



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



N° d'ordre : M2. /IP/2022

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES DE MASTER ACADÉMIQUE

Filière : INDUSTRIES PÉTROCHIMIQUES

Option: GÈNIE PÉTROCHIMIQUE

Thème

**suivi de la réinjection des slopcut dans la charge BRA
dans l'unité 21 de distillation sous vide de la raffinerie
d'arzew**

- 1- ETTAOUI Nourine
- 2- ZAHAF Omar Abdelaziz

Soutenu le 14/07/ 2022 devant le jury composé de :

Présidente : MEKIBES Zohra MCB
Encadrante : MELLOUK Senia MCA
Examinatrice: SOLTANE Khadidja MAA

Université de Mostaganem
Université de Mostaganem
Université de Mostaganem

Année Universitaire 2021 – 2022

DÉDICACES

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos grandes familles pour leurs soutiens et leurs encouragements durant notre parcours d'études .

A nos chers frères et sœurs ainsi qu'à tous nos chers amis et nos collègues de 2^{ème} année master industries pétrochimiques de l'université Sciences Et Technologie de Mostaganem

REMERCIEMENTS

En premier nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage pour mener à fin ce modeste travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadrante Dr MELLOUK. S d'avoir accepté de nous suivre et nous orienter avec ses précieux conseils, sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour l'oreille attentive qu'elle nous a toujours accordée, pour le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer et de nous avoir orientée vers le chemin de la recherche.

Tout l'honneur est pour nous de voir Mme MEKIBES Z, maitre de conférence B à l'université de mostaganem, présider le jury. on la remercie d'avoir accepté de juger le modeste travail et pour sa remarquable modestie.

Que Mme SOLTANE K maitre assistante A à l'université de mostaganem . trouve ici les expressions de gratitudes et de respect pour n'avoir épargné aucun effort pour juger et examiner le travail.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation

Merci

SOMMAIRE

CHAPITRE I : Présentation de la raffinerie d'arzew

| | |
|---|---|
| I- Introduction | 1 |
| I-1 Historique | 2 |
| I-2 La production | 2 |
| I-3 Les installations de production | 4 |
| I-3-1 Production P1 | 4 |
| I-3-2 production P2 | 7 |
| I-3-2-1 Huile de base (HB3) | 8 |

CHAPITRE II : Unité de distillation sous vide

| | |
|--|----|
| II-1 Introduction | 10 |
| II-2 Distillation sous vide | 10 |
| II-2-1 Description de l'unité | 10 |
| II-2-2 Préchauffage de la charge | 11 |
| II-2-3 Chauffage de la charge | 12 |
| II-2-4 Distillation | 13 |
| II-3 Capacité de l'unité | 14 |

CHAPITRE III : Généralités sur les échangeurs de chaleur

| | |
|--|----|
| III-1 Notions de transfert de chaleur | 15 |
| III-1-1 La conduction | 15 |
| III-1-2 La convection | 16 |
| III-1-3 Comparaison entre les deux modes de transfert de chaleur | 16 |
| III-2 Échangeurs de chaleur | 17 |
| III-2-1 Échangeurs de chaleur tubulaire (double tube) | 17 |
| III-2-2 Échangeurs à plaques tubulaires fixes | 18 |
| III-2-3 Échangeurs à tête flottante | 18 |
| III-2-4 Échangeurs à tubes en U | 18 |
| III-2-5 Échangeur à ailettes | 20 |
| III-2-6 Échangeur tubulaire | 21 |

| | |
|--|----|
| III-3 Les fonctions des échangeurs de chaleur | 23 |
| III-3-1 La fonction réfrigération | 23 |
| III-3-2 La fonction réchauffage | 23 |
| III-3-3. La fonction vaporisation | 23 |
| III-4 Principaux organes d'un échangeur de chaleur | 24 |
| III-4-1 La calandre | 24 |
| III-4-2 Les tubes | 24 |
| III-4-3 Les chicanes et plaques supports | 25 |

CHAPITER IV : Calculs et Interprétations

| | |
|--|----|
| IV-1 Introduction | 26 |
| IV-2 Identification de la modification | 26 |
| IV-3 Utilisation des slop cut | 26 |
| IV-3-1 Bilan de matière | 27 |
| IV-3-1-1 Bilan global sur la charge | 29 |
| IV-3-2 Bilan énergétique | 30 |
| IV-4 calculs et Interprétations | 33 |
| IV-5 conclusion générale | 36 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau I-1 : Produits de la raffinerie d'ARZEW | 4 |
| Tableau II-2 : Les propriétés de charge | 14 |
| Tableau II-3 : Les températures et pressions des produits soutirés | 14 |
| Tableau III-1 : Avantages et inconvénients d'un échangeur de tube en U | 20 |
| Tableau III-2 : Avantages et inconvénients d'un échangeur à ailettes | 21 |
| Tableau III-3: Avantages et inconvénients d'un échangeur tubulaire | 23 |
| Tableau III-4: Normes des tubes en fonction de la disposition | 25 |
| Tableau IV-1 : augmentation des rendements depuis 1992 | 27 |
| Tableau IV-2: Distillats du BRA avant réinjection des slopcut | 28 |
| Tableau IV-3: Distillats du BRA après réinjection des slopcut | 28 |
| Tableau IV-4 :Données de base de l'échangeur E8 | 34 |
| Tableau IV-5 :Tableau récapitulatif des résultats obtenus | 35 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure I-1/ Les différentes zones de la raffinerie d'Arzew | 3 |
| Figure II-1/ Unité de distillation sous vide..... | 12 |
| Figure III-1/ Échangeur tubulaire (double tube) | 19 |
| Figure III-2/ Échangeur à plaques..... | 19 |
| Figure III-3/ Échangeur à tête flottante..... | 19 |
| Figure III-4/ Échangeur à tubes en U | 20 |
| Figure III-5/ Échangeur à ailettes | 21 |
| Figure III-6/ Échangeur tubulaire..... | 22 |
| Figure III-7/ Chicane de la calandre | 22 |
| Figure III-8/ Les dispositions des tubes | 24 |
| Figure III-9/ Orientation des tubes vis-à-vis l'écoulement du fluide | 24 |
| Figure III-10/ Chicane et plaques de supports | 25 |

INTRODUCTION

Le raffinage est un ensemble qui met en œuvre des procédés variés. Ces transformations doivent s'effectuer de la manière la plus sûre et la plus automatique possible. La structure d'une raffinerie évolue constamment pour satisfaire la demande quantitative et qualitative du marché de l'énergie chaque jour plus exigeant. Dans ces conditions, la recherche de procédés nouveaux et l'amélioration de la productivité demeurent un objectif permanent.

Notre travail dans cette étude consiste à la réinjection des slopcut dans le résidu atmosphérique brut (BRA) avant sa distillation sous vide dans le but d'augmenter la production des distillats, notamment le distillat VO puis de suivre l'influence de cette modification sur le bon fonctionnement de l'unité de distillation.

Le suivi consiste à effectuer un bilan de matière dans la colonne de distillation sous vide et un calcul énergétique dans l'échangeur E8 de l'unité 21 de distillation sous vide de la raffinerie d'Arzew.

Le plan de travail commence par un premier chapitre où on présente brièvement la raffinerie d'Arzew. La deuxième partie est consacrée au fonctionnement de l'unité de distillation sous vide. Des généralités sur les échangeurs de chaleur ont été citées dans la troisième partie et en dernier, un bilan de matière et un calcul énergétique ont été effectués.

L'étude est finalisée par une conclusion générale

CHAPITRE I

Présentation de la raffinerie
d'arzew

PRÉSENTATION DE LA RAFFINERIE D'ARZEW

I-1 Historique

La raffinerie d'Arzew dénommée (RAIZ) est une unité productrice qui traite la richesse de notre sous-sol en produits rentables tenant compte de leur qualité. Elle a été réalisée dans le cadre du premier plan quadriennal (1970 - 1973), sa construction à été confiée à la société japonaise (JAPAN GASOLINE CORPORATION) les travaux de construction furent lancés le 19 Juin 1970, le démarrage des unités débuta en juillet 1972, l'ensemble des unités était en service dès mars 1973. La raffinerie d'Arzew a une superficie de 170 hectares, le complexe est situé dans la zone industrielle d'Arzew sur le plateau d'EL-MOHGUEN à 30 km de la ville d'ORAN, elle consomme 25.000 (m³ /h) de gaz naturel et 10.000 (m³/ jour) d'eau de barrage de Fergoug (une retenue d'eau de la wilaya de Mascara en Algérie) et traite actuellement ^[1] :

- ✓ 2.5 millions de tonnes de pétrole brut acheminé par pipeline des champs de HASSI MESSAOUD ;
- ✓ 300.000 tonnes de brut réduit importé pour la production des bitumes.

I-2 La production

Pour faire face à sa mission, la raffinerie s'est dotée des moyens humains, matériels et financiers pour répondre aux impératifs suivants :

- Production des produits nécessaires à la satisfaction de la demande du marché national adaptés en qualité qu'en quantité ;
- Consommation en carburants ;
- Consommation en produits lubrifiants ;
- Consommation en bitumes ;
- Exportation des produits finis excédentaires (Naphta, Kérosène, Gas-oil, Fuels, Huiles de base).

La gamme de production de la raffinerie est très diversifiée, le tableau I-1 énumère ces produits



Figure I-1/ Les différentes zones de la raffinerie d'Arzew

Tableau I-1 : Produits de la raffinerie d'ARZEW

| Produits de la raffinerie | Production (T/h) |
|---------------------------|------------------|
| Propane | 15000 |
| Butane | 70000 |
| Essence normale | 450000 |
| Essence super | 85000 |
| Kerosene | 120000 |
| Gas-oil | 980000 |
| Lubrifiants | 160000 |
| Fuel HTS | 70000 |
| Fuel BTS | 550000 |
| Graisses | 7000 |
| Paraffines | 4000 |
| Bitume routier | 120000 |
| Bitume oxydé | 20000 |

I-3 Les installations de production

La raffinerie d'Arzew comprend deux départements de production, la figure I-1 illustre les différentes zones de ce complexe.

I-3-1 Production P1

Elle concerne la production des carburants, des lubrifiants par traitement du pétrole brut de Hassi Messaoud comme charge et le brut réduit importé pour la production des bitumes, composée de plusieurs zones à savoir :

A- Zone 3 (utilités)

Les utilités air, vapeur, eau, électricité, gaz sont indispensables pour les unités de traitement, la zone 3 regroupe les unités suivantes:

- Unité 31 : Production de la vapeur d'eau haute pression par trois chaudières, la vapeur produite sert au stripping et comme énergie motrice des turbo-générateurs.

- Unité 32 : Production de l'eau distillée à l'aide de deux évaporateurs; l'eau obtenue par évaporation puis condensée est stockée dans le bac T601 avant d'être utilisée comme eau alimentaire pour les chaudières.
- Unité 33: La tour utile a réfrigérer l'eau de procédés utilisée pour les opérations de refroidissement des produits.
- Unité 34 : Les unités de traitement alimentées en électricité par deux sources une locale assurée par un turbo-générateur fonctionnant à la vapeur d'eau HP donnant 4 MW et une source d'alimentation du réseau national Sonelgaz.
- Unité 35 : Les gaz de combustion au niveau des chaudières et des fours de la raffinerie sont de deux types:
 - Gaz naturel provenant de RTO à 25 bars détendu à 3,5 bars
 - Gaz de raffinerie (zone 4)

Ces combustibles sont stockés dans le ballon de stockage 35D1.

- Unité 36: L'air atmosphérique est comprimé par cinq compresseurs pour produire de l'air service et instrument, ce dernier est obtenu après séchage d'une partie de l'air service dans deux sécheurs.
- Unité 67: Aire d'implantation des diesels et motopompes incendie ainsi que les bacs d'eau incendie qui sont utilisés en cas de feu, tout le réseau est maintenu à une pression moyenne de 8 bars ^[1].

B - Zone 4 (Carburants)

C'est la zone de fractionnement du pétrole brut en différentes coupes (GPL, LSRN, NAPHTA, LGO, HGO) ; elle comprend trois unités:

- Unité 11: Distillation atmosphérique composés de deux sections:

La Section de fractionnement principale: Dans la colonne 11C1 de distillation atmosphérique à une température de 332°C, le brut est fractionné. La température est atteinte par un chauffage de la charge à travers une batterie d'échange de chaleur ayant comme reflux les produits soutirés, puis le four 11Fl. Ces produits soutirés latéralement (Kérosène, LGO, HGO) sont refroidis puis stockés.

Le produit de fond de colonne (BRA ou résidu atmosphérique brut) après refroidissement et stockage sert comme charge pour la production des huiles de base.

Les vapeurs de tête de colonne sortants au sommet sont refroidis, condensées pour alimenter la section de stabilisation : La section stabilisation a pour but la séparation des produits sortants du sommet de 11C1 en essences LSRN et HSRN dans la colonne 11C5.

Le HSRN sort du fond, par contre les gaz sortants du sommet sont refroidis, condensés et divisés en deux lignes, une sert comme reflux de la 11C5, l'autre alimente le stabilisateur 11C6 pour produits LSRN. Les gaz de la 11C6 qui sont riches en GPL alimentent l'unité de gaz U13, la partie non condensée du ballon de reflux 11D6 est strippée dans la 11C7 avec le gaz de l'unité 12 et de l'unité 13, le sommet de l'absorbeur 11C7 est envoyé comme gaz combustible et le fond est recyclé vers 11C5.[1]

- Unité 12 : cette unité sert à produire du platforming à partir du HSRN de l'unité 11 à cause du soufre, de l'oxygène, de l'azote et d'autres composés indésirables qui empoisonnent le catalyseur du platforming qu'une section hydrobon est destinée à éliminer ces poisons par hydrogénation et en même temps la saturation des oléfines. Le réacteur hydrobon 12C1 porte un catalyseur S9 à base de cobalt molybdène / alumine où se produisent les réactions de désulfuration, dénitrification et élimination des métaux. Le gaz riche en hydrogène sortant de la section hydrobon est envoyé vers les unités hydrofinishing U25, U500, le reste est envoyé comme fuel gaz, tandis que le HSRN traité passe dans la section de platforming .ce dernier est un procédé catalytique avec un catalyseur (R62) sélectif à base de (Pt/Rh) /(Al).

- Unité 13 : Son rôle est de séparer le propane et le butane à partir de la section de stabilisation (U11) et du platforming. La charge passe dans un ballon tampon de GPL pour éliminer les incondensables, la partie liquide alimente le déethaniseur après réchauffage où se passe une séparation C3/C4 et les composés légers. Le mélange de fond C3 et C4 subit un fractionnement dans un dépropaniseur puis envoyés vers le stockage.

C - Zone 7 : Les Huiles de base ^[2]

Cette zone a pour tâche la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA). Le processus de traitement est comme suit:

- Unité 21 : Distillation sous Vide
- Unité 22 : Désasphaltage au propane
- Unité 23 : Extraction au furfural
- Unité 24 : Déparaffinage au MEC/Toluène:
- Unité 25 : Hydrofinishing:

D- Zone 6 : Les huiles finies

C'est une zone de production et conditionnement des huiles finies et de la graisse à partir des huiles de base de la zone 7 en ajoutant des additifs chimiques importés.

E- Zone 28 : Stockage et expédition

Cette zone renferme les intermédiaires et aire de stockage des produits finis et charges tel que le brut HMD et BRA, elle comprend aussi les bassins API/PPI de récupération des eaux slopées des différentes unités de production, où elles sont traitées avant d'être rejetées vers la Mer[1]

F- Zone 10 : Les Bitumes

- Unité 14 : Bitume routier

Après une série de préchauffage par des échangeurs et un four, la charge BRA alimente la colonne de flash sous vide où on obtient les coupes de gasoil (LVGO , MYGO , FIVGO) et un résidu S/V qui va subir une oxydation au niveau de l'unité 15.

- Unité 15 : Bitume oxydé

Elle traite une charge constituée d'un mélange approprié de résidu S/V et HVGO en provenance de l'unité de flashing S/V et a pour objectif l'augmentation du point de ramollissement.

I-3-2 Production P2

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants, la réalisation d'un ensemble de production de 120.000 t/an d'huile de base fut lancée par NAFTAC. Le démarrage a eu lieu en 1983, cet ensemble comprend trois zones

G - Zone 19 : Utilités

Elle a les mêmes tâches que la zone 3 de la production P1, son objectif est d'assurer le fonctionnement d'une manière autonome de la chaîne de production des huiles de base. Elle est composée des unités suivantes

- Unité 1100: Production de la vapeur HP, à partir de trois chaudières d'une capacité de 45 (T/h) à une pression de 50 bars puis un poste de détente d'où on obtient la vapeur HP à 25 bars et 3 bars.
- Unité 1200: Un turbogénérateur d'une puissance de 9MW MAXI. Assurant l'autonomie totale des unités de production en électricité.
- Unité 1300: Tour de réfrigération de l'eau de refroidissement.
- Unité 1400 : Alimentation au fiel gaz.
- Unité 1500 : Air service et air instrument.
- Unité 1600 : Production d'eau distillée par un évaporateur.
- TK 1601 : Eau brut réceptionnée du barrage Fergoug.
- TK 1602 : Eau filtrée utilisée comme appoint pour la tour.

- TK 1101 : Eau distillée.
- TK 1604 : Eau potable.
- Unité 1800: Traitement de eaux usées de P2.
- Unité 280 : Production de gaz inerte.

H- Zone 5 : Huile de base (HB3, HB4) [2]

Elle se compose de 6 unités pour produire les huiles de base (SPO, SAE10, SAE30, BS) à une capacité de 120.000 (T/an), le traitement se fait de la même manière que dans la zone 7.

I-3-2-1 Huile de base (HB3)

- Unité 100 : Distillation sous vide

Cette unité est destinée à préparer les distillats qui sont transformés en huiles de base. La charge de cette unité est le résidu atmosphérique brut (BRA), qui alimente la colonne sous vide après chauffage. Au sommet, on obtient le gasoil (VGO), les distillats (SPO, MVO, VO) sont soutirés latéralement et au fond le résidu sous vide (RSV) qui sert comme charge pour l'unité 200.

- Unité 200: Désasphaltage au propane.

Extraction à partir de RSV des asphaltes en utilisant le propane comme solvant. A partir du RDC, l'huile désasphaltée (DAO) est soutirée en tête tandis que le mélange asphalte plus solvant est récupéré au fond de colonne.

- Unité 300: Extraction au furfural.

Extraction des aromatiques des distillats sous vide et de la DAO afin d'augmenter leur indice de viscosité, ce procédé est réalisé en présence d'un solvant sélectif le furfural.

- Unité 150: Hot oil cette unité est conçue pour fournir de la chaleur aux différents traitements des unités 200, 300, 400, elle utilise l'huile MVO comme fluide caloporteur.[1]

I-3-2-2 Huile de base (HB4)

- Unité 400 : Déparaffinage au MEC / Toluène

L'objectif de cette unité est d'abaisser le point d'écoulement des huiles base, et ceci en éliminant les molécules paraffiniques à point de cristallisation élevé. Le solvant utilisé est le MEC/Toluène qui a un pouvoir de dissoudre l'huile et précipiter les paraffines

- Unité 500 : Hydrofinishing

Elimination des composés indésirables que peut contenir l'huile (Soufre, Oxygène Azote...) au travers un réacteur catalytique en présence d'Hydrogène et catalyseur à base Co/Mo sur support Alumine. Les produits obtenus sont des huiles de base SPO, MVO, VO et BS.

- Unité 600 : Hydrotraitement de la paraffine

I-Zone 3000 : Huiles finies

L'objectif dans cette zone est la production des huiles finies par l'ajout aux huiles de base des additifs chimiques, leur conditionnement se fait dans des fûts métalliques de 200L et un emballage divisionnaire en PEHD de contenance 5L et 2L, la fabrication des graisses et leur conditionnement dans des pails de 16kg et des pots de 1kg est aussi réalisé dans cette zone.

CHAPITRE II

Unité de distillation sous vide

UNITÉ DE DISTILLATION SOUS VIDE

II-1 Introduction

Dans le langage technique, le vide est une pression inférieure à la pression atmosphérique. La technique moderne offre de grandes possibilités d'obtention de produits à basse pressions. Le vide est comme un véritable outil de travail au même titre que la chaleur. Il apporte des avantages importants sur le facteur qualité des produits et économie de l'énergie.

Afin de pouvoir travailler dans des conditions moins sévères de température et de pression et éviter le phénomène de décomposition et de cracking, on procède à une baisse de pression de service ce qui va en parallèle avec les baisses de températures.

La distillation initiale du pétrole brut, consiste à fractionner le brut en une série de coupes (fractions) élémentaires. La séparation se fait généralement dans une colonne fonctionnant sous pression atmosphérique. Le résidu provenant de cette colonne appelé brut réduit atmosphérique (BRA), représente 30 à 40% du volume de pétrole brut traité^[1].

Pour mettre en valeur ce brut réduit, il est intéressant de pouvoir le fractionner. Cela se fait dans une colonne de distillation sous vide.

Cette unité de raffinage fractionne le brut réduit en plusieurs constituants qui représentent la matière première pour la fabrication des lubrifiants^[3].

II-2 Distillation sous vide

II-2-1 Description de l'unité

L'installation présentée dans la figure II-1 comporte les éléments principaux suivants :

- ✓ Une tour de distillation sous vide (C1) équipée de 32 plateaux et associée à trois colonnes de stripping (C2, C3, C4) ;
- ✓ Un système de vide qui consiste en une combinaison du pré-condenseur E14, deux groupes d'éjecteurs (J1 et J2) et leurs condenseurs E23, E24 et d'un condenseur barométrique (D1) ;

- ✓ Un four sous vide (F1) comportant le circuit de surchauffage de vapeur ; Une batterie d'échangeurs de chaleur, pour préchauffer la charge et le refroidissement des coupes sous vide ;
- ✓ Un ensemble de pompes destinées à l'alimentation de la charge, à faire circuler les produits dans l'unité et à les évacuer vers le stockage ;
- ✓ Un ballon de reflux.

La distillation sous vide du BRA permet d'obtenir les coupes suivantes :

- Gas-oil léger (VGO) ;
- Distillat spindle (SPO) ;
- Distillat mi-visqueux (MVO) ;
- Distillat visqueux (VO) ;
- Résidu sous vide (RSV).

II-2-2 Préchauffage de la charge

Le brut réduit alimentant l'unité 21 à partir de stockage est préchauffé jusqu'à une température de 280°C par échange de chaleur avec :

- Le reflux circulant dans l'échangeur E1
- MVO dans l'échangeur E2
- Slopcut lourd dans l'échangeur E3.
- VO dans l'échangeur E4
- RSV (utilisé deux fois pour préchauffage) dans les échangeurs E6 et E8.

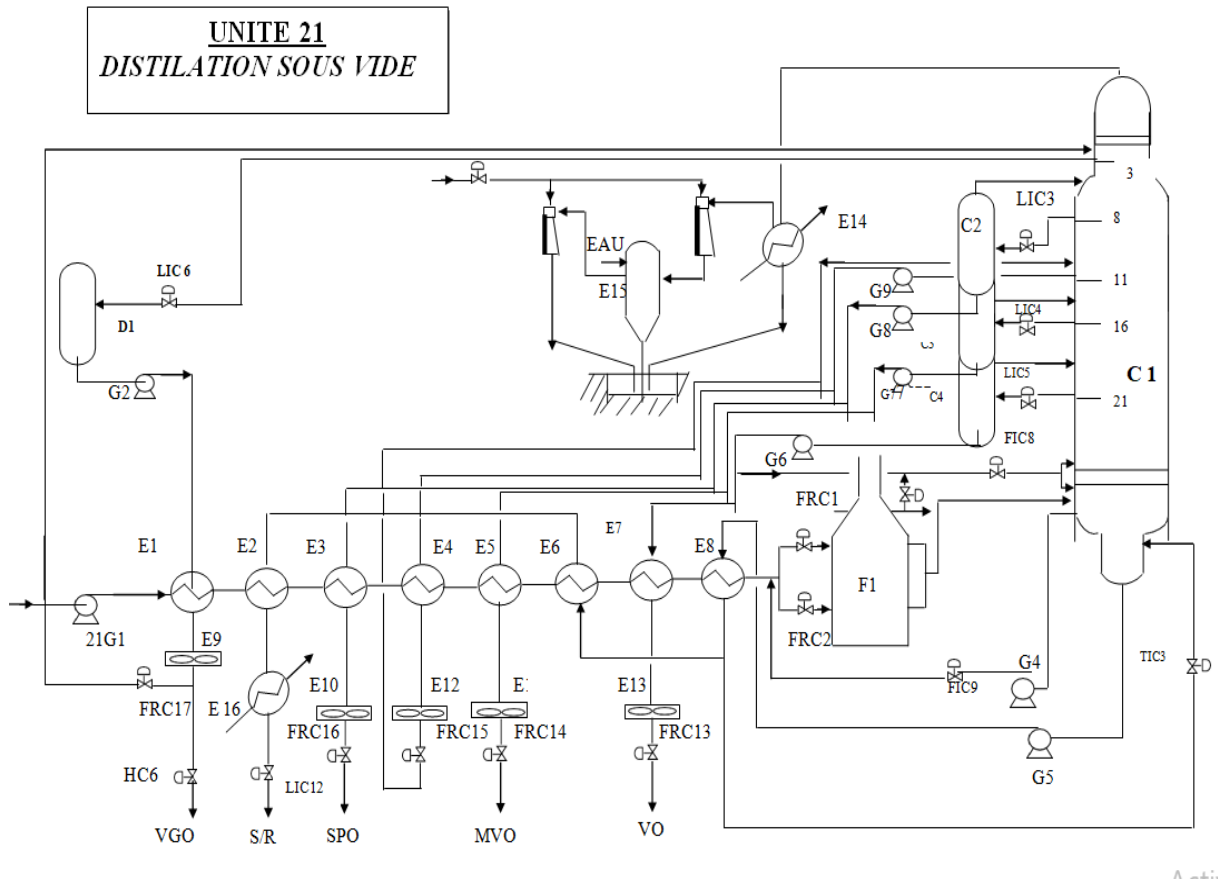


Figure II-1/ Unité de distillation sous vide

II-2-3 Chauffage de la charge

La température requise pour la distillation est obtenue dans le four F1 où la charge est partiellement vaporisée. Le débit est réparti en deux passes à l'entrée du four cela permet un bon contact avec la chaleur.

De la vapeur est injectée dans les tubes avec la charge dans la zone de radiation de façon à limiter le cokage.

La chaleur des fumées du four sert également à surchauffer la vapeur basse pression (BP) utilisée dans l'unité comme vapeur de stripping.

II-2-4 Distillation

La charge chauffée à la température de service 375°C, pénètre dans la zone de flash de la colonne sous vide où elle est séparée en deux phases vapeur et liquide. La phase vapeur ascendante est fractionnée en quatre coupes latérales au contact de deux reflux circulants, tandis que le liquide descendant dissout quelque fractions légères est strippé avec la vapeur surchauffée au fond de la colonne. Ces fractions légères seront récupérées dans les coupes latérales en distillats. La condensation des produits est assurée par l'injection de la quantité de reflux nécessaire pour satisfaire le bilan enthalpique de la colonne. Les différents produits soutirés et refroidis sont les suivants ^[4] :

a- Gasoil sous vide (VGO)

Le Gasoil sous vide (VGO) est soutiré du plateau n° 30 de la colonne sous vide à 102°C vers le ballon de reflux D1 avant d'être refroidi dans l'aéro-réfrigérant E9, une partie est utilisée comme reflux et l'autre partie est envoyée vers stockage.

b- Spindle (SPO)

Le distillat est soutiré du plateau n°23 à 265°C et envoyé vers le stripper C2 où il est strippé à la vapeur surchauffée. SPO sortant du C2 est envoyée vers stockage à 80°C après passage à travers les échangeurs E3 et E10.

c- Mi-visqueuse (MVO)

Le distillat mi visqueux est soutiré du plateau N° 16 à une température de 310°C puis envoyé au stripper C3 où il est strippé à la vapeur surchauffée. La MVO sortante est envoyée vers stockage après le passage à travers les échangeurs E5, et E11.

d- Visqueuse (VO)

Le distillat VO est soutiré du plateau PII à une température de 345°C, puis envoyé au stripper C4 où il est strippé à la vapeur surchauffée. Après passage à travers les échangeurs E7, et le E13, l'huile est envoyée vers le bac de stockage à 80°C.

e- Fond de la colonne (RSV)

Le distillat RSV est soutiré du fond de la colonne de distillation à une température de 351.4 °C, il sert à chauffer deux fois la charge à l'aide de des échangeurs E6 et E8, ensuite il est envoyé vers stockage après le passage à travers les échangeurs E16

f- Coupes intermédiaires

- Slopcut léger est soutiré du plateau n°20 situé entre le SPO et le MVO à une température de 284 °C puis envoyé vers le bac à une température de stockage de 80°C

- Slopcut lourd est soutiré du plateau n°13 situé entre le MVO et VO à une température de 324°C, il est ensuite il est envoyé vers le bas à une température de stockage de 80°C

II-3 Capacité de l'unité

L'unité est prévue pour fonctionner 333 jours/an et traiter 451548 T/an de résidu atmosphérique obtenu à partir de pétrole brut de Hassi- Messaoud. Cette capacité est suffisante pour la production des grades d'huiles de base de qualité requise.

La charge d'alimentation est de 1495 m³/jour. Les propriétés de charge et les conditions opératoires de distillation sous vide sont illustrées dans le tableau II-2, le tableau II-3 donne la pression et la température des produits soutirés à leurs sorties de l'unité de distillation sous vide.

Tableau II-2 : Les propriétés de charge

| Taux d'alimentation (T/an) | Densité à 15°C | Point flash (°C) | Point d'écoulement (°C) |
|--|----------------|------------------|-------------------------|
| 451548 | 0.90710 | 190 | 20 |
| Conditions opératoires de la colonne sous vide | | | |
| Zone de flash | | Tête de colonne | |
| 110 à 120 mmHg | 360°C | 60 mmHg | 60 à 70 °C |

Tableau II-3 : Les températures et pressions des produits soutirés

| | Température (°C) | Pression effective (bar) |
|---------------|------------------|--------------------------|
| VGO | 102 | 3 |
| SPO | 265 | 4 |
| MVO | 310 | 4 |
| VO | 345 | 4 |
| RSV | 351.4 | 4 |
| Slopcut léger | 284 | 4 |
| Slopcut lourd | 324 | 4 |

CHAPITRE

III

Généralités sur les échangeurs de chaleur

GÉNÉRALITES SUR LES ÉCHANGEURS DE CHALEUR

III-1 Notions de transfert de chaleur

Les procédés technologiques utilisés dans l'industrie chimique et pétrochimique nécessitent l'installation d'appareils d'échange de chaleur pour chauffer ou refroidir les fluides selon la demande du procédé.

Dans les installations modernes les échangeurs représentent près de 30% des investissements, c'est pour cette raison qu'on donne une grande importance à l'étude de ces appareils de transfert de chaleur. L'échange de chaleur se fait selon trois modes : la conduction, la convection et le rayonnement ^{[5][6]}.

III-1-1 La conduction

La conduction est un mode de transfert de chaleur entre deux solides en contact ou un solide et un fluide immobile, il correspond alors à la transmission de l'énergie cinétique due aux chocs élastiques de molécules fluides, aux oscillations longitudinales des molécules de solides non conducteurs d'électricité ou aux mouvements des électrons dans les autres cas. Les lois fondamentales du transfert de chaleur par conduction sont en complète analogie avec celles de la conduction électrique. Elle est régie par la loi de FOURIER suivante ^{[5][6]} :

$$\Phi = dQ / (dA \cdot dt) = -\lambda (dT / dx) \quad \text{(III-1)}$$

$$dQ = (-\lambda dT / dx) \cdot A \quad \text{(III-2)}$$

λ : Conductivité thermique du solide (W/m °C)

Φ : Flux de chaleur (W)

Q : Quantité de chaleur transmise (J)

dT : Différence de température (°C)

A : Surface d'échange perpendiculaire au flux Φ (m²)

dx : épaisseur (m)

III-1-2 La convection

La convection est le transfert de chaleur entre un solide et un fluide en mouvement. Ce mode de transfert est donc essentiellement régi par les lois des écoulements des fluides.

La formule de la transmission de chaleur par convection est donnée par la loi de NEWTON suivante^{[5][6]} :

$$\Phi = h \cdot F \cdot \Delta t \quad (\text{III-3})$$

h : Coefficient de transfert de chaleur ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

F : Surface d'échange (m^2)

Δt : Différence de température ($^\circ\text{C}$)

III-1-3 Comparaison entre les deux modes de transfert de chaleur

Le transfert de chaleur par convection est beaucoup plus rapide que le transfert de chaleur par conduction. Pour illustrer ceci on peut prendre l'exemple d'une tasse de café:



Si on laisse la tasse se refroidir toute seule, l'échange de chaleur se fera par **conduction** et lentement, il y a plusieurs corps et fluide qui échangent de la chaleur : le café vers la tasse, le café vers l'atmosphère.



Si on agite le café avec une cuillère, et qu'on crée une turbulence l'échange se fait par **convection** et la tasse se refroidit plus vite.

Donc les turbulences engendrées par la cuillère permettent un refroidissement plus rapide

III-2 Échangeurs de chaleur

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides.

La plupart du temps, on utilise cette technique pour refroidir ou réchauffer un liquide ou un gaz qu'il est impossible ou difficile de refroidir ou chauffer directement, par exemple l'eau d'un circuit primaire de refroidissement d'une centrale nucléaire. L'échangeur de chaleur le plus commun est celui à plaques. De nouveaux échangeurs à fils permettent des échanges eau /air à très faible écarts de température en chauffage ou refroidissement.

Un échangeur de chaleur est un dispositif dans lequel se réalise un transfert thermique entre deux milieux du à une différence de température entre les milieux. Dans les maisons à très basse consommation énergétique ou à énergie positive, un système de ventilation à double flux peut intégrer un échangeur réchauffant l'air entant avec les calories prélevées dans l'air sortant. L'échange de chaleur peut se faire de plusieurs façons :

- a- À courant parallèle : les deux fluides sont disposés parallèlement et circulent dans le même sens
- b- À conte courant : les courants vont dans des sens opposés.
- c- À courant croisés : les deux fluides circulent perpendiculairement l'un et l'autre ^[7] .

III-2-1 Échangeur tubulaire (double tube)

Un échangeur tubulaire peut être considéré comme l'échangeur de chaleur le plus simple, il est constitué de deux tubes concentriques, raccordés à chaque extrémité par des coudes (figure III-1). Un des fluides circule dans le tube interne alors que le second passe dans l'espace entre les deux tubes. Facile à nettoyer ou à réparer, il permet de manipuler des liquides à hautes pressions. L'échangeur tubulaire possède une petite surface d'échange et permet qu'un échange de chaleur limité, les tubes utilisés sont généralement en acier, les longueurs effectives utilisées couramment, sont de 12, 15, 20 foot (environ de 3 à 6 m).

Il réalise un contre courant pur qui se traduit par un bon rendement par contre, il présente les inconvénients suivants :

- Risque de fuite aux raccords
- Flexion du tube intérieur si la longueur est importante

Et de ce fait, l'utilisation de ces appareils est donc restreinte et limitée aux produits sales, très chauds et de faible débit.

III-2-2 Échangeurs à plaques tubulaires fixes

Celles-ci peuvent être directement soudées sur la calandre (figure III-2), de construction peu onéreuse, ces appareils permettent de loger le maximum de tubes à l'intérieur d'une enveloppe, mais ils ne peuvent être utilisés que si la différence de température entre les fluides chaud et froid est suffisamment faible pour que la dilatation ou la contraction du faisceau soit acceptable. En outre le nettoyage de l'extérieur des tubes ne peut s'effectuer que par voie chimique. Leur emploi en raffinerie reste donc très limité.

III-2-3 Échangeurs à tête flottante

L'une des plaques tubulaires est fixe, bloquée entre les brides de la calandre et la boîte de distribution. La seconde plaque, d'un diamètre inférieur, porte la boîte de retour et peut coulisser librement à l'intérieur du capot qui ferme la calandre ces appareils permettant l'expansion thermique du faisceau ainsi que son nettoyage mécanique, constituent presque la totalité des échangeurs utilisés en raffinerie.

III-2-4 Échangeurs à tubes en U

L'utilisation de tubes coudés en forme d'épingles à cheveux supprime une plaque tubulaire, tout en conservant les propriétés d'expansion de la tête flottante ^[4]. L'économie réalisée des tubes sur le coût d'une plaque tubulaire est compensés par l'impossibilité de nettoyage mécanique de l'intérieur des tubes et un nombre de tubes plus faible que les autres appareils par suite du diamètre minimal de cintrage des tubes obligeant le constructeur à laisser un espace libre au centre du faisceau. Ces faisceaux sont surtout utilisés dans les rebouilleurs à vapeur, le tableau III-1 énumère les avantages et les inconvénients des échangeurs à tubes en U

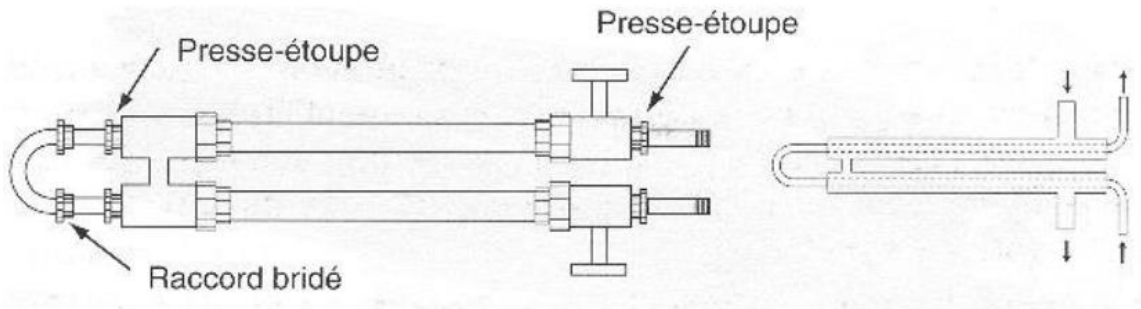


Figure III-1/ Échangeur tubulaire (double tube)

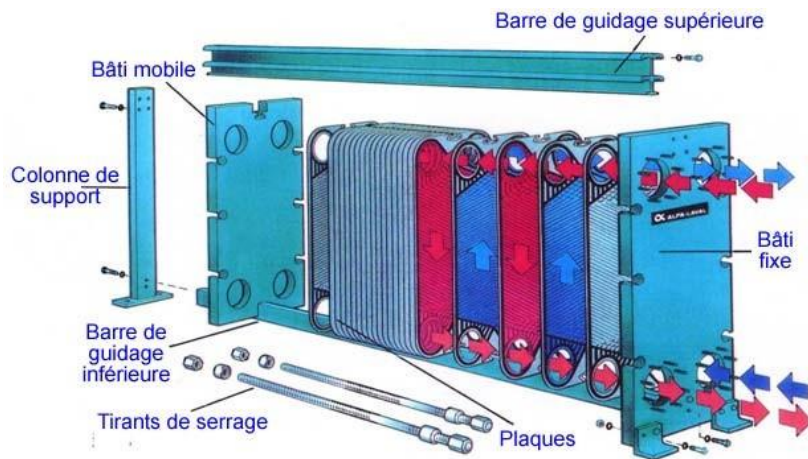


Figure III-2/ Échangeur à plaques

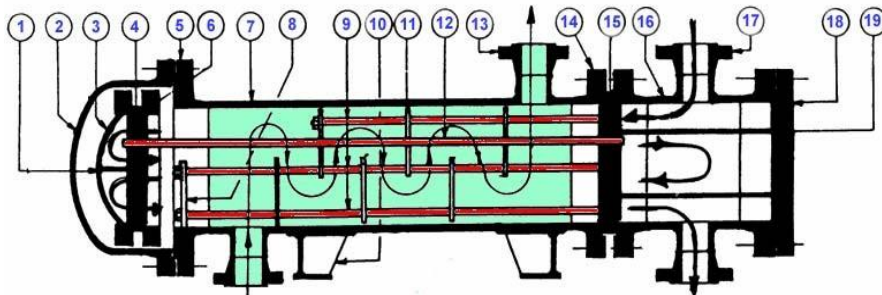
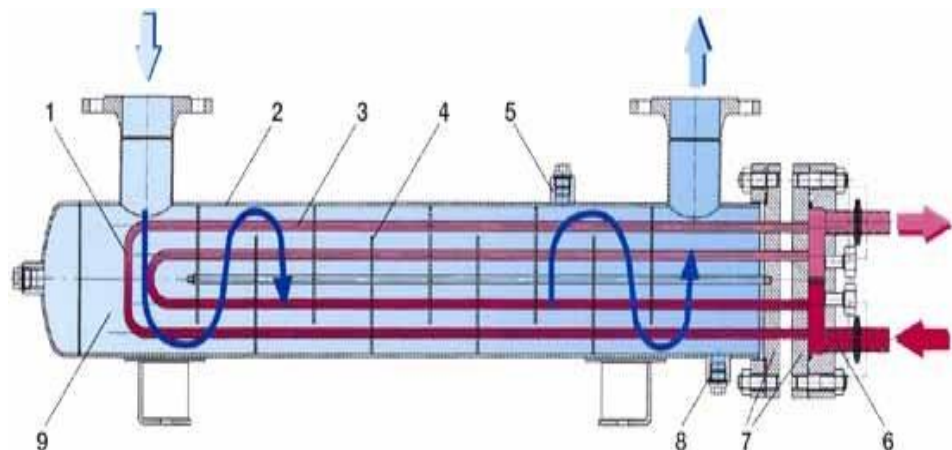


Figure III-3/ Échangeur à tête flottante

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Cloison de couvercle de tête flottante | 11.chicane |
| 2. Couvercle calandre | 12.tube de faisceau |
| 3. Couvercle tête flottante | 13.piquage sur calandre |
| 4. Plaque flottante | 14.bride calandre |
| 5. Bride calandre | 15.plaque fixe |
| 6. Contre bride de tête flottante | 16.boite distribution |
| 7. calandre | 17.piquage sur boite distribution |
| 8. plaque support | 18.couvercle de boite distribution |
| 9. entretoises ettirans | 19.plaque partage sur boite |
| 10. support de l'appareil | |



- 1- Faisceau tubulaire
- 2- Enveloppe
- 3- Intérieur tube
- 4- Chicane
- 5- Raccord évent
- 5- Intérieur boîte à eau
- 6- Plaque tubulaire
- 7- Raccord vidange
- 8- Intérieur enveloppe

Figure III-4/ Échangeur à tubes en U

Tableau III-1 / Avantages et inconvénients d'un échangeur de tube en U

| Avantages | Inconvénients | Utilisation |
|---|------------------------|-----------------------|
| -Résiste aux fortes pressions | -Encombrement | -Eau /Eau |
| -Libres dilatation des tubes et des corps | -Prix de revient élevé | -Eau surchauffée /eau |
| -Toutes puissances | -Débouchage difficile | -Huile/ eau Process |

III-2-5 Échangeur à ailettes

Un échangeur à ailettes est un échangeur relativement simple il consiste en un conduit cylindrique ou rectangulaire sur lequel sont fixées des lames métalliques de différentes formes. Le fluide de refroidissement est en général l'air ambiant. La chaleur est transférée du fluide chaud circulant dans le conduit principal aux lames métalliques par conduction thermique ; ces lames se refroidissent au contact de l'air. Ce type d'échangeur est utilisé pour le chauffage dans les bâtiments ; de l'eau est chauffée dans l'installation de chauffage et circule dans des radiateurs qui sont des échangeurs à ailettes. On utilise également ce type d'installation pour refroidir les moteurs de voitures ou encore les moteurs en tout genre, le tableau III-2 énumère les avantages et les inconvénients des échangeurs à ailettes.

Dans ce dernier cas la chaleur due aux frottements et à l'induction magnétique (cas d'un moteur électrique) est directement transférée à la protection extérieur du moteur qui ailettes fixées à la surface.

Le transfert thermique est limité notamment du côté du fluide de refroidissement par manque d'un système de circulation. L'air circule principalement par convection naturelle autour de l'échangeur. Cette limitation peut toutefois être supprimée par ajout d'un système de ventilation. Cet échangeur est très simple et peut prendre des formes particulières Ce qui le rend intéressant dans l'électronique

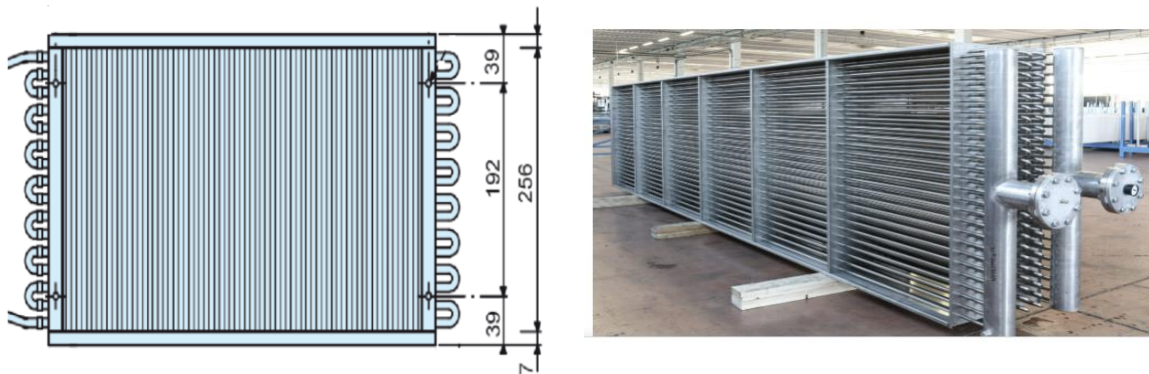


Figure III-5 / Échangeur à ailettes

Tableau III-2 : Avantages et inconvénients d'un échangeur à ailettes

| Avantages | Inconvénients | Utilisation |
|---|--------------------|---|
| -Bon rendement -Peut prendre des formes précises | - Exposé aux chocs | -Eau /air -Huile/ air -Solide / air |

III-2-6 Échangeur tubulaire

C'est un échangeur où l'un des fluides circule dans un faisceau de tubes monté sur deux plaques tubulaires. Ce faisceau est logé dans une calandre munie de tubulures d'entrée et de sortie pour le fluide circulant à l'extérieur des tubes du faisceau. Ce fluide suit un trajet imposé entre les chicanes, celles-ci ont pour rôle, entre autres, de supporter les tubes du faisceau afin d'éviter leurs déformation.

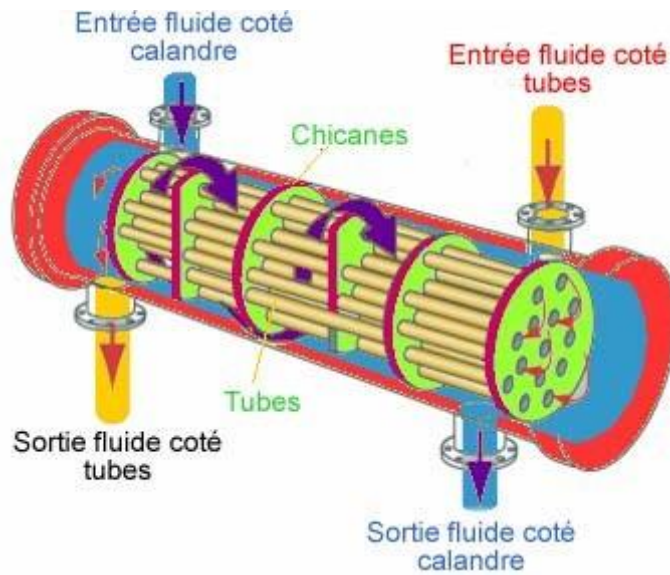


Figure III-6/ Échangeur tubulaire

Le chicanage de la calandre (figure III-7) consiste à placer des cloisonnements sur le trajet du fluide pour et éviter qu'il ne suive un chemin préférentiel. La turbulence créée améliore également le transfert. Les avantages et les inconvénients de l'échangeur tubulaire sont regroupés dans le tableau III-3.

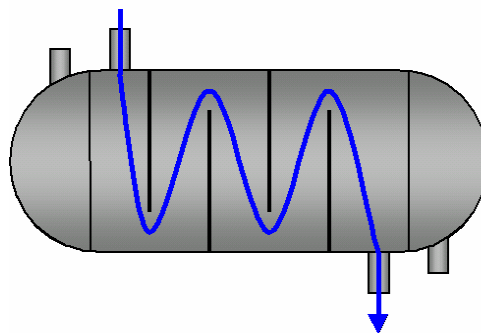


Figure III-7/ Chicanes de la calandre

Tableau III-3: Avantages et inconvénients d'un échangeur tubulaire

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Résiste aux fortes pressions - Très bon coefficient de transfert - Faible prix de revient - Fiables et simples de conception | <ul style="list-style-type: none"> - Puissance limitée - Risque de claquements si ΔT faible (<50mm) et grande longueur - Taille limité (quelques dizaines de m²) |

III-3 Les fonctions des échangeurs de chaleur

En dehors des Fours et des chaudières présentées par ailleurs, les appareillages utilisés en industrie sont des échangeurs de chaleur souvent improprement appelés échangeurs de températures. Ces appareils peuvent devoir assurer les fonctions différentes éventuellement simultanées aux objectifs concernant l'un des fluides ou les deux fluides participant à l'échange.

III-3-1 La fonction réfrigération

Les réfrigérants (**COOLERS**) refroidissent un liquide ou un gaz par circulation d'un fluide auxiliaire qui peut être un fluide de procédé ou de l'eau. Les chillers refroidissent un fluide de procédé par un fluide frigorigène ou par l'eau réfrigéré.

III-3-2 La fonction réchauffage

Les réchauffeurs (**HEATERS**) réchauffent un fluide de procédé par de la vapeur d'eau ou un autre fluide chaud de procédé, ces termes sont surtout employés dans le cas du réchauffage d'un produit stocké pour en assurer son utilisation dans des conditions techniques satisfaisantes. Les économiseurs (**ECONOMIZER**) désignent les serpentins permettant la préchauffe de l'eau d'alimentation des chaudières par les fumées.

Les surchauffeurs (**SUPERHEATERS**) amènent des gaz ou vapeur à une température supérieure à leur température de condensation.

III-3-3. La fonction vaporisation

Les vaporiseurs (**VAPORIZERS**) assurent la vaporisation totale ou partielle d'un liquide de procédé. L'apport de chaleur étant fait par de la vapeur d'eau ou un fluide chaud de procédé éventuellement en condensation. Les bouilleurs (**BOILERS**), les rebouilleurs (**REBOILERS**) vaporisent une partie des produits de fond de colonne de distillation.

Les générateurs de vapeur (**STEAM GENERATORS**) produisent de la vapeur par combustion de gaz ou de liquide résiduels, ils peuvent aussi récupérer de la chaleur sensible dans les fluides de procédés. Les évaporateurs (**EVAPORATORS**) concentrent des solutions aqueuses par évaporation ; ils peuvent désigner aussi des vaporiseurs ou chillers.

III-4 Principaux organes d'un échangeur de chaleur

Un échangeur de chaleur tubulaire est composé principalement d'une calandre et de faisceaux (tubes).

III-4-1 La calandre

Aucune normalisation n'intervient concernant le diamètre extérieur de la virole cylindrique constituant la calandre. Dans la plupart des cas, la calandre est réalisée à partir d'une tôle roulée soudée avec une tolérance de 1/8 du le diamètre intérieur ; deux diamètres sont contrôlés ainsi que la longueur développée.

III-4-2 Les tubes

Les tubes sont normalisés et classés dans des séries correspondant à un même diamètre extérieur ; leurs disposition peut être à pas carré ou triangulaire (figure-III-8 et III-9) [1].

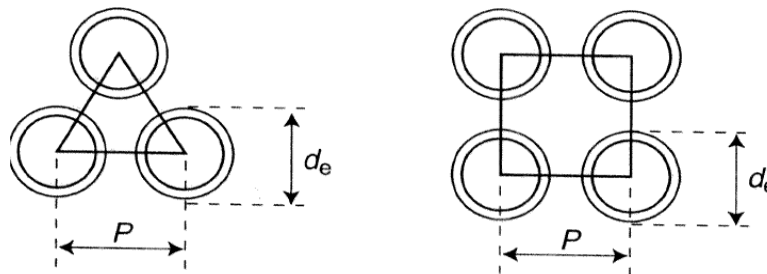


Figure III-8/ Les dispositions des tubes

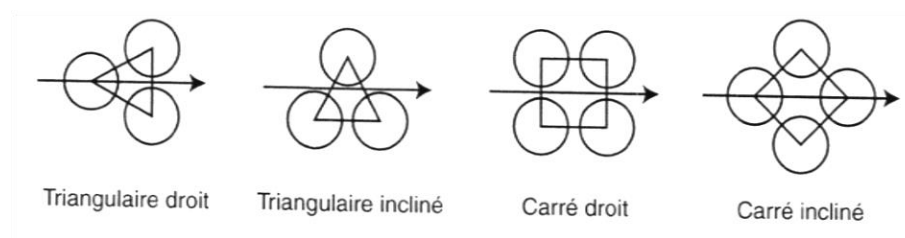


Figure III-9/ Orientation des tubes vis-à-vis l'écoulement du fluide

La distance entre axes des tubes (pas P), est au minimum égale au diamètre extérieur. Les dispositions les plus utilisées figurent dans le tableau III-4.

Tableau III- 4: Normes des tubes en fonction de la disposition ^[1].

| Dispositions des tubes | | de (in) | Pas (in) | $\frac{\text{Pas}}{\text{de}}$ |
|------------------------|----------|------------------|------------------|--------------------------------|
| | Triangle | 5/8 | 13/16 | 1,30 |
| | Triangle | 3/4 | 15/16 | 1,25 |
| Carrée | Triangle | 3/4 | 1 | 1,33 |
| Carrée | Triangle | 1 | 1 ^{1/4} | 1,25 |
| Carrée | | 1 ^{1/4} | 1 ^{9/6} | 1,25 |

III-4-3 Les chicanes et plaques supports

Des chicanes transversales de différents types peuvent être mises en place pour régler le coefficient de convection coté calandre ; la solution chicanes segmentées permet de réaliser une circulation transversale. L'ouverture de la segmentation est définie par $100 h/D_c$, les tubes de faisceau sont enfilés dans les trous aménagés dans les chicanes ; celles-ci sont maintenues en place par un ensemble de tirants et entretoises, la figure III-10 explique cette segmentation

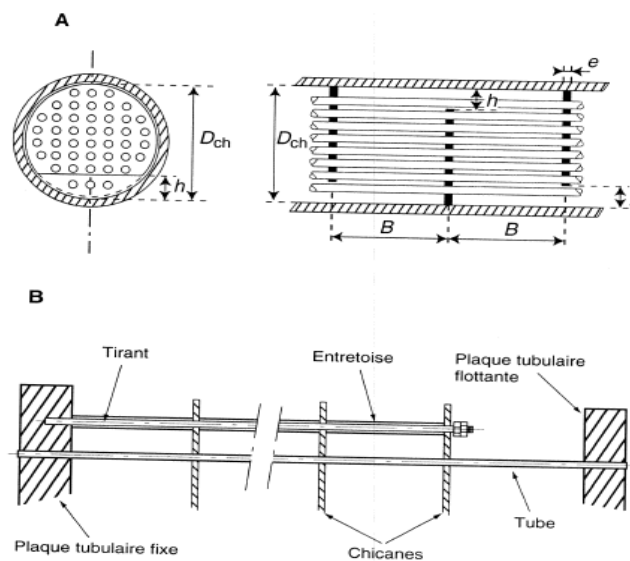


Figure III-10/ Chicanes et plaques de supports

CHAPITRE

IV

Calculs et Interprétations

CALCULS ET INTERPRÉTATIONS

IV-1 Introduction

La structure d'une raffinerie évolue constamment pour satisfaire la demande quantitative et qualitative du marché de l'énergie chaque jour plus exigeant. Dans ces conditions, la recherche de procédés nouveaux et l'amélioration de la productivité demeurent un objectif permanent. L'ensemble des unités de la raffinerie ont été mises en service en 1973, parmi elles la zone 7 destinée à la production des huiles de base.

IV-2 Identification de la modification

Le présent travail a pour objet de suivre, d'identifier et de traiter les différentes actions requises lors de la récupération des Slopcut légers et lourd. A l'instar des autres installations de la raffinerie d'Arzew, la production des lubrifiants joue un rôle très important dans le raffinage et occupe une gamme très large dans la commercialisation des dérivés pétroliers.

Durant les années 90, et suivant l'élargissement du marché de lubrifiants la demande sur le grade VO a été très importante, et pour répondre aux exigences et satisfaire à la demande du marché, les services techniques de NAFTEC ont fait des études appropriées sur la récupération des Slopcut légers et lourds afin d'améliorer les rendements massiques de la production des huiles de base et celle d'augmenter réellement les quantités nécessaires du grade VO, out en gardant les mêmes spécifications et qualités des produits. Ce qui peut en outre maintenir la stabilité de fonctionnement de l'unité 23 basée sur ce grade VO, où il est traité en grande quantité et d'éviter les arrêts fréquent pour manque de charge.

IV-3 Utilisation des slopcut

Dans l'unité 21 au niveau de la zone 7, la colonne de distillation sous vide C1 est destinée au soutirage de quatre produits (VGO, SPO, MVO, VO), et un cinquième (RSV) de la zone d'épuisement, ces produits sont transformés, par la suite, en huiles de base. En outre, deux coupes intermédiaires dites "Slopcut" lourd et léger sont produites. Ces dernières participent respectivement au préchauffage de la charge et à la régénération de la vapeur basse pression (BP), ensuite elles sont acheminées vers fuel. La récupération et l'introduction de ces deux coupes dans la colonne permet d'augmenter les quantités de distillats et d'améliorer les rendements massiques de ces derniers et plus précisément celui du grade VO.

Depuis 1992, l'augmentation de la production des différents distillats de l'unité 100 après le recyclage des slopcut dans la charge sont montrées dans le tableau IV-1

Tableau IV-1 : augmentation des rendements depuis 1992

| Distillat | VO | MVO | SPO |
|-----------|-------|-------|-----|
| Avant (%) | 20,7 | 11,4 | 4,5 |
| Après (%) | 32,75 | 22,64 | 5,9 |

D'après les résultats obtenus, l'augmentation de la production des différents distillats est remarquable et depuis ce temps, l'unité 23 fonctionne avec un taux de charge de 100 % sans perturbation pour manque de charge et les huiles obtenues à partir de ces produits ont gardé les mêmes caractéristiques et qualité des huiles, cependant l'élargissement des coupes d'huiles a engendré certaines contraintes à savoir:

- Perte de la quantité de chaleur de l'échangeur E8 à cause des Slopcut lourds.
- Surcharge du four F1 en fuel gaz (débit de fuel augmente) dûe à la diminution de température d'entrée du four qui est actuellement de 254°C au lieu de 280 °C (température du design) ce qui a occasionné le problème de cockage.
- Altération de la qualité des huiles au niveau de la couleur, l'indice de réfraction et l'indice de viscosité (voir annexe I et II la variation des différents paramètres d'une huile avec la température).

La partie calcul consiste en un bilan de matière avant introduction des slopcut dans la charge BRA (cas Design) puis une comparaison des résultats avec le cas réel (après introduction des slopcut) ce qui permettra de tirer les conclusions nécessaires quant au bon fonctionnement de l'unité 21, aussi un calcul énergétique, dans l'échangeur E8, a été effectué.

IV-3-1 Bilan de matière

Le bilan de matière est un bilan global établi entre l'entrée et la sortie de la colonne de distillation sous vide. Ce bilan permet de déterminer d'une part, le rendement des différentes coupes soutirées avant et après l'élargissement des coupes par la réinjection des Slopcut légers et lourds et d'autre part, les pertes réelles, les tableaux IV-2 et IV-3 donnent respectivement les distillats du BRA avant et après réinjections des Slopcut.

Tableau IV-2: Distillats du BRA avant réinjection des slopcut

| | BRA | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------------------|-------------------|
| Débit massique (T/ h) | 46 | | | | | | |
| Distillat | VGO | SPO | MVO | VO | RSV | Slop léger | Slop lourd |
| Débit massique (T/ h) | 7.64 | 1.15 | 5.04 | 10.29 | 14.47 | 5.01 | 2.42 |
| (% en poids) | 16.0 | 4.5 | 11.4 | 20.7 | 28.1 | 11.7 | 7.11 |

Tableau IV-3: Distillats du BRA après réinjection des slopcut

| | BRA | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Débit massique (T/ h) | 46 | | | | |
| Distillat | VGO | SPO | MVO | VO | RSV |
| Débit massique (T/ h) | 3.02 | 2.68 | 10.3 | 14.9 | 14.37 |
| (% en poids) | 6.64 | 5.9 | 22.64 | 32.75 | 31.58 |

IV-3-1-1 Bilan global sur la charge**A- Cas design**

$$F = D + R + P_{\text{design}} \quad (\text{IV-1})$$

Avec

F : Débit d'alimentation ou de charge (T/h)

D : Débit de distillat (T/h)

R : Débit du résidu sous vide (T/h)

P_{design} : Débit des pertes cas design (T/h)

$$D = D_{\text{VGO}} + D_{\text{SPO}} + D_{\text{MVO}} + D_{\text{VO}} + D_{\text{Sloplèger}} + D_{\text{Sloplourd}} \quad (\text{IV-2})$$

B- Cas réel

$$F = D + R + P_{\text{réel}} \quad (\text{IV-3})$$

$$D = D_{\text{VGO}} + D_{\text{SPO}} + D_{\text{MVO}} + D_{\text{VO}} \quad (\text{IV-4})$$

C- Conclusion

Les calculs donnent une accumulation, dans le cas réel plus au moins élevée ($P = 1,5\%$) comparée à celle trouvée dans le cas design ($P = 0,89\%$) ceci est due à l'augmentation de la production dans le cas réel où on a effectué une réinjection des slopcut dans la charge, aussi on remarque l'augmentation importante dans la masse des distillats surtout le distillat VO, ce dernier est demandé dans la qualité des huiles produites sur la base de ce distillat.

IV-3-2 Bilan énergétique

La méthode de calcul suivie est la méthode de KERN ^[8], les principaux paramètres utilisés dans les calculs énergétiques sont dans l'annexe III, les étapes de calcul se résument en ce qui suit:

- Calcul du quantité de chaleur
- Calcul de ΔTLM .
- Calcul du coefficient de transfert global Up .
- Calcul de la surface d'échange.
 - **La quantité de chaleur échangée**

La quantité de chaleur échangée est une chaleur sensible donnée par l'expression suivante :

$$Q = m C_p (t_2 - t_1) \quad (IV-5)$$

m : Débit massique de BRA (kg/h)

C_p : Chaleur spécifique (kcal/kg°C)

T_2 : Température à la sortie de l'échangeur côté tube (°C)

T_1 : Température à l'entrée de l'échangeur côté tube (°C)

- **La température logarithmique moyenne**

$$\Delta TLM = \frac{\Delta T \text{ CHAUD} - \Delta T \text{ FROID}}{2.3 \text{ LOG} (\Delta T \text{ CHAUD} - \Delta T \text{ FROID})} \quad (IV-6)$$

- **Facteur de correction**

Pour calculer le facteur de correction F , deux paramètres doivent être connus au préalable, le rendement d'échange thermique (E) et le rapport massique (R) qui s'expriment selon ce qui suit :

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} \quad (IV-7)$$

$$E = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} \quad (IV-8)$$

Le facteur de correction F est donné par la relation suivante

$$F = \frac{\sqrt{R^2 + 1} + \log \frac{1 - E}{1 - ER}}{(R - 1) \log \frac{2 - E (R + 1 - \sqrt{R^2 + 1})}{2 - E (R + 1 + \sqrt{R^2 + 1})}} \quad (\text{IV-9})$$

- **Calcul de coefficient global de transfert de chaleur**

Le coefficient global de transfert de chaleur s'exprime comme suit ;

$$U_p = \frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_1} + R_{sc} + R_{st} \quad (\text{IV-10})$$

R_{sc} : coefficient d'encrassement dans la calandre ($\text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal}$)

R_{st} : coefficient d'encrassement dans le tube ($\text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal}$)

h_0, h_1 : coefficient du film interne et externe respectivement ($\text{kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Coefficient local de transfert h_0 (côté tubes)

Le nombre de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{G \cdot d_0}{\mu} \quad (\text{IV-11})$$

G : vitesse massique (kg/hm^2)

d_0 : diamètre interne de tubes (m)

μ : viscosité dynamique (kg/hm)

- **Section de passage**

$$a_t = \frac{N_t \cdot \pi d_0^2}{4 n_t} \quad (\text{IV-12})$$

N_t : nombre de tubes du faisceau

n_t : nombre de passe côté tubes

- **Vitesse massique**

$$G_t = \frac{m}{a \cdot t} \quad (\text{IV-13})$$

- **Nombre de Prandtl**

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{\lambda} \quad (\text{IV-14})$$

Selon les valeurs calculées des nombres adimensionnels Reynolds et Prandtl, on choisit le régime d'écoulement et la corrélation correspondante

Si $2300 < Re < 10000$ et $0,5 < Pr < 200$ le régime est transitoire.

$$Nu = 0,033 Re^{0,83} Pr^{0,25}$$

Si $Re > 10000$ et $0,5 < Pr < 200$ le régime est turbulent

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43}$$

La valeur corrigée de h_o est calculée selon la relation suivante :

$$h'_o = h_o + \left(\frac{d_o}{d_1} \right) \quad (\text{IV-15})$$

Coefficient local de transfert h_1 (côté calandre)

Les mêmes calculs de h_o que le côté tube sont effectués sauf que dans ce cas on détermine d'autres paramètres, entre autres la section de passage,...

- **La section de passage**

$$a_c = \frac{\sqrt{2} \cdot De (P - d_1) B}{p} \quad (\text{IV-16})$$

De : diamètre équivalent (m)

d_1 : diamètre externe de tubes (m)

P : pas du tube (la disposition des tubes) (m)

- **Le diamètre équivalent**

$$De = \left(\frac{4 \cdot P2}{\pi \cdot d1} \right) - d1 \quad (IV-13)$$

Le coefficient de transfert de chaleur coté calandre n'est pas corrigé, on passe directement au calcul de la surface d'échange A

$$A = \frac{Q}{Up \cdot F \cdot (\Delta TLM)_{\text{corrigée}}} \quad (IV-15)$$

IV-4 Calculs et Interprétations

Les différentes relations citées précédemment pour les calculs énergétiques sont utilisés pour l'échangeur E8 de l'unité de distillation sous vide, objet de cette étude. Le résidu atmosphérique brut (BRA) traverse l'échangeur et subit un préchauffage à l'aide du résidu atmosphérique (RSV) qui le fait passer d'une température de 215°C à 254.7°C. Le tableau IV-4 donne les principaux paramètres de l'échangeur E8.

Les résultats du calcul sont regroupés dans le tableau IV-5, il ressort de ces calculs que la quantité de chaleur échangée dans le cas réel est supérieure à celle trouvée dans le cas design, ceci est expliqué par dans le cas réel, on rappelle que dans ce dernier cas, on a procédé à la réinjection des slopcut dans la charge BRA ce qui a occasionné une augmentation de la production des distillats.

Cependant la température de sortie de la charge à sa sortie de l'échangeur E8 (254°C) est inférieure à sa température de sortie dans le cas design (280°C) ce qui aura un impact sur son réchauffage dans le four, ce dernier doit consommer plus de combustible pour acquérir le chauffage adéquat avant de l'envoyer à la colonne de distillation sous vide.

Et comme il a été cité précédemment, la réinjection des slopcut est mise en œuvre depuis longtemps dans la zone 7 probablement parce que l'intérêt de l'augmentation de la production des distillats dépasse de beaucoup la consommation excessive du combustible dans le four

Tableau IV-4 : Données de base de l'échangeur E 8

| | Côté tube | Côté calandre |
|---|--------------------------|-------------------------|
| Charge | BRA | RSV |
| Température d'entrée (°C) | 215 | 351.4 |
| Température de sortie (°C) | 254,7 | 263.4 |
| Débit (kg/h) | 46000 | 14370 |
| Nombre de tubes | 400 | / |
| Nombre de passes | 6 | 1 |
| Viscosité cinématique (m ² /h) | 4,392 . 10 ⁻³ | 4,32 . 10 ⁻³ |
| Chaleur spécifique (kcal /h °C) | 0,67 | 0,70 |
| Conductivité thermique (kcal/ h m°C) | 0,079 | 0,0735 |
| Densité | 0,8711 | 0,8850 |
| Pas (m) | 0,025 | / |
| Espacement entre les chicanes (m) | / | 0,149 |
| Coefficient d'encrassement global (h. m ² . °C. kcal ⁻¹) | 6.10 ⁻⁴ | 10 ⁻³ |
| Surface d'échange installée (m ²) | 220 | |

Tableau IV-5 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus

| | Réel | Design |
|---|-------------------|----------------|
| Chaleur échangée (Kcal/h) | $1,22 \cdot 10^6$ | $5 \cdot 10^5$ |
| Surface d'échange globale (m ²) | 57,19 | 52 |
| ΔTLM (°C) | 63,79 | 38,63 |
| Température d'entrée (côté tubes) (°C) | 315 | 335 |
| Température de sortie (côté tubes) (°C) | 235 | 264 |
| Température d'entrée (côté calandre) (°C) | 191 | 242 |
| Température de sortie (côté calandre) (°C) | 214 | 258 |
| Perte de charge (côté tubes) | 0,928 | 1,2 |
| Perte de charge (côté calandre) | 0,536 | 1,1 |
| Surface totale installée (m ²) | 220 | 288,76 |

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif assigné à notre travail était d'étudier le fonctionnement général de l'unité de la distillation sous vide de la raffinerie d'Arzew dans le cas de récupération des Slopcut légers et lourds dans la colonne de distillation, alors que dans le cas design ils sont envoyés vers fuel, cette modification entre dans le cadre de l'augmentation de la production et le bon fonctionnement de l'unité de distillation sous vide .

Les équipements stratégiques d'objets de notre étude sont la colonne distillation sous vide C1 et l'échangeur E8 .

Un bilan de matière et un calcul énergétique ont été effectués dans le cas design et réel (après réinjection des slopcut)

A la lumière des résultats obtenus concernant l'équipements vérifié , il ressort que l'unité de distillation sous vide peut aisément fonctionner pour ces nouvelles conditions ; en effet la modification apportée sur cette partie du procédé a l'avantage de donner un meilleur rendement par rapport au cas design. Néanmoins , le phénomène de présence de coke dans le four et la diminution de la température d'entrée de ce dernier va hausser la consommation du gaz combustible vers des valeurs maximales , ce qui nécessite un contrôle permanent du four et demande une révision de qualité du fuel gaz utilisé .

Il reste à vérifier si toutes ces modifications ; parfaitement réalisables et efficaces en ce qui concerne les rendements quantitatifs ;le sont aussi de point de vue qualitatif des huiles obtenues

Annexe I

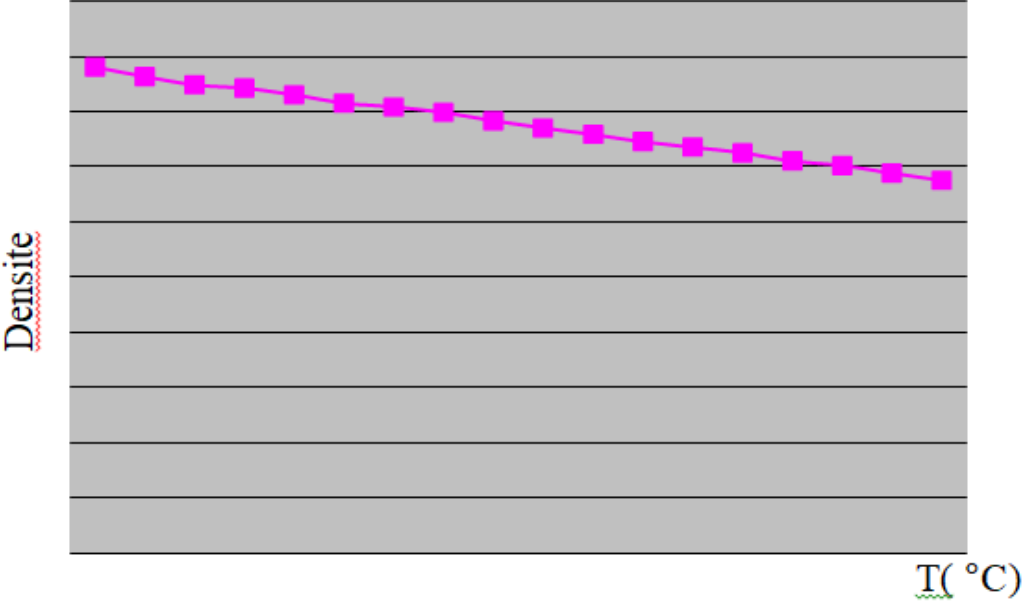


Figure 1/ Variation de la densité de l'huile avec la température

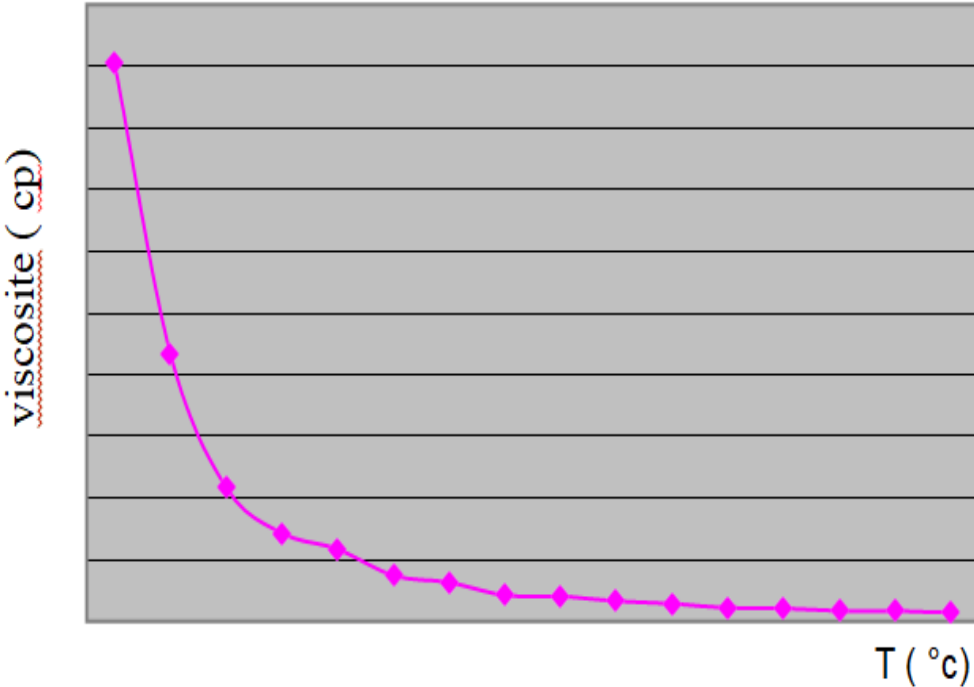


Figure 2 / Variation de la viscosité de l'huile avec la température

Annexe II

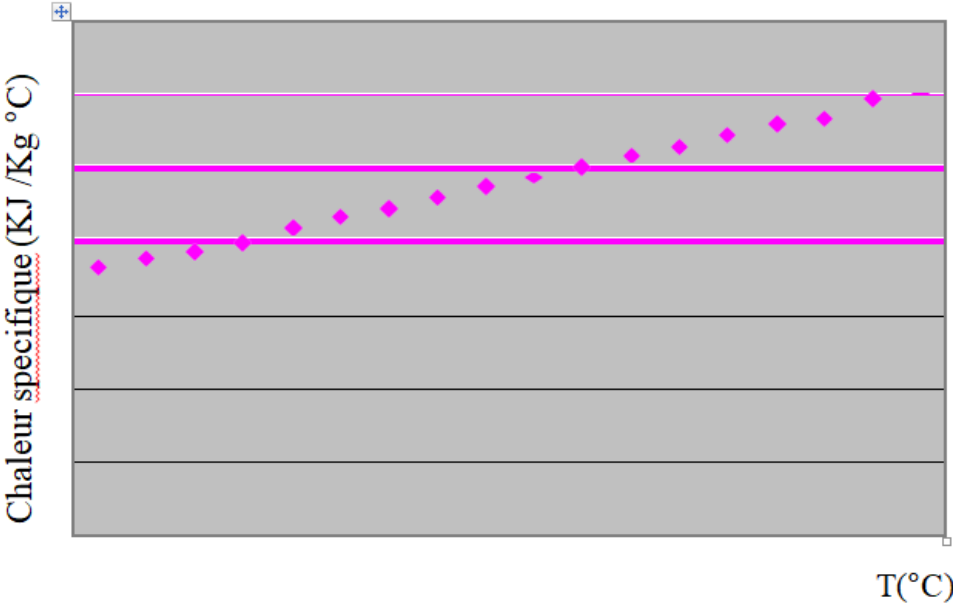


Figure 3/ variation de la chaleur spécifique de l'huile avec la température

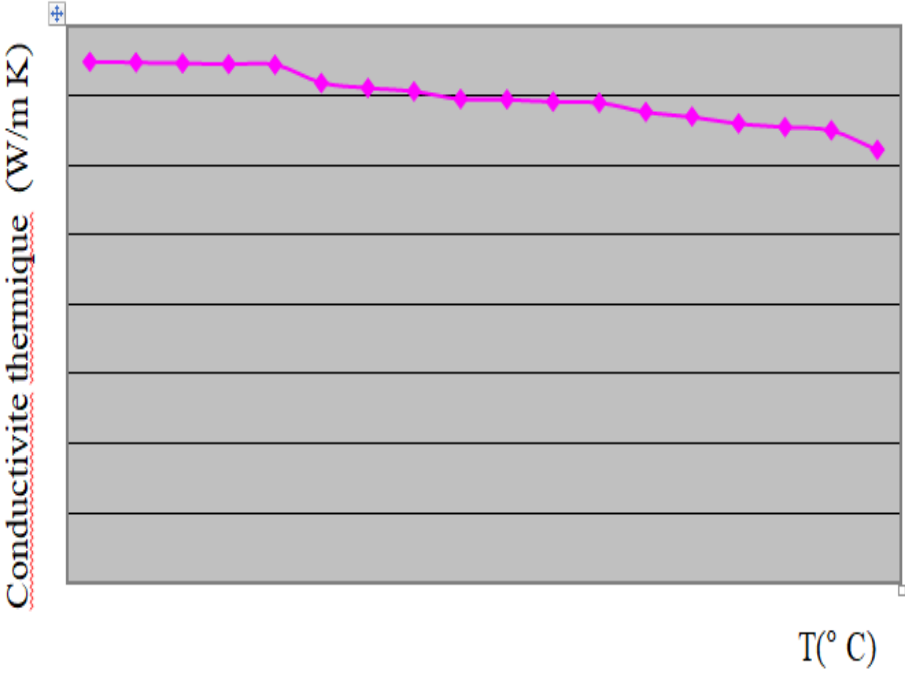


Figure 4/ Variation de la conductivité thermique de l'huile avec la température

Annexe III

Nomenclature des symboles utilisés dans les calculs des échangeurs

T_1 : Température de à l'entrée de l'échangeur « côté tubes » (°C)

T_2 : Température à la sortie de l'échangeur « côté tubes » (°C)

t_2 : température à l'entrée de l'échangeur « côté calandre » (°C)

t_1 : température à la sortie de l'échangeur « côté calandre » (°C)

m : débit massique (kg/h)

C_p : chaleur spécifique (kcal/kg°C)

Q : quantité de chaleur (kcal/h)

ΔT_{LM} : différence de température logarithmique moyenne (°C)

E : rendement de l'échange (rendement thermique)

R : rapport massique

μ : viscosité dynamique (kg/hm)

γ : viscosité cinématique (Cst)

λ : conductivité thermique (kcal/hm°C)

a_t : section de passage côté tubes (m²)

a_c : section de passage côté calandre (m²)

d_0 : diamètre interne de tubes (m)

d_1 : diamètre externe de tubes (m)

D_e : diamètre équivalent (m)

D_c : diamètre interne de calandre (m)

n_c : nombre de passe côté calandre.

n_t : nombre de passe côté tubes

N_t : nombre de tubes du faisceau

h_0, h_1 : coefficient de film interne et externe (kcal/hm²°C)

U_p : coefficient global de transfert de chaleur (kcal/hm²°C)

R_s : coefficient d'encrassement (hm²°C/kcal)

P : pas de tube (la disposition des tubes) en (m)

G : vitesse massique (kg/hm²)

Re : nombre de Reynolds

Pr : nombre de Prandtl

Nu : nombre de Nusselt

A : surface d'échange de chaleur (m²)

f_t : facteur de friction côté tubes.

f_c : facteur de friction côté calandre

N_c : nombre de chicanes

ΔP_t : perte de charge côté tubes (kg/ cm²)

ΔP_c : perte de charge côté calandre (kg/cm²)

L : longueur de tubes (m)

d : Densité

Liste des abréviations

| | |
|-------|------------------------------|
| RAI/Z | Raffinerie d'Arzew |
| HP | Haute pression |
| BP | Basse pression |
| RTO | Région transport ouest |
| GPL | Gaz de pétrole liquéfié |
| BRA | Brut réduit atmosphérique |
| BRI | Brut réduit importé |
| SPO | Spindle oil |
| MVO | MI-Visqueuse oil |
| VO | Visqueuse oil |
| RSV | Résidu sous vide |
| HSRN | Heavy Straight Run Naphtha |
| LSRN | Light Straight Run Naphtha |
| RDC | Colonne a disc relatif |
| PEHD | Polyéthylène a haute densité |