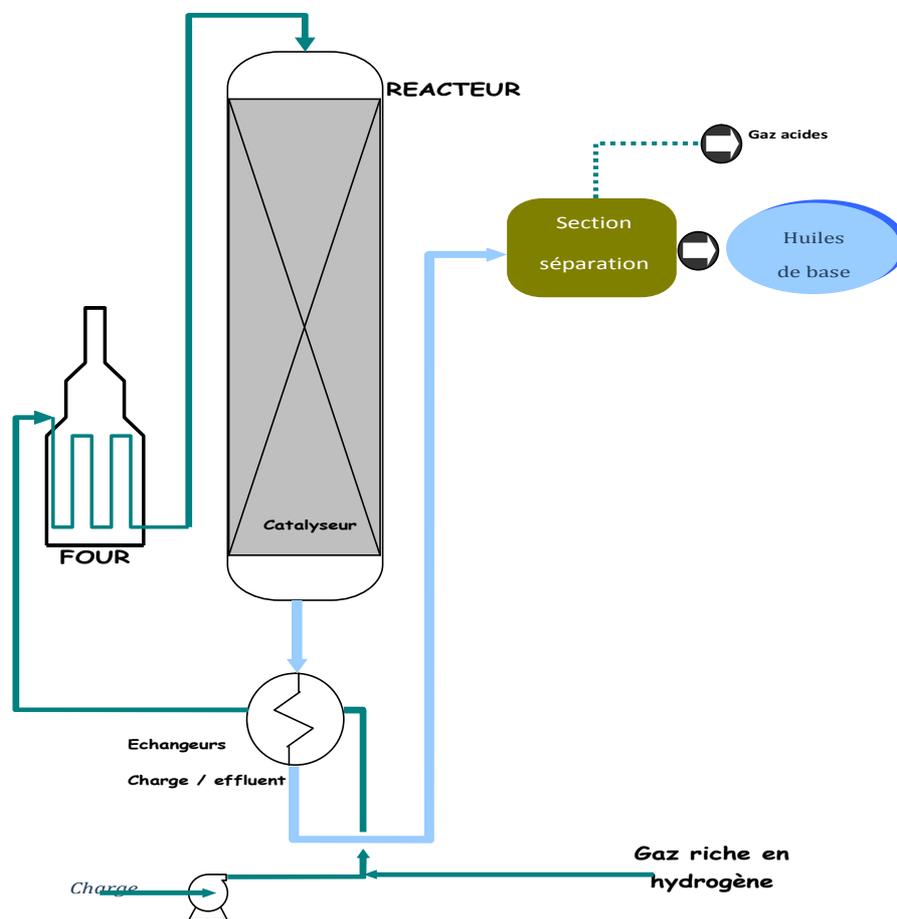


Figure II.9: Schéma simplifié d'hydrofinissage

CHAPITRE III

Description et performance de l'unité 500



III. Description et performance de l'unité 500

III.1. Description générale de l'unité 500

L'huile déparaffinée passe dans l'unité 500 pour faire la dernière étape de traitement des huiles de base par l'opération de l'hydrofinishing [10].

- **Le but :** le but de l'hydrofinishing C'est pour :
 - ✓ l'amélioration de la couleur.
 - ✓ La stabilité des huiles.
 - ✓ L'élimination des impuretés.
- **Le principe :** Le principe de l'hydrofinishing 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. L'huile et le gaz quittant le réacteur sans séparation en deux étapes.

L'huile provenant des deux étages est débarrassée de ces produits légers dans un stripeur qui reçoit une injection de vapeur.

L'huile est ensuite séchée dans une colonne sous vide.

✚ L'élimination des éléments indésirables est faite selon les réactions suivantes :



III.1.1. Description du procédé

L'unité d'hydrofinissage des huiles est composée des sections suivantes [10] :

- ✓ Stockage et produit finis
- ✓ Réaction et détente
- ✓ Stripping et séchage

La charge d'huile déparaffinée venant de l'unité 400 MEK alimente directement les bacs de test TK.501 A/B et TK.502 et elle est envoyée par la pompe de charge P.501 sous contrôle de débit FRC.1 vers l'échangeur charge/produit E.501 A/B.

La charge préchauffée est ensuite mélangée avec le gaz riche en hydrogène avant l'entrée dans l'échangeur E.502 A/D.

Le gaz riche en hydrogène venant de limite de l'unité passe à travers le ballon séparateur D.506 avant d'être comprimé par le compresseur K.501. La proportion du mélange gaz-charge est assurée sous contrôle de débit.

L'excédent du gaz est refroidi dans l'échangeur E.508 puis recyclé vers le ballon D.506 sous contrôle de débit FRC.7.

Le mélange préchauffé quittant E.502 A/D est porté à la température de réaction dans le four H.501 puis traverse le réacteur R.501 de haut en bas.

(Le réacteur est muni d'un by-pass qui est utilisé quand la couleur ASTM de la charge DDAO est supérieure à 7). L'effluent du réacteur est ensuite détendu dans le séparateur haute pression D.501 où la majeure partie de l'hydrogène non utilisé par la réaction est enlevée.

Le liquide sortant de D.501 préchauffe la charge dans E.502 A/D puis est détendu dans le séparateur basse pression D.502.

La température de la charge du stripper est contrôlée par une vanne de régulation agissant en by-passant les échangeurs E.502 A/D.

Les gaz venant de D.501 et D.502 sont refroidis dans les aéroréfrigérants E.504, puis envoyés vers le réseau fuel gaz à travers le ballon séparateur D.504.

Le liquide venant de D.502 alimente le stripper C.501 où l'huile est strippée sous vide pour retirer hydrogène résiduel et les hydrogènes légers formés dans le réacteur.

L'huile strippée passe ensuite à travers le sécheur sous vide C.50 où toutes les traces d'humidité sont éliminées.

L'huile séchée est envoyée aux bacs de test TK.503 A/F ou directement vers TK.2500 à l'aide de la pompe P.502 A/B à travers l'échangeur charge/produits E.501 A/D, le filtre F.501, puis l'aéroréfrigérant E.503.

Dans le cas où l'allure de l'unité est inférieur au minimum de design, une partie de l'huile traité est recyclée sous contrôle de débit à l'aspiration de la pompe de charge P.501. (La DDAO traité est envoyée directement en limite de l'unité sans passer par les bacs de test)

L'huile testé est ensuite reprise par la pompe P.505 est envoyées en limite de l'unité. L'huile de slop et les condensats venant du système de vide sont récupérées dans le D.505 et envoyés par la gravité vers l'u.160 (D.101) pour séparation par décantation.

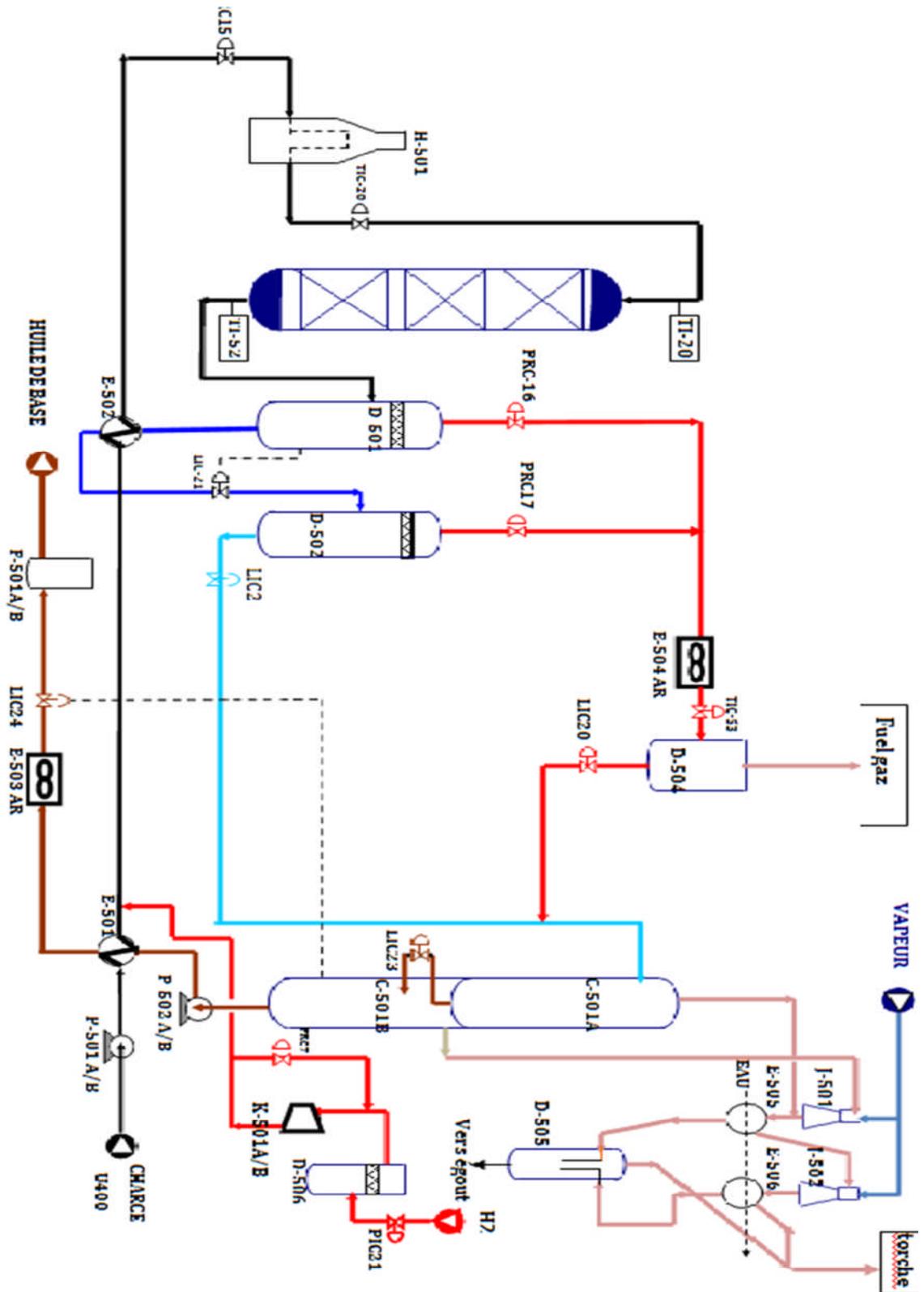


Figure III.1. Schéma de l'unité d'hydrofinishing 500

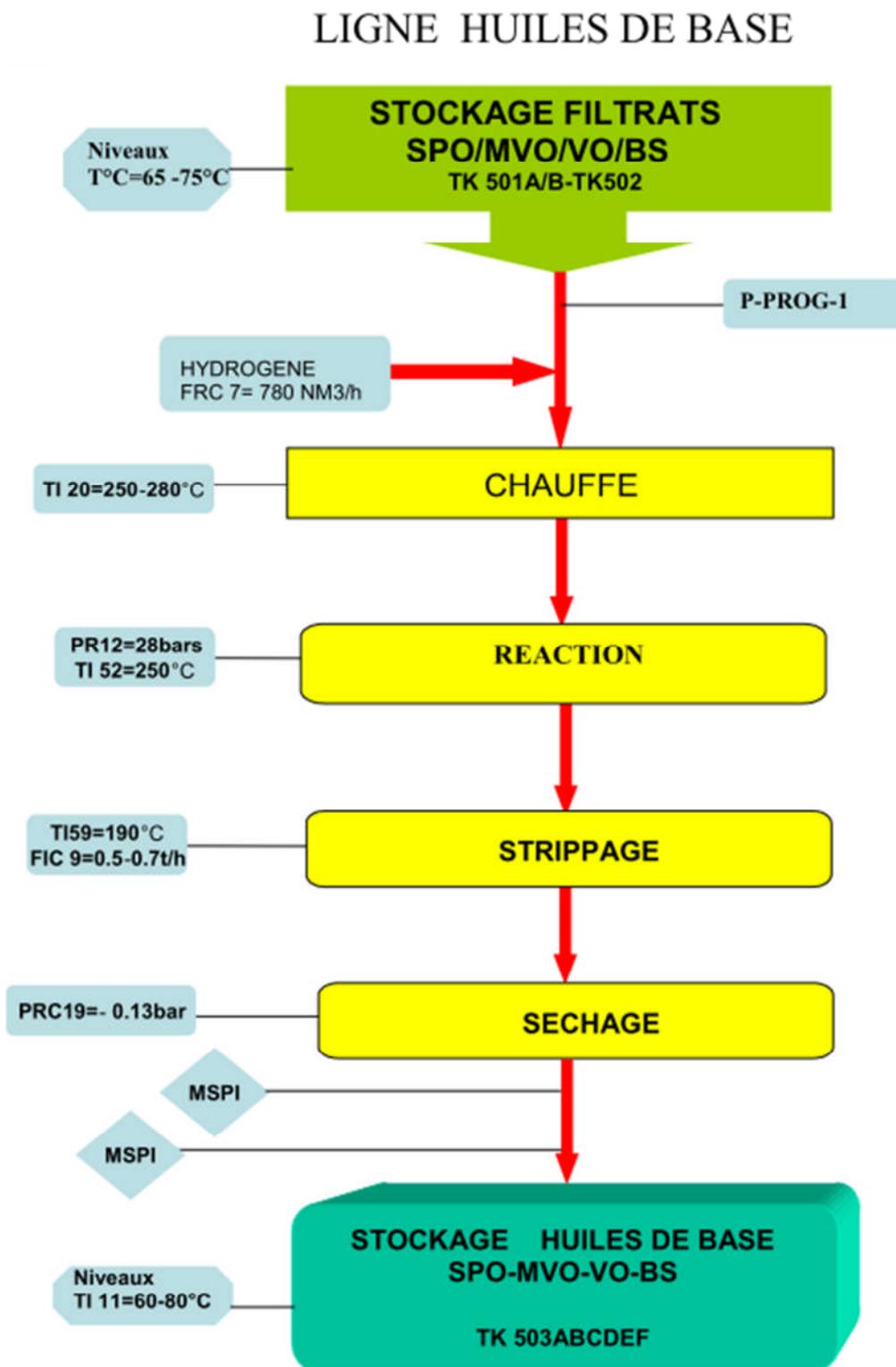


Figure III.2 : schéma générale de la ligne des huiles de base

III.1.2 Liaison avec les autres unités

Les charges traitées par l'unité d'hydrofinissage des huiles sont fournées par la section 400, déparaffinage au MEK, par coulage direct.

Elles peuvent aussi parvenir des stockages d'huile de base non hydrotraitée (U.2400). Les huiles traitées sont envoyées vers la section de mélange et de conditionnement (section 3100) par l'intermédiaire d'un stockage extérieur. Le gaz de purge est envoyé au réseau F.G (section 1400) [10].

III.1.3. Caractéristiques de charges de l'unité 500

Tableau III.1. Caractéristique du spidle oil

FILTRAT SPINDLE	Limites		
	Minimum	Type	Maximum
Densité à 15/4 °C	-	0,8400	-
Viscosité à 100°C (cst)	2.8	3,0	-
Indice de viscosité	95		-
Point d'éclair °C	170	180	-
Point d'écoulement °C	-	-	-12
Couleur	-	0,5	1,0

Tableau III.2. Caractéristique du SAE10

FILTRAT MI-VISQUEUX SAE10	Limites		
	Minimum	Type	Maximum
Densité à 15/4 °C	-	0,8600	-
Viscosité à 100°C (cts)	-	5.6	-
Indice de viscosité	95		-
Point d'éclair °C	190	200	-
Point d'écoulement °C	-	-	-12
Couleur	-	1,0	1,5

Tableau III.3. Caractéristique du SAE30

FILTRAT VISQUEUX SAE30	Limites		
	Minimum	Type	Maximum
Densité à 15/4 °C	-	0,8700	-
Viscosité à 100°C (cst)	-	11	-
Indice de viscosité	95	-	-
Point d'éclair °C	220	230	
Point d'écoulement °C	-		-12
Couleur	-	3,0	3,5

Tableau III.4. Caractéristique du Bright stock

FILTRAT BRIGHT STOCK	Limites		
	Minimum	Type	Maximum
Densité à 15/4 °C	-	0,8900	-
Viscosité à 100°C (cst)	-	33	-
Indice de viscosité	94		
Point d'éclair °C	280	300	
Point d'écoulement °C		-12	-9
Couleur		5,0	6,0

III.1.4. Spécifications des produits [10]

Produits de l'unité 500 possèdent les caractéristiques suivantes :

Tableau III.5. Spécifications des produits de l'unité 500

	Densité	Viscosité CST	Indice de viscosité	Point d'éclaire	Point d'écoulement	Couleur ASTM	Carbon
SPO	0.840 0.865	3 à 3.5	95	171	-12	0.5	0.05
SAE 10	0.851 0.871	5 à 6	95	204	-12	0.5 à 1	0.005
SAE 30	0.864 0.890	9.6 à 12	95	241	-12	0.5 à 1	0.10
BS.LPP	0.871 0.901	32 à 36	95	288	-18	3.5 à 4	0.60
BS HPP	0.871 0.901	32 à 36	95	288	-12	3.5 à 4	0.60
D DAO	0.906 0.945	48 à 52	75	288	0	8	2.5
méthode d'analyse utilisée	ASTM D1298	ASTM D445	ASTM D445 ASTM D227	ASTM D.92	ASTM D.97	ASTM D.1500	ASTM D.189

III.2. Performance des équipements de l'unité 500

III.2.1. Le Four H501

III.2.1.1. Généralités

La plupart des installations de raffinerie ou de pétrochimie nécessitent des quantités importantes d'énergie calorifique. Cette énergie est fournie par l'intermédiaire d'un four à chauffage direct dans lequel les calories, produites par la combustion, sont transmises par les mécanismes de la radiation, de la conduction et de la convection au fluide à réchauffer circulant dans un serpentin tubulaire ou un faisceau de tubes.

III.2.1.2. Définition d'un four

C'est une enceinte maçonnée ou un appareil, muni d'un système de chauffage puissant, qui transforme par la chaleur, les produits et les objets .dans un processus de production, le four permet le traitement d'objets par la chaleur : poteries, céramique, verres, métauxetc.

III.2.1.2.1. Constitution d'un four

D'une façon générale, les fours comportent les parties principales suivantes :

➤ Une zone de radiation, constituée essentiellement d'une chambre de combustion de combustion, dans les tubes est disposée. Les tubes sont jointifs, sont reliés entre eux par des coudes. La transmission de chaleur s'effectue principalement par radiation. Une fraction de l'échange se fait par convection entre les fumées et les tubes.

La température des fumées à la sortie de la zone de radiation, est élevée (**700 à 1200°C**) est donc le rendement est faible (de l'ordre de **50%** du pouvoir calorifique inférieur).

➤ Afin de récupérer la chaleur sensible des fumées, ces derniers circulent à vitesse élevée (parallèlement ou perpendiculairement) à travers un faisceau de tubes, où l'échange s'effectue principalement par convection, cette zone est par conséquent, qualifiée de section de convection.

Ces tubes peuvent être garnis d'ailettes ou d'aiguilles, afin d'augmenter la surface d'échange du côté des fumées, qui est en général le fluide présentant la résistance thermique la plus forte.

Le rendement d'un four avec une zone de convection, est bien étendu, supérieur à celui d'un four ne comportant qu'une zone de radiation.

➤ Une cheminée, qui a un rôle multiple, son premier but est l'évacuation des fumées dans l'atmosphère à une hauteur telle, qu'elles ne risquent pas de gêner le voisinage.

Mais la cheminée avec son tirage, met la chambre de combustion en dépression et provoque ainsi l'entrée de l'air nécessaire à la combustion par les vols d'air des brûleurs. Ses dimensions doivent donc être calculées pour obtenir ce tirage [11].

III.2.1.2.2. Les différents types de fours

Il existe de nombreuses dispositions des tubes, dans la zone de radiation et de convection, et d'une zone par rapport à l'autre .Il en résulte de nombreux types de fours. On peut, toutefois, distinguer les différentes catégories suivantes [12] :

III.2.1.2.2.1. Les fours cylindriques verticaux

La zone de radiation se présente sous la forme d'un cylindre à axe vertical. Les brûleurs sont placés sur la sole, à la base du cylindre. La surface d'échange couvre les parois verticales et présentes donc une symétrie circulaire par rapport au groupe de chauffage.

III.2.1.2.2.2. Les fours dits (boîtes) à tubes verticaux

Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède. Les brûleurs sont situés sur la sole, la surface d'échange couvre les parois verticales latérales. Parfois la chambre de combustion est divisée en plusieurs cellules, par des rangées de tubes parallèles à une des faces des parois latérales.

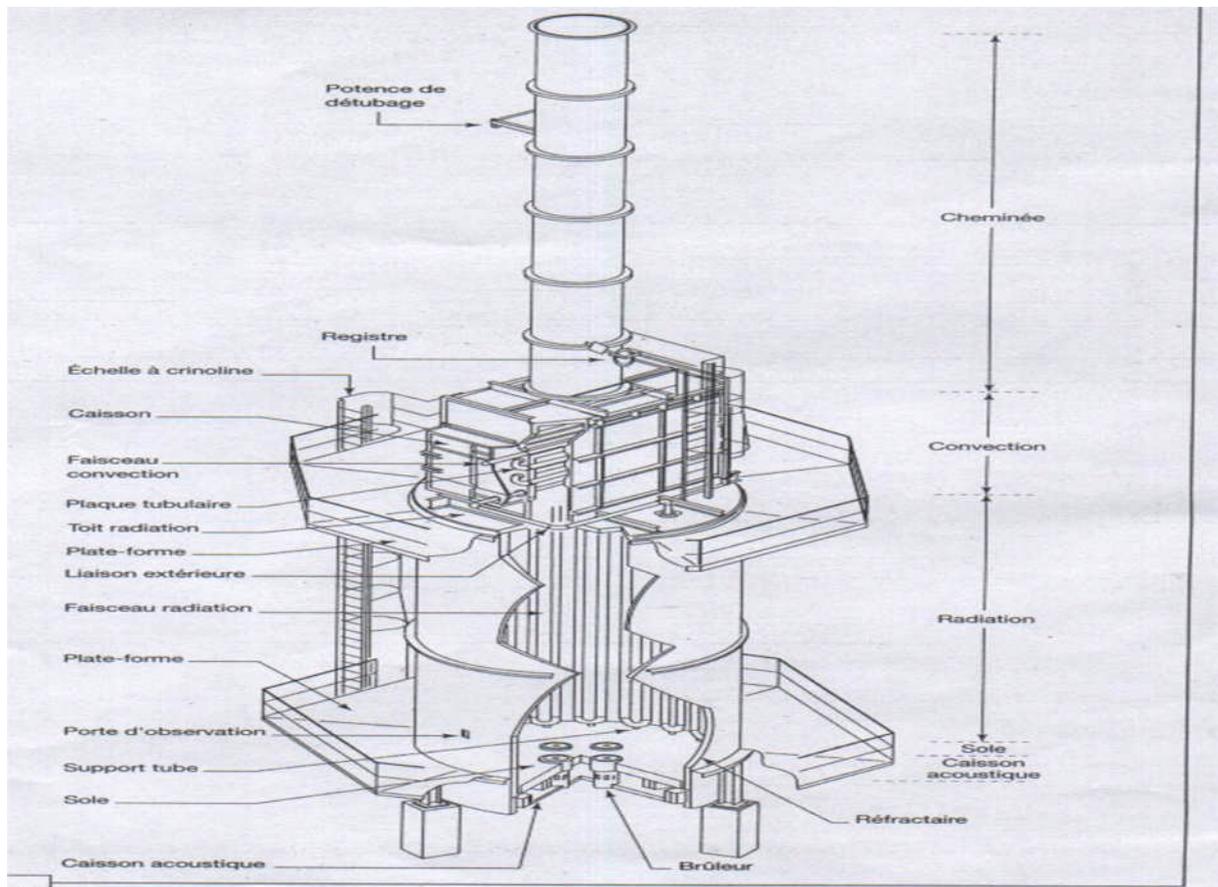


Figure III.3. Vue d'un four verticale (boîtes)

III.2.1.2.2.3. Les fours dits (cabines) à tubes horizontaux

Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède, dans la plus grande longueur est horizontale. Les tubes sont placés horizontalement le long des parois latérales les plus longues. Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède. Les brûleurs sont situés sur la sole, la surface d'échange couvre les

parois verticales latérales. Les brûleurs sont situés sur la sole, ou sur la partie inférieure des murs latéraux les plus longs, ou encore sur les murs d'extrémités ne recevant pas les tubes.

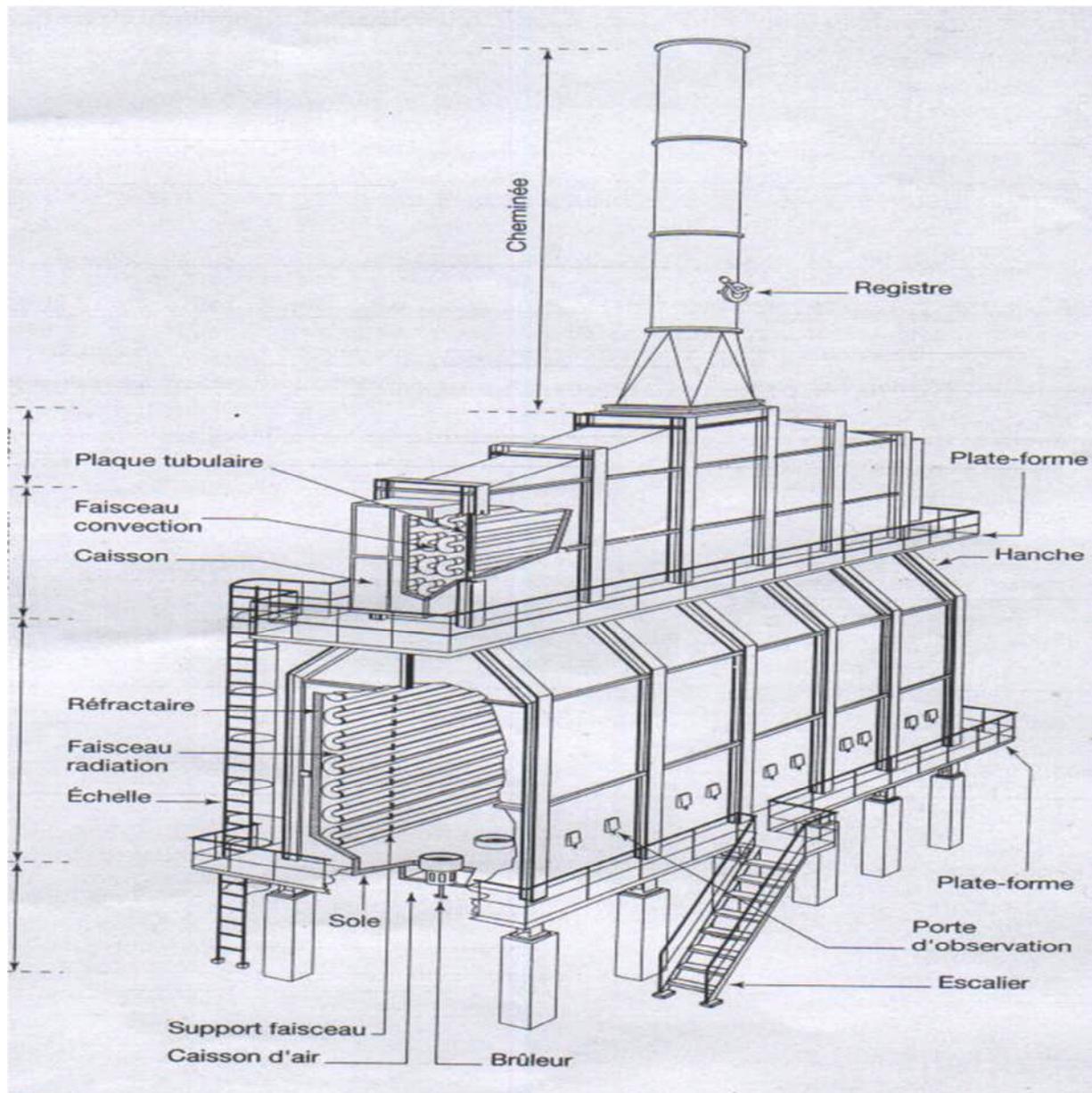


Figure III.4. Vue d'un four horizontal (cabines).

III.2.1.2.2.3. Les fours à chauffage par murs radiants

La surface d'échange est placée dans le plan médian de la chambre de combustion. Les brûleurs sont répartis sur les parois latérales longitudinales.

III.2.1.2.2.4. Les fours à double chauffe

Dans ces derniers, le plan des tubes constituant la surface d'échange, est le plan médian des Rangs brûleurs

Pour tous les types de fours cités ci-dessous, à l'exception des cas où les brûleurs sont en voûte, la zone de convection peut être située au-dessus du four. La zone de convection peut également être placée le côté de la zone de radiation. Dans ce dernier cas des carneaux de fumées très chaudes assurent la liaison entre les deux zones.

Les tubes constituant la surface d'échange de la zone de radiation sont placés devant le garnissage réfractaire isolant de l'enveloppe. Un espace égal à environ un diamètre de tube est maintenu entre les tubes et cette paroi réfractaire. La chauffe du tube, bien qu'inégalement répartie, se fait sur toute la périphérie.

L'enveloppe du four n'est pas parfaitement étanche, notamment suite au vieillissement et au nombreux passage de tubes. Pour des raisons de sécurité (four placé dans une atmosphère confinée) ou pour sauvegarde du matériel, l'intérieur du four est maintenu en dépression par rapport à l'air extérieur.

Cette dépression est, le plus souvent, obtenue par le tirage de la cheminée, ou quelquefois, par un ventilateur de tirage. Ces organes sont placés directement au-dessus de la zone de convection, ou au sol à la côté du four.

L'air de combustion est introduit dans les brûleurs, soit par la dépression régnant dans la chambre de combustion (brûleur à tirage naturel), soit à l'aide d'un ventilateur (tirage soufflé ou forcé.).

Pour assurer la combustion complète du combustible, un excès d'air, par rapport à la valeur stœchiométrique, doit être ajouté. Cet excès d'air dépend du brûleur, de la température de l'air de combustion et principalement du combustible.

III.2.1.2.2. choix d'un four

Le choix d'un type de four dépend principalement des facteurs suivants :

- ✓ Nature de produit chauffé et condition de service (débit, température, pression).
- ✓ Drainabilité des faisceaux tubulaires.
- ✓ Présence ou non de catalyseur dans les tubes.
- ✓ Combustible.
- ✓ Encombrement
- ✓ Facilité de construction ou de transport.
- ✓ Coût pour une application donnée

La part d'investissement de ce matériel au sien d'une unité de production peut atteindre **20%** du prix de revient de l'unité [13].

III.2.1.3. Conditions de service du four de l'unité 500

III.2.1.3.1. Le type du four utilisé

Le four utilisé dans l'unité 500 c'est un four tubulaire avec des tubes verticaux, ce dernier il utilise le fuel gaz pour augmente la température jusqu'à 260-270 °C, les conditions de service sont donne par titre suivant (voir III.2.1.3.2) [10].

III.2.1.3.2. Conditions de service

Le four H501 qui réchauffée l'huile déparaffinée, les conditions de service sont donne par le tableau suivant :

- ✓ Pour le cas de design :

Tableau III.6. Conditions de marche du four H501 (Cas de design).

Caractéristiques	Valeur
Température entrée (°C)	207
Température sortie (°C)	260
Débit de la charge (t /h)	14.4
Débit de fuel gaz (m ³ /h)	744
Perte de charge (bars)	08
Température de surface des tubes	520 max

Pour le cas réel :

Tableau III.7. Conditions de marche du four H501 (Cas réel).

Caractéristiques	Valeur
Température entrée (°C)	201
Température sortie (°C)	258
Débit de la charge (t /h)	14.4
Débit de fuel gaz (m ³ /h)	750
Perte de charge (bars)	08
Température de surface des tubes (°C)	-

III.2.2. Réacteur R501

III.2.2.1. Généralités

Le réacteur de l'unité 500 c'est la principale installation utilisée à l'opération de l'hydrofinishing, il est le cœur de la production car c'est un appareil décisif afin d'obtenir un produit de qualité optimale et rentable.

Généralement, on retrouve, lorsqu'on étudie le fonctionnement de ce réacteur, des notions classiques spécifiques à ce type d'équipements.

Il est évident que toute mise en œuvre d'un catalyseur doit préserver les qualités intrinsèques de celui-ci, à savoir son activité, sa sélectivité, et sa stabilité.

Le réacteur utilisé au niveau de l'unité de l'hydrofinishing de la raffinerie d'Arzew C'est un réacteur à flux radial. Ce réacteur possède des caractéristiques spéciales pour Traiter la charge.

L'écoulement des fluide traversent le lit catalytique fixe jusqu'à ce qu'elles puissent pénétrer la partie filtrante du tube central.

Il existe une autre caractéristique de la réaction, dont l'influence est souvent décisive sur la structure du réacteur et sur son aspect extérieur. Nous voulons évoquer *l'effet thermique* inévitablement lié à toute transformation chimique. En effet, bon nombre de réactions pratiquées industriellement ont des chaleurs de réaction considérables, que soient des réactions exothermiques ou endothermiques.

Dans notre cas, nous avons calculé le rendement du réacteur en fonction de la qualité des huiles de l'unité [10].

III.2.2.2. Définition des réacteurs chimiques

Le réacteur est un appareil permettant de réaliser une réaction chimique, c'est-à-dire la transformation de produits de caractéristiques données en d'autres produits de caractéristiques et propriétés différentes. Il est à la fois le siège de phénomènes chimiques et de phénomènes physiques; ces derniers se divisent en deux catégories : les phénomènes physiques à dominante hydrodynamique (écoulements monophasiques ou poly phasiques, création et suppression d'interface entre phases, etc.) et les phénomènes physiques à dominante cinétique

relevant de la science des transferts, soit à l'intérieur d'une phase (homogénéisation des concentrations et des températures), soit entre phases (dissolution d'un gaz dans un liquide) [13].

III.2.2.3. Types des réacteurs

III.2.2.3.1. Réacteurs monophasique

III.2.2.3.1.1. Réacteurs discontinus

Ce sont les plus simples que l'on puisse envisager pour réaliser une transformation Chimique, Ils consistent en un récipient dans lequel les réactifs sont introduits au Début de l'opération ; après mise en conditions de température et de pression, la réaction se Déroule jusqu'au taux de transformation désiré [14].

➤ **Avantage :**

- Installation simple et offrant une très grande polyvalence.
- Permet des réactions nécessitant des variations des conditions opératoires (notamment Changement de la température) [15].

➤ **Désavantage :**

- Travaille à des concentrations de réactifs élevées au début de la réaction (problème de Sécurité, moins bonne conversion en cas d'inhibition par le substrat).
- Nécessite un temps mort entre chaque opération (remplissage, vidange, nettoyage) qui nuit à la performance [15].

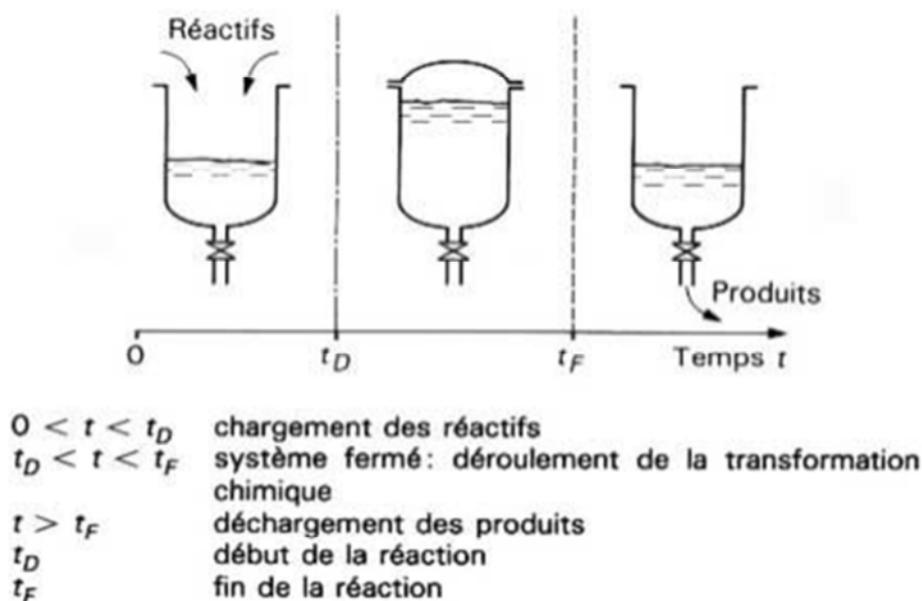


Figure III.5. Opération d'un réacteur discontinu

III.2.2.3.1.2. Les réacteurs continus

Les hypothèses liées au modèle du réacteur continu sont les suivantes :

- ✓ mélange homogène au niveau moléculaire.
- ✓ température homogène du milieu.
- ✓ volume et densité constants (débit d'entrée = débit de sortie).
- ✓ concentrations et température du flux de sortie sont les mêmes que celles dans le Réacteur.

Il satisfait au bilan suivant : ENTRÉE + SOURCE + PUIITS = SORTIE

Un tel bilan est dit stationnaire (propriété du réacteur continu après sa phase de démarrage C.-à-d. dans sa phase de production), c'est-à-dire que la température ainsi que les Concentrations des composants du milieu ne changent pas avec le temps [15].

➤ **Avantage :**

- ✓ Peu de variation dans la qualité d'un produit sur une longue période de temps.
- ✓ Haute performance.
- ✓ Bon pour des études cinétiques.
- ✓ Travaille à des faibles concentrations de réactifs (meilleure sécurité, meilleure conversion pour des ordres de réactions inférieurs à 1 ou en cas d'inhibition par le substrat) [15].

➤ **Désavantage :**

- ✓ Moins bonne conversion pour des ordres de réactions supérieurs à 1 ou en cas d'inhibition par le produit.
- ✓ Nécessite un excellent contrôle des flux (entrée et sortie).
- ✓ Ne permet pas des réactions nécessitant des variations des conditions opératoires [15].

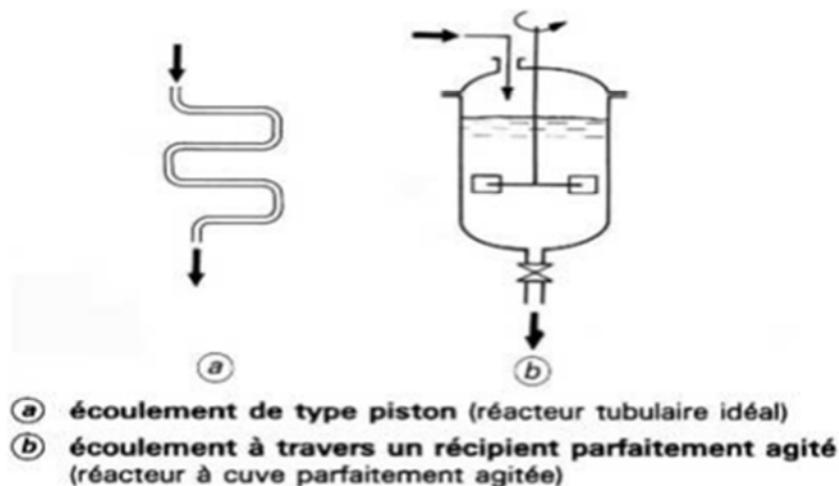


Figure III.6. Opération d'un réacteur continu.

III.2.2.3.2. Réacteurs parfaitement agités

Dans la pratique industrielle, les réacteurs parfaitement agités sont de simples Récipients cylindriques munis d'un dispositif d'agitation interne efficace ainsi que d'une Tubulure d'alimentation et d'une tubulure de soutirage. Le temps de séjour est situé entre Dix minutes et quatre heures. Ces réacteurs se distinguent le plus souvent les uns des autres Par leur système d'agitation et par leur mode de chauffage ou de refroidissement [14].

III.2.2.3.3. Réacteurs tubulaires

Très répandus à l'échelle industrielle, ces réacteurs sont exploités pour les réactions en phase gazeuse homogène nécessitant une température élevée, des conditions D'écoulement piston (temps de séjour compris entre une demi-seconde et une heure) et un important débit d'échange thermique.

Les réacteurs disposés dans un four et chauffés au moyen de brûleurs à gaz ou À fuel à des températures supérieures à 500 °C. Le tube est en forme d'épingles avec des longueurs droites comprises généralement entre 6 et 12 m. C'est le cas, par exemple, des réacteurs de cracking thermique des hydrocarbures.

Lorsque le réacteur tubulaire traite deux phases fluides, il correspond alors aux Colonnes à contre-courant que l'on utilise pour faire absorber un gaz par un liquide ou pour L'extraction liquide – liquide. Pour favoriser les contacts entre les phases, ces colonnes sont Munies de plateaux ou de garnissage [14].

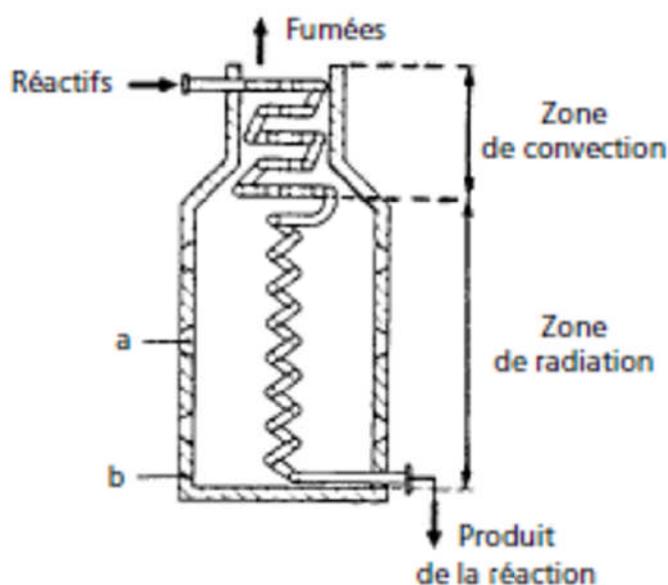


Figure III.7. Réacteur pour réaction à haute température

III.2.2.3.4. Réacteurs à deux phases

Parmi les plus répandus dans cette catégorie, on trouve les réacteurs à deux phases Fluides et les réacteurs catalytiques [14].

III.2.2.3.4.1. Réacteurs à deux phases fluides

Il s'agit habituellement des réacteurs dans lesquels sont présentes soit une phase Gazeuse et une phase liquide, soit deux phases liquides non miscibles.

La condition essentielle pour obtenir une réaction efficace étant le transfert rapide De masse, les critères importants pour évaluer un tel réacteur sont :

- ✓ l'air inter faciale.
- ✓ le rapport du débit masse (ou volume) de gaz au débit de liquide.
- ✓ l'énergie nécessaire pour mélanger les phases.

Les réacteurs gaz-liquide les plus courants sont : les colonnes à bulles, à plateaux et à Garnissage, les appareils à agitation mécanique et les laveurs de gaz, les réacteurs à couche mince [14].

III.2.2.3.4.2. Réacteurs catalytiques

Ce sont les plus répandus. Ils se distinguent à la fois par le mode de chauffage, le Mode de travail (continu, périodique, cyclique); la nature du catalyseur (solide, liquide), le Mode de récupération ou de régénération du catalyseur.

La phase fluide (liquide ou gaz) doit entrer en contact avec la phase solide qui constitue le Catalyseur. On distingue trois types principaux de réacteurs catalytiques : à lit fixe, à lit Mobile et à lit fluidisé [14].

III.2.2.3.4.2.1. Réacteurs à lit fixe

Dans un réacteur à lit fixe, le catalyseur de forme solide (particules sphériques ou Cylindriques de 1 à 5 mm) est disposé en général dans des tubes de plusieurs mètres de Long ou même de plusieurs dizaines de mètre. Le fonctionnement (pour une bonne Rentabilité le catalyseur doit durer des milliers d'heures) est assuré jusqu'à ce que le Catalyseur soit épuisé. Si le lit de catalyseur est constitué par un seul tube (l'enveloppe du Réacteur) le réacteur est dit à lit fixe adiabatique [14].

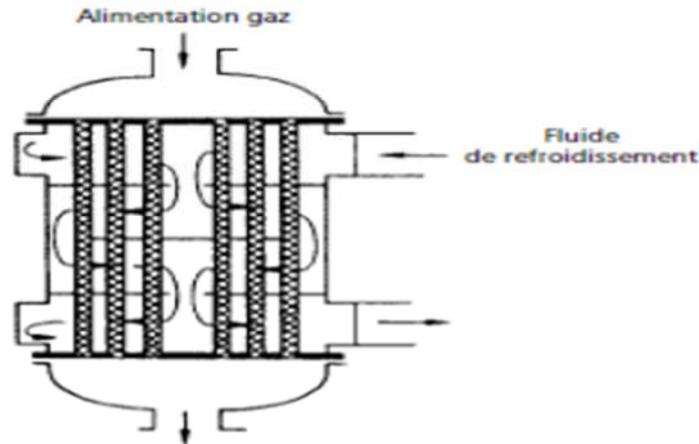


Figure III.8. Réacteur catalytique à lit fixe multitubulaire.

III.2.2.3.4.2.2. Réacteurs à lit mobile

Les réacteurs à lit mobile ont un lit de catalyseur en mouvement ; c'est-à-dire que le Catalyseur s'écoule de haut en bas par gravité, tandis que la phase fluide peut s'écouler à Co-courant, à contre-courant ou horizontalement.

Ce type de réacteur permet ainsi la régénération du catalyseur en continu mais les Applications sont limitées étant donné le phénomène d'attrition (l'usure des grains de Catalyseur par frottement) [14].

III.2.2.3.4.2.3. Réacteurs à lit fluidisé

La technique du lit fluidisé, dans laquelle le catalyseur en particules très fines est rendu fluide par entraînement avec les réactifs, présente des avantages dans les deux cas Suivants :

- ✓ lorsque l'appareil requiert une élimination ou un apport important de chaleur.
- ✓ lorsqu'il est nécessaire de régénérer fréquemment le catalyseur.

Parmi les applications, on cite le craquage catalytique [14].

III.2.2.3.3. Réacteurs spéciaux

III.2.2.3.3.1. Réacteurs thermiques

La réaction recherchée s'effectue sans autre concours que celui de la chaleur, emportant la matière première à la température convenable pour provoquer, en général, une Dissociation des molécules. Le cas le plus souvent cité est celui du craquage thermique de certains produits pétroliers. Le chauffage peut se faire par action direct de flamme ou de gaz de combustion ou

par rayonnement d'une voûte ou de blocs réfractaires chauffés à haute température, la matière brute et les produits finis circulent dans une enceinte généralement constituée par un faisceau de tubes en série ou en parallèle. Éventuellement, l'intérieur de l'enceinte contenant les produits peut être sous pression, sous vide ou tout simplement à la pression atmosphérique. Exception faite des cas où la chaleur est directement produite au sein de la masse à chauffer, sa transmission se fait essentiellement par rayonnement (environ 80 % à 500 °C, 90 % à 800 °C) [14].

III.2.2.3.3.2. Réacteurs électrochimiques

Tout dispositif dans lequel se produit une réaction sous l'effet d'un apport d'énergie électrique peut être désigné par l'expression « réacteur électrochimique ». En conséquence, un réacteur électrochimique désignera indifféremment des appareillages plus habituellement connus sous les dénominations « électrolyseur », « cellule d'électrolyse » ou « cellule électrochimique ». Les cellules (ou cuves) électrolytiques sont réalisées avec différents matériaux (verre, métal, matière plastique) et peuvent recevoir deux électrodes. Appelées anode et cathode, ainsi que la solution à électrolyser. Les cuves électrolytiques sont très souvent équipées d'accessoires spéciaux, tels qu'agitations, insufflateurs d'air ou de gaz, cloisons de séparation et résistances chauffantes lorsque l'électrolyse doit être réalisée sur des sels fondus. Ces cellules sont alimentées en courant continu et leurs dimensions peuvent atteindre quelques dizaines de m³ (soude, alumine).

Les réactions électrochimiques anodique et cathodique se produisant au niveau d'interfaces liquide-solide (ou électrolyte électrode), l'analogie avec les réacteurs chimiques hétérogènes est suffisamment importante pour tenter d'appliquer une méthodologie ainsi que des méthodes de résolution identiques. Bien entendu, l'existence d'une force motrice supplémentaire liée au potentiel électrique constitue la spécificité du réacteur électrochimique, de même que la forme particulière et plus complexe des lois de cinétique aux électrodes ; les préoccupations restent cependant sensiblement identiques quant à la prise en compte des phénomènes de transferts simultanés de matière, chaleur et quantité de mouvement, au couplage des phénomènes de cinétiques physique et électrochimique [14].

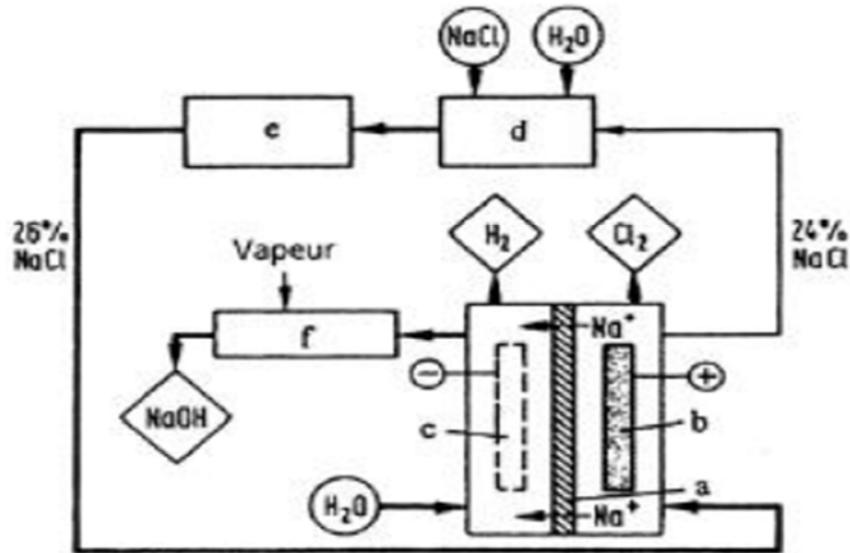


Figure III.9. Production du chlore par réacteur électrochimique.

- a) membrane.
- b) anode de titane.
- c) cathode d'acier.
- d) saumure saturée.
- e) saumure purifiée.
- f) concentration du sel.

III.2.2.3.3.3. Réacteurs à couche mince

Bien que conçus pour réaliser des opérations physiques d'évaporation, de distillation, d'adsorption ou de désorption, les appareils à couche mince ont des caractéristiques particulières qui peuvent être exploitées avec profit aussi dans le domaine du génie de la réaction chimique. Dans le domaine, ce type d'appareil peut donc être envisagé en tant que réacteur continu pour mettre en œuvre :

- ✓ soit des réactions homogènes en phase liquide (la phase gazeuse ne joue alors aucun rôle).
- ✓ soit des réactions hétérogènes gaz-liquide.

Les applications pratiques sont en tant que réacteurs pour :

- ✓ une réaction fortement exothermique se déroulant dans une phase liquide très visqueuse.
- ✓ une réaction exothermique en phase liquide, un des réactifs étant transféré à partir d'une phase gazeuse.

✓ une réaction endothermique dans une phase liquide visqueuse avec production d'un Composé dont la vaporisation ou la désorption présente de l'intérêt sur le plan de la Thermodynamique (réaction équilibrée) ou sur le plan de la sélectivité (réactions consécutives non souhaitables).

On distingue les réacteurs :

✓ à film ruisselant : cette variante, qui est aussi la plus ancienne, se fonde sur le Ruissellement naturel des liquides sur des parois verticales sous l'action de la gravité. Comme la surface de support du liquide doit être importante par rapport au débit traité tout En n'exigeant qu'un encombrement réduit, les appareils à film ruisselant sont la plupart du temps de simples faisceaux tubulaires verticaux. Le liquide à traiter est introduit dans la partie supérieure, à l'intérieur des tubes, et s'écoule en un flot uniformément réparti sur la surface tubulaire tandis que le chauffage est assuré, à l'extérieur des tubes, par la circulation d'un fluide de chauffage.

✓ à film centrifugé : une première façon d'imposer une action mécanique à un liquide Réparti en film consiste à provoquer la rotation de la surface solide qui le supporte, ce qui aboutit au concept du film centrifugé.

Pour appliquer ce principe à un appareil industriel, il suffit d'enfermer le dispositif rotatif Dans une enceinte adéquate en disposant à l'intérieur les circuits d'alimentation et de Soutirage des différents fluides ;

✓ a film rotatif : les insuffisances des écoulements en film ruisselant ou en film centrifugé Résultent principalement de la faiblesse des forces motrices assurant ces écoulements, c'est- Dire des forces de gravités et des forces centrifuges. Une action mécanique extérieure Agissant judicieusement sur le film doit nécessairement améliorer les performances de la Technique. C'est l'idée maîtresse qui a guidé la construction des appareils à film rotatif

Dont le principe conceptuel présent une surface cylindrique verticale (stator)

Chauffée extérieurement, habituellement par un fluide circulant dans une enveloppe Coaxiale. Du côté intérieur, un rotor concentrique se meut et, grâce à un anneau de Distribution dont il est équipé, réparti en nappe sur la surface chauffante le liquide alimenté.

✓ à film pulsé : les appareils utilisant cette variante permettent, par rapport aux simples Faisceaux tubulaires à flot tombant, d'augmenter considérablement les possibilités Opératoires de la technique du film. Ils constituent une nouvelle génération, caractérisés par Une plus grande simplicité de construction et une meilleure utilisation de l'énergie. Le Liquide à traiter est reparti uniformément à la partie supérieure d'une surface cylindrique

Mais, dans cette nouvelle version, il circule à l'extérieur d'une surface cylindrique chauffée Intérieurement [13].

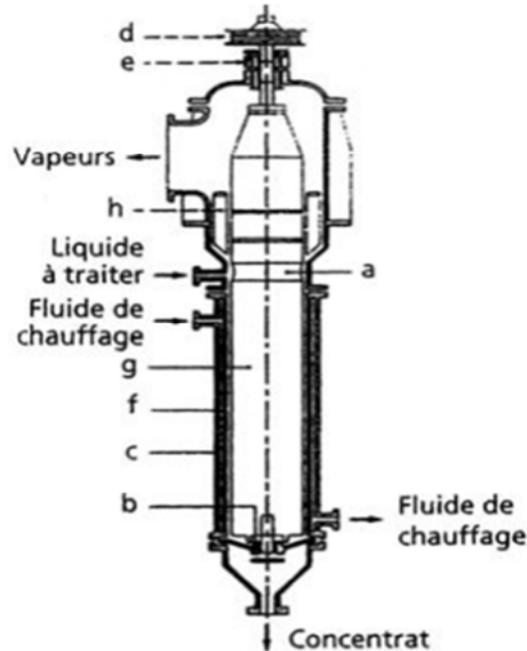


Figure III.10. Réacteur à couche mince à film rotatif.

- a) anneau de distribution.
- b) bague de guidage.
- c) enveloppe de chauffage.
- d) entraînement du rotor.
- e) joint d'étanchéité et palier.

III.2.2.4. Choix d'un réacteur

Pour concevoir le meilleur réacteur possible afin de réaliser une réaction donnée, il faut d'abord choisir le ou les facteurs que l'on a intérêt à privilégier, qui peuvent être :

- ✓ Le taux de conversion d'un réactif donné.
- ✓ le rendement en produit cherché, c'est-à-dire la sélectivité dans le cas très fréquent où la réaction cherchée est accompagnée d'une ou de plusieurs réactions parasites ; la recherche De cette sélectivité peut en effet amener à se contenter d'un faible taux de conversion, Surtout si les réactifs sont faciles à isoler des produits de la réaction en vue de leur recyclage.
- ✓ la minimisation de la formation d'une impureté très difficile à séparer, ou susceptible de créer des problèmes (pour la sécurité, l'environnement, sa destruction, etc.).
- ✓ la minimisation du volume global, autrement dit la maximisation de la capacité de

Production, ou la minimisation des investissements.

- ✓ la sécurité du fonctionnement.
- ✓ la qualité du produit obtenu.

Mais il faut tenir compte de bien d'autres facteurs, notamment :

- ✓ de la nature des réactifs et des produits de la réaction. Le réacteur ne peut en effet être le même selon qu'il s'agit d'une réaction en milieu homogène entre gaz ou entre liquides, ou d'une réaction entre deux phases liquides, entre un gaz et un liquide, entre des liquides mais avec production d'un gaz, entre des solides fondus, etc.

- ✓ de la gamme de température et de pression à l'intérieur de laquelle la réaction se déroule.

- ✓ de la quantité de chaleur mise en jeu dans la transformation. Cette dernière peut être Endothermique, athermique ou exothermique. On doit remarquer à ce propos, à titre D'exemple, qu'une réaction rapide et fortement exothermique orientera sur un réacteur en Continu, même si les tonnages sont relativement modestes, et que la conception du réacteur Sera influencée par l'intérêt qu'il y a à utiliser la chaleur produite, ou une partie de celle-ci, Pour amener les réactifs à la température de la réaction [14].

III.2.2.5. Type et Paramètres de fonctionnement du réacteur R501

C'est un réacteur à base de cobalt molybdène, il constitue à 3 lits catalytiques fixe pour le traitement de la charge, les autres informations sur ce réacteur sont donne par le tableau suivant [10].

Tableau III.8. Caractéristiques du réacteur R501.

Caractéristiques	Valeur
Volume du réacteur (m ³)	35.8
Volume du catalyseur	29.75
Hauteur (mm)	11740
Diamètre (mm)	844
Débit de charge entrée (t /h)	14.4
Débit de charge sortie (t /h)	14.1
Température de fonctionnement (°C)	250-290

III.2.3. analyse des produits

Les analyses que nous avons effectuées pour cette unité sont :

- ✓ La couleur.
- ✓ L'indice de viscosité.

III.2.3.1. SPO

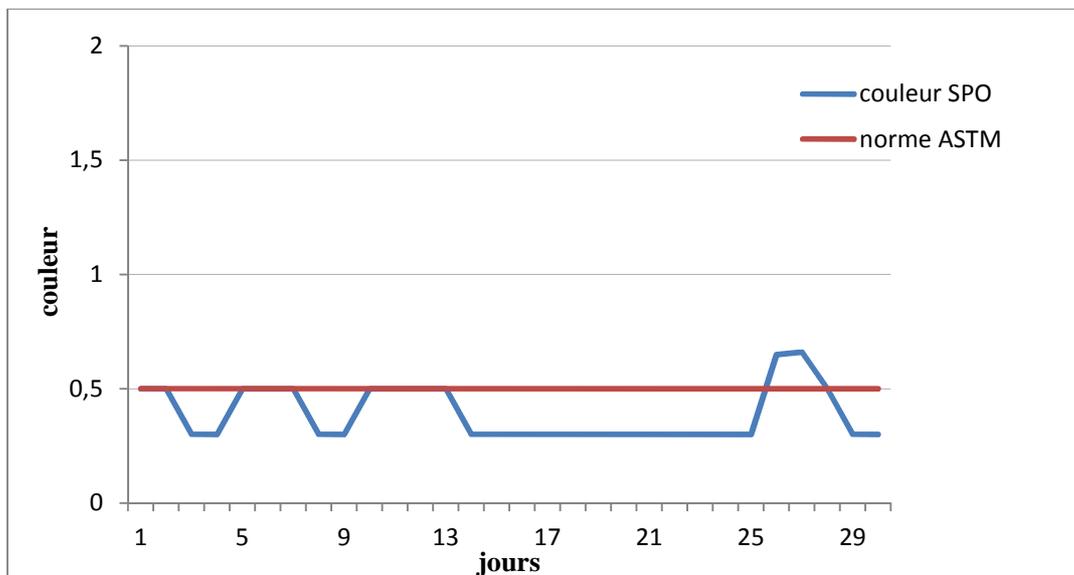


Figure III.11. Variation de la couleur de l'huile SPO produite dans l'unité 500

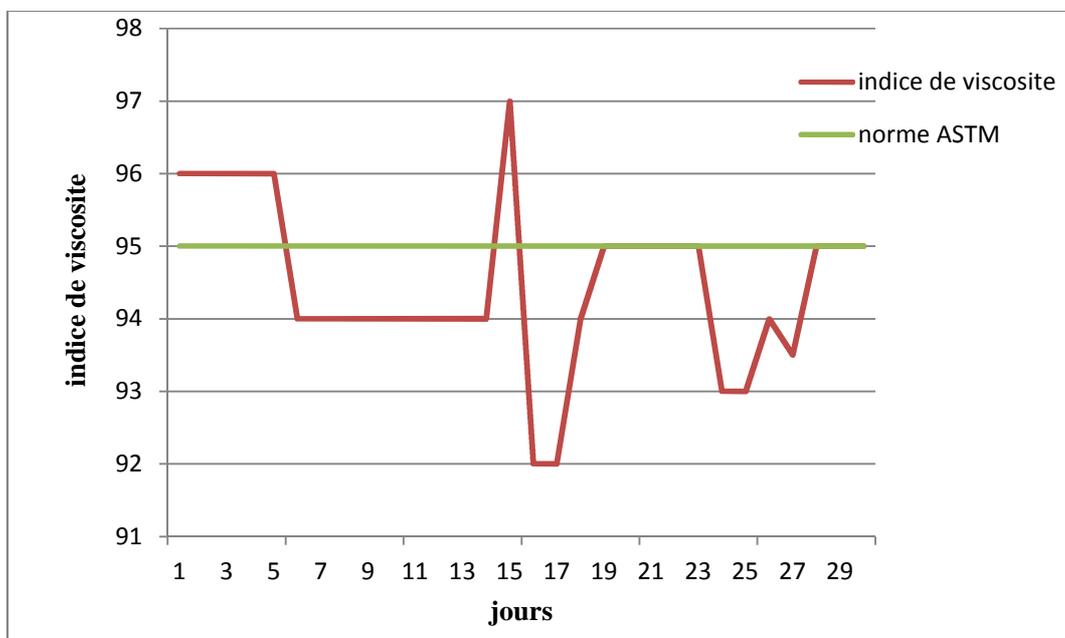


Figure III.12. Variation de l'indice de viscosité de l'huile SPO produite dans l'unité 500

III.2.3.2. SAE10 (MVO)

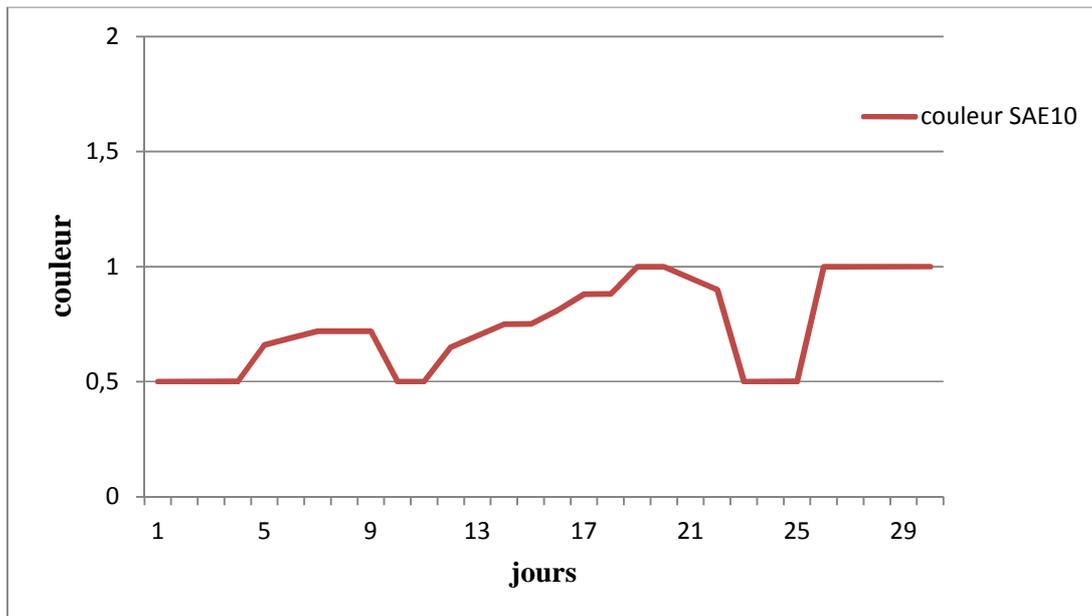


Figure III.13. Variation de la couleur de l'huile SAE10 produite dans l'unité 500

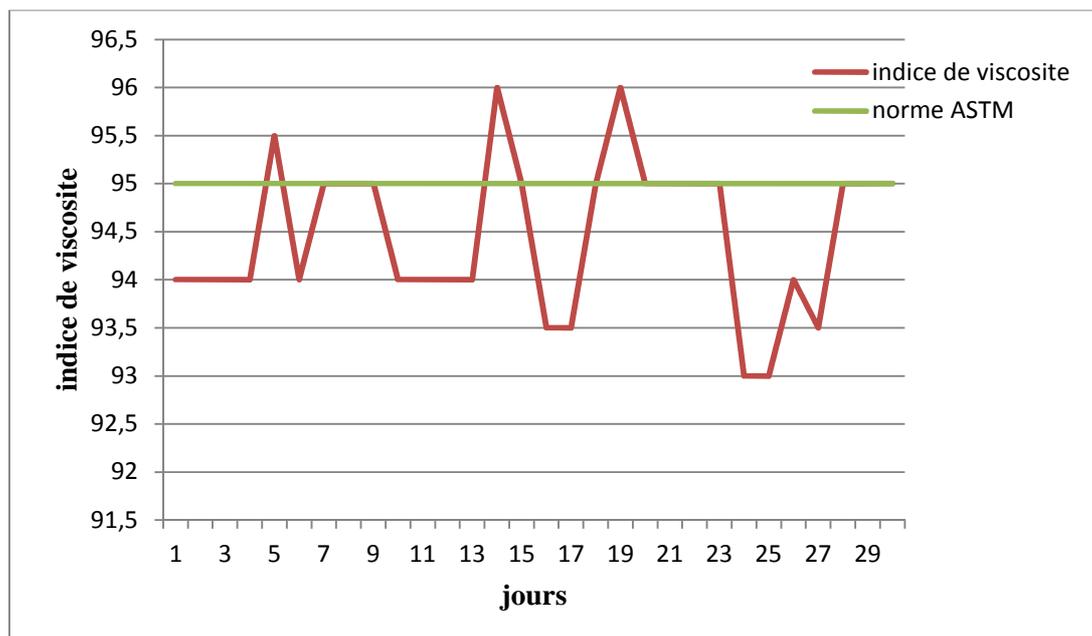


Figure III.14. Variation de l'indice de viscosité l'huile SAE10 produite dans l'unité 500

III.2.3.3. SAE30(VO)

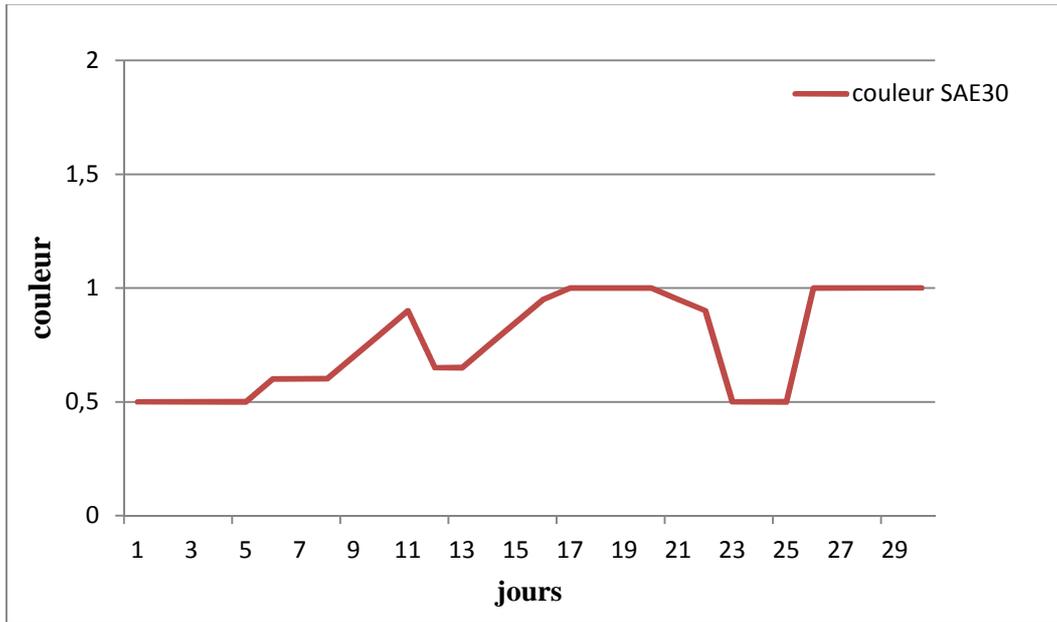


Figure III.15. Variation de la couleur de l'huile SAE30 produite dans l'unité 500

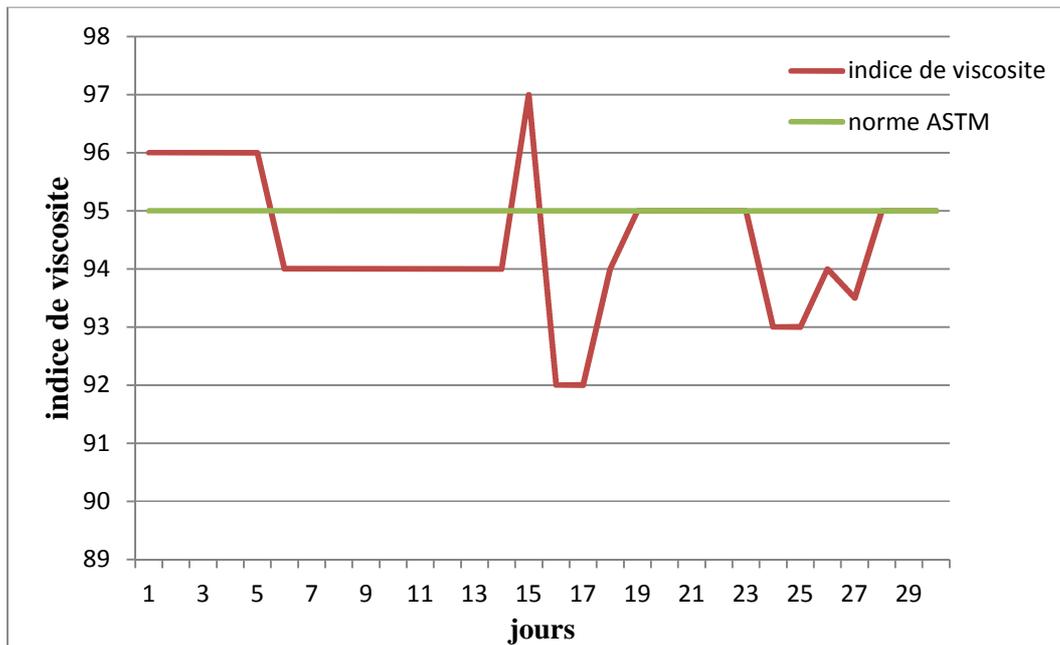


Figure III.16. Variation de l'indice de viscosité de l'huile SAE30 produite dans l'unité 500

III.2.3.4. Bright stock (BS)

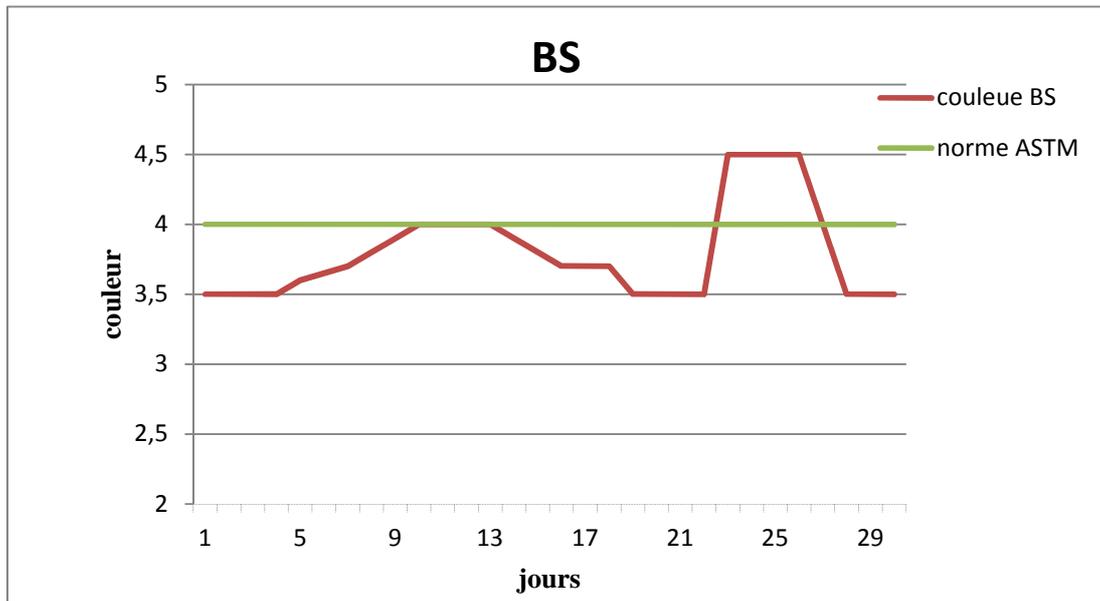


Figure III.17. Variation de la couleur de l'huile Bright stock produite dans l'unité 500

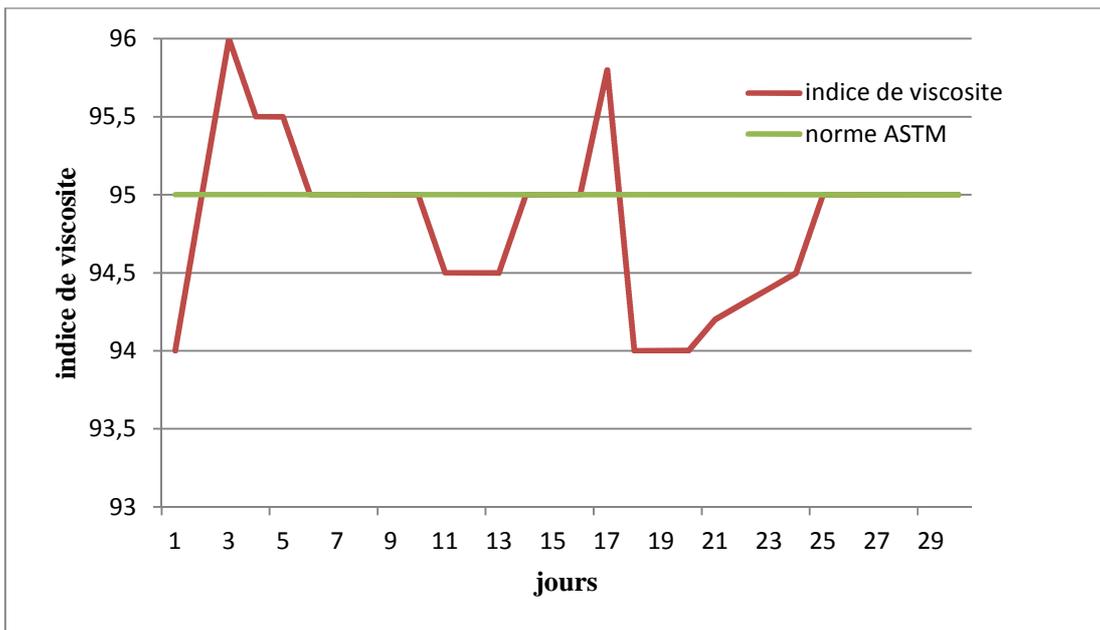


Figure III.18. Variation de l'indice de viscosité de l'huile Bright stock produite dans l'unité 500

✓ Discussions et interprétation

D'après ces résultats et les figures qui on obtient, on remarque que la variation de la couleur et de l'indice de viscosité sont dans les normes, ce qui implique le fonctionnement normal et correct de l'unité.

Donc on peut dire que cette unité (500) est leurs équipements sont très performant malgré les petites variations sur la couleur et l'indice de viscosité.

CHAPITRE IV

Calcul de rendement des équipements de l'unité 500

IV. Calcul du rendement des équipements de l'unité 500

IV.1. Introduction

L'hydrofinishing et un hydrotraitement qui exige un apport énergétique considérable. Au niveau du four H501, le combustible utilisé est le gaz naturel avec une proportion très élevée en méthane. L'oxygène nécessaire pour la combustion du gaz doit être suffisant pour atteindre la température désirée.

De ce fait, les bilans de matières et de chaleurs ont été appliqués pour le calcul des quantités d'oxygènes et d'énergie nécessaires lors de cette opération.

L'élimination des impuretés comme l'azote et le soufre s'effectue au niveau du réacteur R501. La deuxième partie concerne le calcul du rendement du réacteur R501 en termes de quantité de soufre et d'azote éliminée.

IV.2 Composition de fumées issues de la combustion du gaz

Le Tableau IV.1 représente la quantité de fumées issues de la combustion du gaz.

Tableau IV.1: Tableau récapitulatif de la composition des fumées.

Constituants du combustible	Pourcentage molaire Y_i	O ₂ de la combustion (kmoles)	Composition des fumées				Constituants du combustible
			CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂	
H ₂	26.65	32.054	-	25.98	-	50.07	H ₂
C ₁	58.94	38.120	66.47	122.08	-	48.03	C ₁
C ₂	7.91	50.47	10.64	14.66	-	61.09	C ₂
C ₃	5.44	8.95	1.76	2.97	-	16.5	C ₃
iC ₄	0.5	1.56	0.88	1.11	-	5.1	iC ₄
nC ₄	0.5	1.235	0.856	1.02	-	4.03	nC ₄

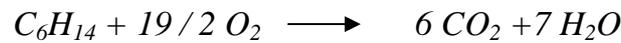
iC₅	0.04	0.32	0.2	0.76	-	1.5	iC₅
nC₅	0.02	0.16	0.27	0.2	-	1.23	nC₅
TOTAL	100	132.869	-	-	-	643.3	Air de combustion
O₂ dans l'excès d'air		57.92	81.08	168.78	57.92	830.85	TOTAL
O₂ dans l'air de combustion		190.789	7.13%	14.82%	5.08%	72.97%	Pourcentage molaire
N₂ dans l'air de combustion		830.85					
Nombres de kmole d'air de combustion pour 100 kmole de gaz combustible		1021.67	1138.63				Nombre de kmole de fumées pour 100 kmole de gaz combustible

D'après le **Tableau IV.1** nous constatons que le combustible contient essentiellement du méthane. La quantité d'oxygène pour la combustion est fonction des pourcentages molaires des constituants du combustible.

IV.3. Réactions de combustion

Suivant le **Tableau IV.1**, en prenant compte tous les constituants du gaz naturel y compris l'hydrogène, les réactions qui peuvent avoir lieu sont :





Ces réactions permettent de déterminer la quantité d'oxygène, et donc d'air nécessaire pour la combustion ainsi que la quantité des fumées formées lors de la combustion

IV.4. Calcul des quantités totales

IV.4.1. Calcul de la quantité total d'oxygène

L'excès d'air est égal à 25 %, le rapport $N_2/O_2 = 3.73$

$$V_{O_2 \text{ total}} = V_{O_2 \text{ consommée}} + V_{O_2 \text{ dans l'excès d'air}} = 132.869 + 57.92 = \mathbf{190.789 \text{ kmole}}$$

IV.1.4.2. Calcul la quantité totale du gaz inerte

$$\text{Le débit du gaz inerte (N}_2\text{) est : } 3.73 \times 190.789 = \mathbf{711.64 \text{ kmole}}$$

IV.1.4.3. Calcul de volume total des fumées

La composition finale des fumées = la sommes des composants au sortie du four

$$V_{\text{total des fumées}} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{O_2 \text{ en excès}} + V_{N_2 \text{ total}}$$

$$V_{\text{total des fumées}} = 81.08 + 168.78 + 57.92 + 830.85 = \mathbf{1138.63 \text{ kmole}}$$

IV.1.4.4. Calcul de la quantité des fumées formées par la combustion de 1 kg de gaz

La quantité de fumées formées par la combustion de 1 kg de gaz combustible est déterminée en calculant les paramètres suivants :

✓ Masse moléculaire des fumées

$$M_F = \Sigma(M_i * Y_i) = M_{CO_2} * Y_{CO_2} + M_{O_2} * Y_{O_2} + M_{H_2O} * Y_{H_2O} + M_{N_2} * Y_{N_2}$$

$$\begin{aligned} \text{Donc : } M_F &= 44 * 0.0713 + 32 * 0.0508 + 18 * 0.1482 + 28 * 0.7297 \\ &= \mathbf{27.862 \text{ kg / kmole}} \end{aligned}$$

✓ Masse volumique des fumées aux conditions normales de T et de P

$$\rho_f = M_F / 22.4$$

$$\text{Donc : } \rho_f = 27.862 / 22.4 = \mathbf{1.2438 \text{ kg / Nm}^3}$$

✓ **Masse moléculaire du gaz combustible**

$$M_{com} = \Sigma(M_i * Y_i)$$

$$M_{com} = M_{H2} * Y_{H2} + M_{C1} * Y_{C1} + M_{C2} * Y_{C2} + M_{C3} * Y_{C3} + M_{iC4} * Y_{iC4} + M_{nC4} * Y_{nC4} + M_{iC5} * Y_{iC5} + M_{nC5} * Y_{nC5}$$

$$M_{com} = 2 * 0.2665 + 16 * 0.5894 + 30 * 0.0791 + 44 * 0.0544 + 58 * 0.005 + 58 * 0.005 + 72 * 0.0004 + 72 * 0.0002 = 15.3532 \text{ kg/kmol}$$

✓ **Masse volumique du gaz combustible aux conditions normales de température et de pression**

$$\rho_{com} = M_{com}/22.4$$

$$\rho_{com} = 15.3532/22.4 = 0.6854 \text{ kg/Nm}^3$$

✓ **Le volume de fumées**

100 Nm³ de fuel gaz dégagent un volume de fumées V_f=1138.63Nm³

Donc 1 Nm³ de gaz dégage un volume de fumées V_f = 11.3863 Nm³

Pour 1kg de fuel gaz la masse des fumées:

$$m_f = \frac{\rho_f * V_f * m_{com}}{\rho_{com} * V_{com}} = \frac{1.236 * 11.3863 * 1}{0.6854 * 1} = 20.5332 \text{ kg}$$

IV.1.4.5. La quantité de l'air nécessaire pour la combustion de 1 kg de gaz

100 Nm³ de fuel gaz nécessitent 1021.67 Nm³ d'air.

Donc 1Nm³ de gaz combustible nécessite 10.2167 Nm³ d'air.

La masse volumique de l'air = 1,294 kg/Nm³

$$m_{air} = \frac{\rho_{air} * V_{air} * m_{com}}{\rho_{com} * V_{com}} = \frac{1.294 * 10.1993 * 1}{0.5997 * 1} = 22.0074 \text{ kg}$$

On peut conclure de ses calculs que 1kg de gaz combustible nécessite une quantité de 22,0074 kg d'air et produit une quantité de 20,53 kg de fumées.

IV.1.5. Rendement du four H501

Les pertes de chaleur à travers les parois de four dépendent de l'épaisseur de la matière de garnissage réfractaire isolant. Les pertes sont faibles pour un garnissage isolant économiquement optimum, les pertes sont faibles. Pour un four d'une puissance de 10MW ou plus, elles sont de 1 à 2.5 % du pouvoir calorifique inférieure.

Ces pertes sont plus importantes pour un petit four, car le rapport de la surface des parois de l'enveloppe, par rapport au volume de la chambre de radiation, diminue lorsque la taille du four augmente.

Les pertes de chaleur les plus importantes sont celles dues au rejet de la cheminée des fumés chaudes. Celles-ci sont le résultat de deux facteurs : le débit des fumés et leur température. Le débit des fumés s'accroît avec l'excès d'air. Il y a donc lieu de fonctionner avec un excès d'air aussi faible que possible; tout en veillant à obtenir une combustion complète sans imbrûlés plus important que le gain réalisé par la réaction de l'excès d'air.

Indépendamment de la perte due à la chaleur latente des imbrûlés, ceux-ci entraînent l'encrassement des surfaces d'échange et, par conséquent une élévation de la température des fumés qui persiste après le retour à un fonctionnement est imbrûlée.

Mais la température des fumés constitue le facteur principal des pertes de chaleur dans un four. D'ailleurs pour des fumés froids, l'excès d'air n'a plus d'importance puisque toute la chaleur cédée à l'air en excès a été récupérée sur les fumés. Pour refroidir les fumés, il est nécessaire de disposer d'un fluide froid à chauffer. Si le fluide à chauffer est à une température élevée qui ne permet pas d'obtenir une température des fumés suffisamment basse, c'est à dire un rendement thermique satisfaisant.

Le rendement d'un four η est défini comme le rapport du débit de chaleur absorbée par le fluide par rapport au débit de chaleur fourni au four par la combustion (Q entrée).

$$\eta (\%) = \frac{Q_{\text{entrée}} - Q_{\text{fumées}} - Q_{\text{parois}}}{Q_{\text{entrée}}} * 100$$

IV.1.5.2. Calcul de la quantité de chaleur dégagée $Q_{\text{entrée}}$

$$Q_{\text{entrée}} = Q_1 + Q_2$$

✓ Calcul de la chaleur dégagée par l'air Q_1

$$Q_1 = Q_{\text{sen}} * G_{\text{com}} * \rho_{\text{com}}$$

Avec. G_{com} : débit du fuel gaz (744 m³/h)

ρ_{com} : masse volumique de combustible.

✓ Calcul de la Chaleur sensible de l'air

$$Q_{\text{sen}} = m_{\text{air}} * c_{p_{\text{air}}} * (T_{20} - T_0)$$

Avec $c_{p_{\text{air}}}$: chaleur spécifique de l'air prise à partir de l'annexe C. $c_{p_{\text{air}}} = 0.24$ kcal/kg °C.

$$Q_{\text{sen}} = 22.0074 * 0.24 * 20 = 105.6355 \text{ Kcal/Kg de gaz}$$

Donc :

$$Q_1 = 105.6355 * 744 * 0.6854 = 53867.5133 \text{ kcal/h}$$

✓ Calcul de la quantité de chaleur dégagée par le combustible

$$Q_2 = PCI_{\text{com}} * G_{\text{com}}$$

Avec

PCI_{com} : pouvoir calorifique de fuel gaz.

La composition du gaz combustible est donnée par l'analyse chromatographique. Les fractions molaires sont citées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau IV.2. Analyse chromatographique de fuel gaz

Constituants	Y _i % Fraction molaire	PCI _i (kcal/ Nm ³)	PCI _i * Y _i (kcal / Nm ³)
H ₂	26.65	2573.174	685.7509
C ₁	58.94	8533.835	5029.8423
C ₂	7.91	15295.083	1209.8411
C ₃	5.44	21759.790	1183.7326

iC₄	0.5	28224.002	141.12001
nC₄	0.5	28311.0011	141.5550
iC₅	0.04	34751.693	13.90068
nC₅	0.02	34840.798	6.96816
Total	100	-	8412.7108

Donc la quantité de chaleur dégagée par le fuel gaz :

$$Q_2 = 744 * 8412.7108 = \mathbf{6259056.835 \text{ kcal/h}}$$

Donc :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 = 53867.5133 + 6259056.835 = \mathbf{6312924.349 \text{ kcal/h}}$$

IV.1.5.3. Calcul des pertes de chaleur par parois

Pertes par parois en zone de radiation : 1.7%

Pertes par parois en zone de convection : 0.8%

$$Q_{parois} = 6312924.349 * 0.025 = \mathbf{157823.1087 \text{ kcal/h}}$$

IV.1.5.4. Calcul des pertes de chaleur par fumées :

Les pertes les plus importants sont les pertes à la cheminée, dissipée à l'atmosphère par les fumées qui sortent du four à une température assez élevé.

$$Q_{fumées} = G_{fumées} * H_{fumées}$$

Avec $G_{fumées}$: débit des fumées (kg/h).

$H_{fumées}$: enthalpie des fumées (kcal/kg).

✓ Calcul de l'enthalpie des fumées $H_{fumées}$

$$H_i = C_{p_i} * t$$

Avec C_{p_i} : chaleur spécifique des constituants du fumées (kcal/kg °c).

t : température des fumées (°c).

Chaleur spécifique des constituants du fumées est déterminée par l'annexe C.

La température des fumées dans le cas actuel est égale 248.5°C.

Tableau IV.3. Enthalpie des fumées (cas réel).

Composition des fumées	C_p Kcal/ Kg.°C	Y_i	H_i Kcal / k g	H fumées H_i×Y_i(kcal/kg)
O ₂	0.241	0.0508	59.8885	3.0423
N ₂	0.258	0.7297	64.113	46.7833
H ₂ O	0.482	0.1482	119.777	17.7509
CO ₂	0.261	0.0713	64.8585	4.6244
				72.2009

✓ **Calcul de débit des fumées G_{fumées}**

$$G_{fumées} = G_{com} * \rho_{com} * m_f = 744 * 0.6854 * 20.5332 = 10470.6507 \text{ kg/h}$$

Donc :

$$Q_{fumées} = 10470.6507 * 72.2009 = 755990.4041 \text{ kcal / h}$$

IV.1.5.5. Calcul des pertes totales :

$$Q_{pertes\ totales} = Q_{parois} + Q_{fumées}$$

$$Q_{pertes\ totales} = 157823.1087 + 755990.4041 = 913813.5128 \text{ kcal/h}$$

Donc le rendement du four H501

$$\eta = [(6312924.349 - 913813.5128) / 6312924.349] * 100 = 85.52 \%$$

✓ Pour le cas design :

$$\eta = 86.77 \%$$

Interprétation des résultats :

On remarque que le rendement actuel du four H501 est de 85.52% qui reste un rendement inférieur au rendement du constructeur (86.77%). Cette diminution est due à plusieurs paramètres comme la quantité de fuel gaz ajoutée et les pertes de chaleur par les parois qui sont plus important par rapport du désigne.

IV.2. Réacteur R501

IV.2.1. Calcul de taux de conversion

Le taux de conversion est calculé à partir de la concentration initiale et finale du réactif.

$$n_j = n_{j0} + \frac{\vartheta_j n_{c0}}{-\vartheta_c}$$

Donc :
$$n_c = n_{c0}(1 - X_c)$$

Puisque on ne connaît pas le n_j et n_{j0} de l'huile traitée, nous avons optés pour le calcul du taux de conversion au moyen des quantités de soufre et d'azote

✓ Par apport au soufre S

$$X_s = \frac{CA_0 - CA}{CA_0}$$

Avec CA_0 : la concentration du soufre à l'entrée du recteur

CA : la concentration du soufre à la sortie du recteur

$$X_s = \frac{(8.9 * 10^{-2} - 0.351 * 10^{-2})}{8.9 * 10^{-2}} * 100 = \mathbf{96.056 \%}$$

✓ Par apport à l'azote N₂

$$X_s = \frac{(6.3 * 10^{-3} - 0.175 * 10^{-3})}{6.3 * 10^{-3}} * 100 = \mathbf{97.22 \%}$$

IV.2.2. Calcul du rendement du réacteur R501

IV.2.2.1. En H₂S

Pour un débit de 1000 T/h on a :

$$1000 \frac{T}{h} \longrightarrow 1066.22 \text{ g de soufre}$$

Donc :

$$1 \frac{T}{h} \longrightarrow 1.06622 \text{ g de soufre}$$

✓ **Calcul de la quantité de soufre M_S dans la charge**

Dans notre étude la charge est égale à 14.4 T/h pour une marche de 100 %

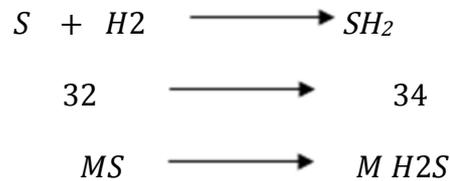
Donc on a :



$$M_S = (14.4 * 1.06622) = \mathbf{15.35}$$

Donc la quantité de soufre dans la charge est égale à **15.35 kg**

✓ **La quantité de H_2S formée**



$$MH_2S = M_S * \frac{34}{32} = 15.35 * \frac{34}{32} = \mathbf{16.31}$$

Donc la quantité de gaz H_2S formé est égale à **16.31 Kg**

✓ **La quantité du gaz H_2S par rapport à la charge huile**

$$M = \left(\frac{16.31}{14400} \right) * 100 = \mathbf{0.11\%}$$

La quantité du gaz H_2S par rapport à la charge huile (SAE30) est égal à 0.11 % pds.

La quantité des produits de sortie sans donner par le tableau suivants :

Tableau IV.5. La quantités des produits du réacteur R501

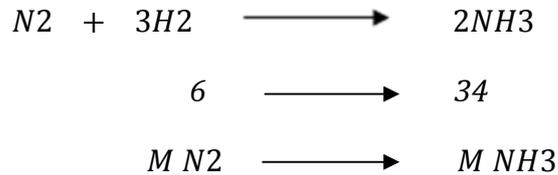
Composition	Quantité (kg)
S	14.97
O ₂	-
N ₂	0.96
Autres	-

Donc :

$$\eta = (14.97 / 15.35) * 100 = 97.53 \%$$

IV.2.2.2. En NH₃

✓ La quantité de NH₃ formée



La quantité de N₂ dans la charge est égale à **0.92 kg**

$$MNH_3 = MN_2 * \frac{34}{6} = 0.92 * 34/6 = 5.21$$

Donc la quantité de gaz NH₃ formé est égale à **5.21 Kg**

La quantité du gaz NH₃ par rapport à la charge huile (SAE30) est égal à 0.036 % pds.

Donc :

$$\eta = (0.92 / 0.96) * 100 = 95.83 \%$$

Résultats du désign

Tableau IV.4. Le rendement du réacteur R501

Composition	rendement
S	97.86
O ₂	-
N ₂	96.01
Autres	97.66

IV.2.2.3. Le rendement général du réacteur H501

Le rendement d'un réacteur η est défini comme le rapport du débit massique des produits par rapport le débit de charge tel que :

$$\eta (\%) = \frac{Q_{produits}}{Q_{charge}} * 100$$

Sachant que Q_{produits} : débit de charge entrée (14400kg)

Q_{produits} : débit de charge sortie (14101.6 kg)

Donc

$$\eta (\%) = (14001.6/14400) * 100 = \mathbf{97.23\%}$$

Interprétation des résultats :

D'après nos résultats, les rendements du réacteur R501 sont très satisfaisant si l'on compare avec les rendements du désigne. Ceci peut être expliqué par la faible quantité des impuretés présente lors de la réaction de désulfuration.

Conclusion générale

Pour satisfaire les besoins en lubrifiants du point de vue qualité, il nous a été confié la tâche d'étudier l'évaluation des performances de l'unité 500 de la raffinerie d'Arzew, plus précisément le four H501 et le réacteur catalytique R501.

suivie du procédé de traitement des lubrifiants par la récolte des données concernant les différents paramètres de marche de chaque équipement (fraction molaire, concentrations, températures, débits) nous a été indispensable pour entamer la phase de calcul.

Après avoir déterminé la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion du fuel gaz ainsi que la quantité de fumée dégagée, nous avons procédé au calcul du rendement du four H501.

Passons brièvement en revue les principaux résultats trouvés:

- ✓ la quantité chaleur dégagé du four est de : **6312924,349 kcal/h**
- ✓ les pertes de chaleur par paroi sont de : **157823.1087kcal/h**
- ✓ les pertes de chaleur par fumées sont de: **755990.4041 kcal/h**
- ✓ le rendement du four est de **85,52%**

Le rendement réel est inférieur au design à cause des pertes de chaleur aux niveaux des fumés dégagées. Pour remédier à ce problème, la chaleur des fumés peut être recyclée par réchauffage de l'air de combustion dans un échangeur de chaleur dans lequel les fumées sont refroidies par l'air nécessaire pour la combustion.

Dans le réacteur catalytique R501, le taux de conversion de la réaction par rapport au soufre et azote éliminé sont de : **96%** et **97,22%** respectivement. Les rendements du réacteur en termes de H₂S et NH₃ formé sont: **97,53%** et **97,23%** respectivement.

Le rendement total du réacteur est de **97,23%**, qui est un rendement très satisfaisant.

Bibliographie :

- [1] **BENZIDANE Mohamed et al**, " L'optimisation de la nouvelle unité de traitement des effluents de **RA1/Z**, et l'étude de sa compatibilité avec les normes ", mémoire de master en Ingénierie biomoléculaire, Université **d'USTO, ORAN, 2014**.
- [2] Documentation du complexe **RA1/Z**.
- [3] **J.AYEL, M.GANIER** " le lubrifiant véritable matériau de construction " Centre technique des industries mécanique, publié en **1992**.
- [4] Raffinage et génie chimique. Tome I et II. (**P. Whittier**).
- [5] Raffinage du pétrole. Tome I (**Shems-Eddine Chitour**).
- [6] Manuel opératoire sur les procédés de Fabrication des huiles de base "au niveau de la raffinerie d'Arzew".
- [7] **C. E. CHITOUR** "raffinage de pétrole: la propriété physique d'hydrocarbure et des fractions pétrolières" (**Tome 1**).
- [8] Manuel opératoire sur les procédés de fabrication des huiles de base "au Niveau de la raffinerie d'Arzew".
- [9] **AEK. Kiarnasse** ,: mémoire d'ingeneffectué au niveau de la raffinerie d'Arzew présenté (**Boumerdess. Promotion 1995/1996**).
- [10] Manuel opératoire d'unité 500 à la raffinerie d'Arzew.
- [11] **J.CRABOL** : Transfert de matière et transfert de chaleur. « Les équipements des unité pétrolières ».
- [12] **A.SKOBLO, I.TREGOUBOVE, N.EGOROV** :« Méthodes et appareils de l'industrie du pétrole. » Edition « Etudes supérieure. » **Moscow**.

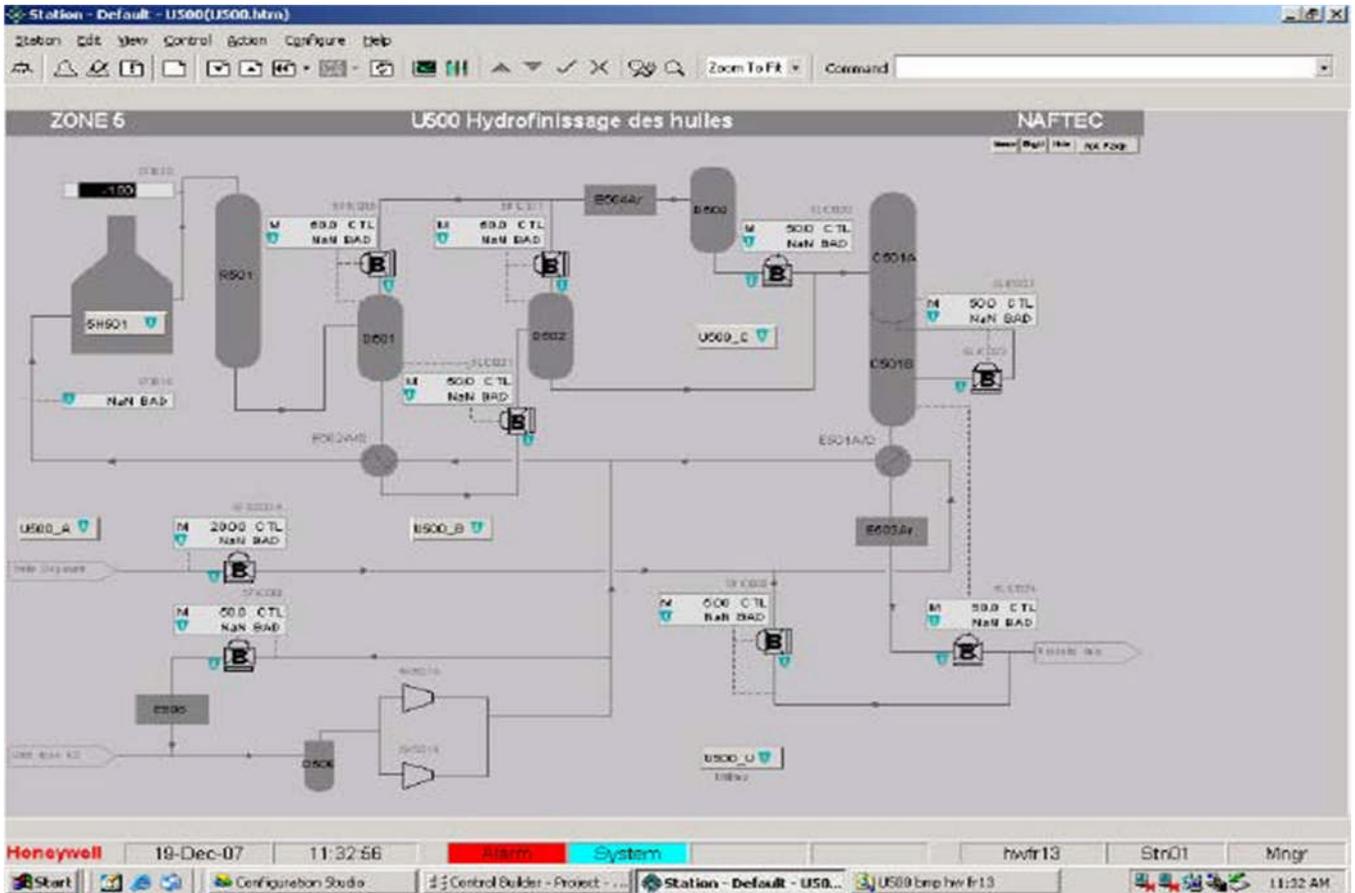
[13] **BENABDI MOURAD**, control d'un système PH-CSTR mémoire de master, Université **Mohamed Khider – Biskra**, 2014.

[14] **EMILIAN KOLLER**, Aide-Mémoire Génie Chimique, **Paris**, Dunod, 2e édition, 2005, page 457.

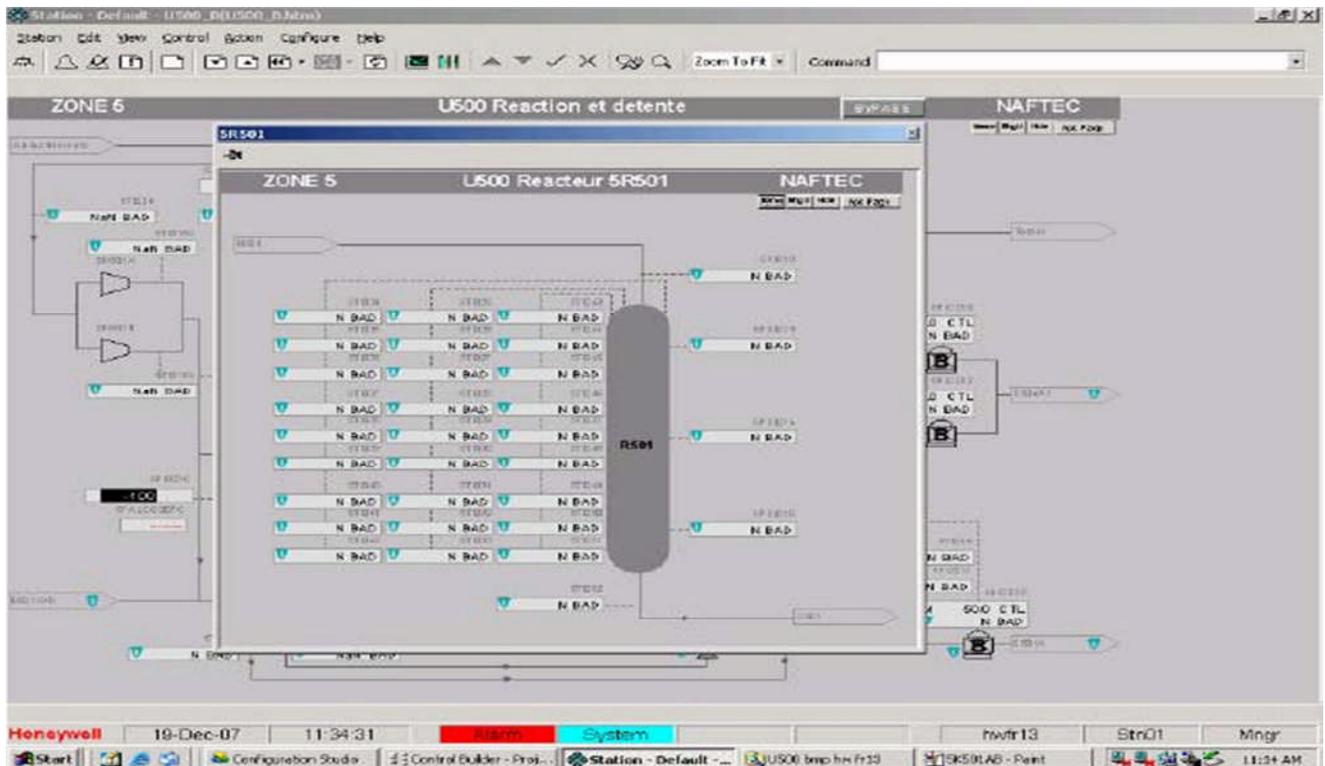
[15] réacteur piston en phase liquide.

www.m5zn.com/newuploads/2014/03/20/pdf/c60df7dd3485ec2.pdf.

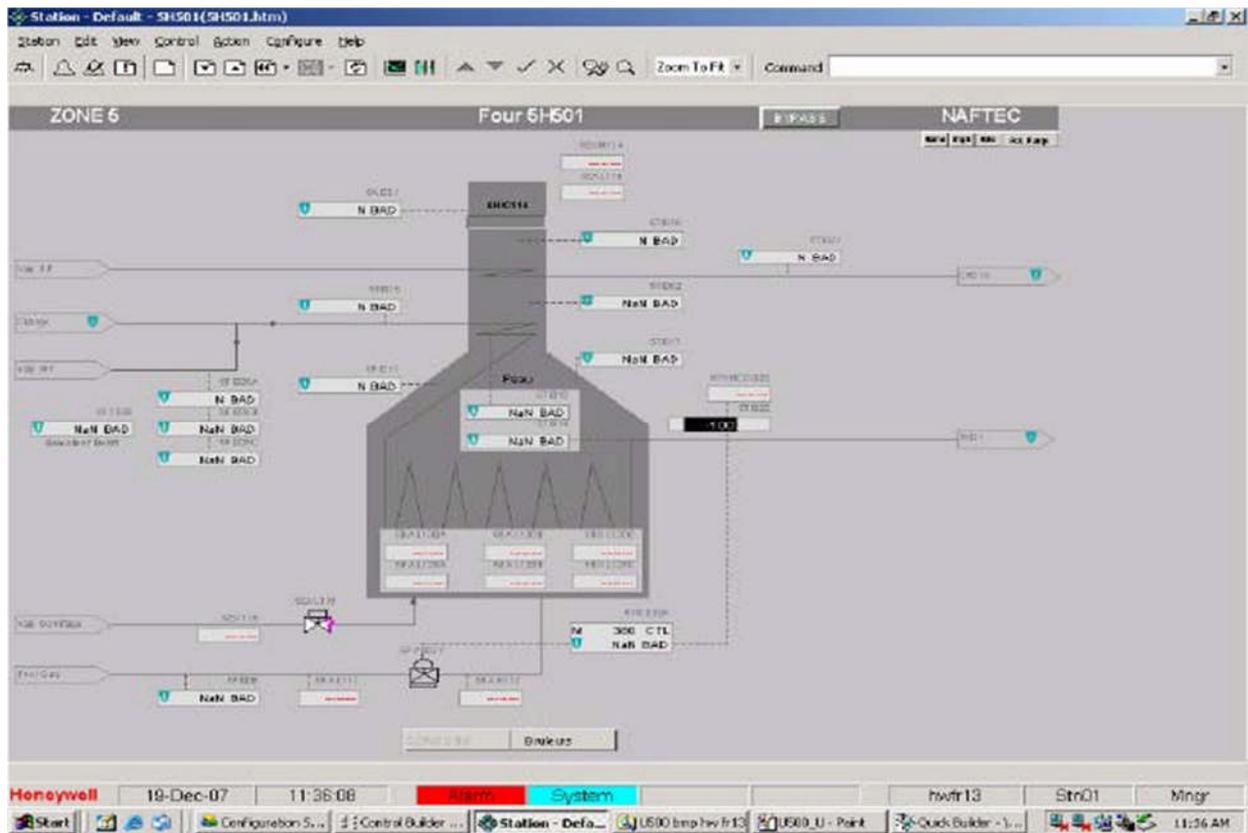
ANNEX



Annex.1 : Synoptique de supervision unité 500



Annex.2 : Synoptique Réacteur R501.



Annex.3 : Synoptiques conduite four H501

UNITES	%	SPO	SAE 10	SAE 30	BS.1	BS.2	DDAO
UNITE 500	50	14.55	9.95	7.2	10.85		10.7
	60	17.46	11.94	8.64	13.02		12.84
	65	18.91	12.93	9.36	14.1		13.91
	70	20.37	13.93	10.08	15.19		14.18
	75	21.82	14.92	10.8	16.27		16.05
	80	23.28	15.92	11.52	17.36		17.12
	85	24.73	16.91	12.24	18.44		18.19
	90	26.19	17.91	12.96	19.53		19.26
	95	27.64	18.9	13.68	20.61		20.33
	100	29.1	19.9	14.4	21.7		21.4
	110	32.01	21.89	15.84	23.87		23.54
	120	34.92	23.88	17.28	26.04		25.68
	130	37.83	25.87	18.72	28.21		27.82
	140	40.78	27.86	20.16	30.38		29.96

Annex.4 : Taux de charge de l'unité 500