

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologie

Filière : hydrocarbure et chimie

Spécialité : raffinage

Thème

**Identification de distillation
atmosphérique de pétrole brut**

Présenté par :

LALA Khaled.

ZANE Brahim.

GARAIFA Soumaia.

Encadrer par :

Mr. SOUYEI Belgacem.

2010-2011

Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu,
Notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

*Nous tenons à remercier Mr. Souyei Belgacem
Notre promoteur pour son grand soutien et ses conseils considérables.*

*Nous remercions également tous les professeurs
du département de génie des procédés.*

*Nous désirons aussi, exprimer nos essentiels :
Mr. Namoussa Yafia Tedjani, Mr. Laouini Salaheddine
Et tous les professeurs de raffinage*

Remercie

*Que toute personne ayant participé de près ou
de loin à la réalisation de ce travail accepte nos
Grands et sincères remerciements.*

*Brahim
Khaled
Soumaia*



Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. Souyei Belgacem notre promoteur pour son grand soutien et ses conseils considérables.

Nous remercions également tous les professeurs du département de génie des procédés.

Nous désirons aussi, exprimer nos essentiels :

Mr. Namoussa Yahia Tedjani , Mr. Laouini Salaheddine et tous les professeurs de raffinage

Remercie

Que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements.

Brakim

Khaled

Soumaia



Dédicace

Ce modeste travail est dédié à:

Mes parents qui ont été les bougies allumant mon chemin

vers la

Réussite; pour leur bonté, leur générosité et encouragement.

*A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation durant
mes études.*

*A mes chers amis, et à tous ceux qui ont contribué de près ou
de loin à la réalisation de ce travail.*

A tous mes enseignants depuis le primaire

Jusqu'à maintenant.

Soumaia





Dédicace

Je dédie ce mémoire à

A ma chère mère et mon chère père et toute la famille

Surtout M^{ed} Zane

Je leur souhaite une longue vie.

A mes chère frères et sœurs

Je leur souhaite la réussite.

A mon promoteur Mr Souyei Belgacem.

A tout mes amis surtout Khaled, Ziad et Larbi

Brahim





Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste de travail à :

*Ceux qui m'ont encouragé dans ma vie et qui m'ont donné tant
d'amour,*

La lumière de mes yeux, mes très chers parents :

Ma mère Saïda et mon père Ahmed

Que DIEU mé les garde et les protège.

A toutes mes très chers sœurs (Afaf, Wafa, Ibtissem).

A tous mes très chers frères Yousef, Brahim, Bachir et

Oussama.

A mon promoteur Mr Souyei Belgacem.

A tout mes amis surtout Brahim, Ziad et Larbi

Khaled



SOMMAIRE :

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

CHAPITRE I : Généralités sur la distillation de pétrole

Introduction	3
I-1- Définition	3
I-2- Mécanisme de distillation	5
I-3- Circulation des produits	7
I-4- Facteurs opératoires	9
I-5- Description de la colonne de distillation	14
I-6- Régulation de base d'une colonne à distiller	15
I-7- Distillation des mélanges binaires	16
Conclusion	18

CHAPITRE II : La distillation atmosphérique « topping »

Introduction	19
II-1-Définition	19
II-2- Description du procédé	20
II-3-Schéma de principe	21
II-4- Principe general de fonctionnement	23
II-5- Reflux circulants intermédiaires	27
II-6- Qualité du fractionnement	28
II-7-Unite a deux colonnes	30
Conclusion	32

CHAPITRE III : La modélisation et simulation par HYSYS

Introduction	33
III-1-Description du logiciel HYSYS	33
III-2-Choix du modèle thermodynamique	33
III-3-Les étapes de travail	34
III-3-1-Créer un nouveau cas	34
III-3-2-Espace simulation	35
Conclusion	38

CHAPITRE IV: La sécurité dans la raffinerie

Introduction	39
IV-1- Définition de la sécurité	39
IV-2-Règle générale de sécurité	39
IV-3- Rôle du service de sécurité	40
IV-4- Sécurité dans le complexe	40
IV-5- l'équipement de sécurité	41
IV-6- Les moyens de protection individuelle	41
IV-7- Risque des produits traités finis	42
Conclusion	43
Conclusion générale	44
Références bibliographie	45

Listes de figures :

Figure	Titre	Page
Figure I-1	Structure de base d'une distillation discontinue.	4
Figure I-3	Schéma d'une colonne de distillation.	7
Figure I-4-2-1	Réglage de T_1 par changement de T_0 .	10
Figure I-4-2-2	Réglage de T_1 par changement de L_0 .	10
Figure I-4-2-3	Réglage de la T_r par le débit de la vapeur d'eau.	11
Figure I-4-3-1	Appareil de distillation T.B.P.	12
Figure I-4-3-2	Courbe de distillation T.B.P.	12
Figure I-4-4-1	Appareil de distillation A.S.T.M.	13
Figure I-4-4-2	Courbe de distillation A.S.T.M.	13
Figure I-6	Régulation de base d'une colonne à distiller.	16
Figure I-7	Schéma du bilan thermique de la colonne.	17
Figure II-2	Schéma d'une unité de distillation atmosphérique de pétrole brut.	21
Figure II-3	Schéma de principe d'une unité de distillation initial de pétrole brut.	22
Figure II-7	Schéma d'une unité de distillation initiale à deux colonnes.	31
Figure III-3-2-2	Schéma de distillation par logiciel de HYSYS.	38

Listes de tableaux :

Tableau	Titre	Page
Tableau II-7	Valeurs typiques de gap et l'overlop.	29
Tableau IV-7	Les risques et les caractéristiques du plusieurs produits pétrolières.	42

NOMENCLATURE:

Symbole	Définition
ASTM	American Society for Testing Materials.
BR	Brut Réduit.
DIST	Overhead Liquid Product.
E	Essence.
ENSPM-FI	École Nationale Supérieure d'un Pétrole et de Moteurs Formation Industrielle.
G	Gaz.
GO	Gazoil.
h_a	L'enthalpie ou quantité de chaleur contenue dans 1 molécule alimentaire.
h_d	L'enthalpie d'une molécule de distillat.
h_r	L'enthalpie d'une molécule de résidu.
K	Kérozène.
L	Liquide.
L_a	Liquide alimenté (ajouter).
LRC	Liquide Régulation de Colonne.
N	Naphta.
$P = P_s$	Tension de vapeur des produits soutirés à la température de soutirage.
P_P	Pression partielle des vapeurs d'hydrocarbures.
P_{pe}	Pression partielle de la vapeur d'eau (fonction du débit de vapeur d'eau).
PFD	Process Flow Diagrams.

PRC	Pression Régulation Colonne.
$Q_a = A.h_a$	L'enthalpie d'alimentation.
Q_B	Reboiler Energy Stream.
Q_C	Condenser Energy Stream.
q_{c1} et q_{c2}	Les quantités de chaleur éliminés par les reflux circulants intermédiaires.
$Q_d = D.h_d$	L'enthalpie du distillat.
Q_c	La quantité de chaleur emportée au condenseur par le fluide de réfrigération.
$Q_r = R.h_r$	L'enthalpie du résidu.
Q_v	La quantité de chaleur acquise par la vapeur V_r dans le rebouilleur.
$R_a = \Delta$	Résidus atmosphérique.
R_{ci}	Reflux circulant intermédiaire.
RES	Bottom Liquid Product.
R_{oc}	Reflux interne chaud.
R_{of}	Reflux interne froid.
S	Soutirages ou facteurs de stripping.
TBP	True Boiling Point.
TRC	Température Régulation de Colonne.
V	Vapeur.
V_a	Vapeur alimenté (ajouter).

Résumer :

La distillation est un procédé de séparation unitaires la plus utilisée dans l'industrie chimique et l'industrie pétrolière son principe consiste de mettre en contact une vapeur et un liquide circulant à contre-courant de manière à effectuer une séparation entre les constituants présents dans la charge grâce à un transfert de matière et des équilibres liq-vap intervenant entre ces deux phases. Pour identifier une procédure de distillation nous avons examiné la distillation atmosphérique. Ce type de distillation est la première opération subie par le pétrole brut, et elle est la distillation initiale dans une installation de fractionnement appelée « topping ». Lorsque l'opération consiste à fractionner le pétrole brut en une série de coupes (ou fractions) élémentaires : gaz, essence légère, essence lourde, kérosène, gasoil et résidu atmosphérique.

La simulation avec le logiciel HYSYS, en basant sur l'équation d'état PENG ROBINSON a donné une adaptation satisfaisante avec une approche des paramètres design. Ce programme présente l'unité de colonne de distillation ainsi que leurs paramètres opératoires et détermine le débit du distillat et du résidu et leur composition.

La sécurité généralement joue un rôle très important dans une raffinerie ou unité de traitement de gaz ou complexe pétrochimique.

Introduction générale :

Le pétrole (petrae oleum)-huile de pierre, est un mélange complexe d'hydrocarbures liquides ou gazeux [1], concernant son origine depuis sa découverte, ainsi que son importance, plusieurs savants se sont penchés sur le problème de l'origine de cette source d'énergie. Pour cela de nombreuses théories étaient émises, mais seules deux d'entre elles étaient prises en considération [2].

Et, les pétroles bruts ont des caractéristiques physiques et chimiques très variables d'un champ de production à un autre et même à l'intérieur du même gisement [3].

Le pétrole brut, appelé aussi hydrocarbure, selon cette nomenclature, on distingue les deux mots hydrogène et carbone, qui sont les composants essentiels de tous les pétroles bruts; leurs teneurs sont (83%-87%) pour le carbone et (11%-14%) pour l'hydrogène. Ces deux éléments forment les trois grandes familles des hydrocarbures qui sont : paraffiniques, naphténiques et aromatiques.

Il existe d'autres composés, les insaturés ou oléfiniques qui ne se trouvent pas dans le pétrole brut mais qui sont fabriqués dans la raffinerie par craquage (cracking) ou reformage (reforming).

Les hydrocarbures paraffiniques : Le pétrole brut contient surtout des composés de la série paraffiniques, dont la formule chimique générale est C_nH_{2n+2} . Le composé le plus simple de cette série est un gaz, le CH_4 ; les complexes peuvent contenir un très nombre d'atomes de carbone (environ 25 atomes de carbone). Les hydrocarbures naphténiques : Sont des hydrocarbures saturés composés d'un ou plusieurs cycles auxquels peuvent être fixées des chaînes latérales paraffiniques linéaires ou ramifiées, les hydrocarbures aromatiques : Ont des molécules contenant un ou plusieurs cycles aromatiques auxquels peuvent fixés des cycles saturés et / ou des chaînes latérales paraffiniques. Les autres substances que l'on peut rencontrer sont suffisamment peu importantes pour qu'on puisse les considérés comme des impuretés : le soufre, l'hydrogène, l'oxygène, des dérivés hydrocarbonés ; des traces de métaux (nickel, vanadium, fer) ; l'eau, sous la forme d'une solution de sulfate et de chlorure de calcium et de magnésium [3]. La composition chimique du pétrole brut est donnée par la teneur en paraffine, oléfine, naphtène et en aromatique dite le PONA de la fraction pétrolière [3] et le classement des 3 familles principales d'hydrocarbures selon les réactivités chimiques donne: Paraffines < Naphtènes < Aromatiques. Pourtant, il n'est pas possible d'utiliser le pétrole dans son état brut.

Ainsi la réalisation de l'opération de raffinage permet d'extraire certains dérivés qui seront employés et utilisés.

Le raffinage a pour fonction de transformer des pétroles bruts d'origines diverses en un ensemble de produits pétroliers répondant à des spécifications précises, dans des proportions correspondant aussi bien que possible à la demande du marché [3].

Depuis la découverte du pétrole, l'utilisation rationnelle des différentes fractions qui le composent ont fortement influencé le développement de divers procédés. A la fin des années soixante, le raffinage du pétrole a subi des transformations importantes liées à l'accroissement continu des besoins en produits légers (essences - gazole) au détriment des produits lourds (fuels) comme produits légers, produits lourds et distillats moyens. Pour s'adapter à cette évolution, le raffinage fait appel à une grande variété de procédés. Parmi ceux-ci, on distingue le procédé de séparation, procédés de transformation, procédés de finition et procédés de protection de l'environnement [3].

Le raffinage du pétrole se réalise suivant des méthodes et des opérations coordonnées au niveau de la station de raffinage parmi ces opérations la distillation qui est considérée comme la principale opération du raffinage.

CHAPITRE I : généralités sur la distillation de pétrole

Introduction :

L'opération de distillation consiste à fractionner le pétrole brut en une série de coupes élémentaires représentant la matière première des installations ultérieures qui les transforment en produits commerciaux. La distillation permet la séparation en fonction de la température d'ébullition. Une unité de distillation unitaire peut donner les coupes différentes comme: Gaz incondensables, (C₁, C₂) - GPL (C₃, C₄) - Essence légère, Naphta, Kérosène, Gasoil, Résidu. Pour utilisations en mon vie journée.

I-1- Définition :

La distillation est une opération physique de séparation. Elle permet de fractionner un mélange complexe en plusieurs produits en exploitant leurs différences de volatilités, de température d'ébullition et de densité, ces produits sont répartie selon les besoin dans :

- Le distillat **D**, obtenu en tête de colonne; il est surtout riche en constituants volatiles.
- Les produits intermédiaires, obtenus par des soutirages latéraux dans la colonne, leurs compositions dépend de la position du soutirage dans les trois zones de la colonne : l'épuisement, la rectification, l'expansion.
- Le résidu **R**, sorti en fond de colonne, il contient beaucoup plus des constituants lourds.

La simplicité du procédé et le prix de revient relativement acceptable font de la distillation une opération de base dans les processus d'élaboration des produits chimiques et pétroliers; c'est ainsi qu'en raffinerie, aussi bien que dans les usines pétrochimiques, les colonnes de distillation sont largement présentes, soit au stade de préparation de la charge avant le traitement, soit au stade de fractionnement et purification après le traitement [4].

A la base d'une description mathématique de la distillation, il convient d'écrire les bilans matières et les bilans thermiques qui peuvent être appliqués soit à l'ensemble de la colonne soit à une partie quelconque de l'installation.

➤ Les installations de distillation existantes se distinguent par le mode opératoire pour laquelle elles sont prévues à savoir :

- la distillation continue
- la distillation discontinue

♦ **La distillation continue :**

Elle est caractérisée par une marche ininterrompue pendant un temps qui n'est limité que par les réservoirs réguliers de l'appareillage ou par des pannes. On ne traite qu'un seul mélange dans une telle installation et non tend à réaliser un régime stationnaire dans l'ensemble de l'appareil. Dans ce cas tous les débits, concentrations et températures (mélange, distillat, résidu, vapeur chauffante, eau réfrigérante) ne sont plus fonctions de temps [4].

♦ **La distillation discontinue :**

La distillation discontinue est souvent employée en chimie fine lorsque les quantités à traiter sont insuffisantes pour justifier un procédé continu. Elle s'applique aussi clans certaines circonstances où l'on cherche à enlever quelques impuretés dans un produit. La structure de base d'une colonne à distiller fonctionnant en discontinu est donnée par la figure I.1. Le bouilleur apporte la chaleur nécessaire à la création du débit souhaité de vapeur. Celle-ci est traitée dans la partie supérieure de la colonne où elle rencontre à contre-courant un courant de liquide. Une colonne à distiller discontinue ne possède donc qu'une zone de rectification qui purifie le constituant léger en cours de traitement. La composition dans le rebouilleur devient une conséquence de la politique appliquée à la colonne ; elle ne peut pas être maîtrisée directement. De plus, le liquide dans le bouilleur s'alourdit constamment au cours du traitement, la colonne reste en régime transitoire. On verra ultérieurement l'importance des rétentions existantes [2].

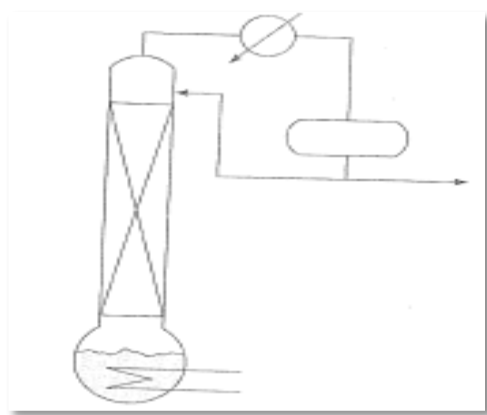


Figure I-1- Structure de base d'une distillation discontinue [2].

I-2- Mécanisme de distillation :

La distillation est un procédé qui met en œuvre le principe de l'équilibre liquide-vapeur, Chaque plateau p d'une colonne de distillation reçoit un liquide L_{p-1} descendant du plateau $p-1$ et une vapeur V_{p+1} montant du plateau $p+1$ et produit à partir de cette alimentation mixte, une vapeur V_p montant vers le plateau $p-1$, et un liquide L_p descendant vers le plateau $p+1$.

Les colonnes de distillation réalisent un contact à contre courant entre la vapeur et le liquide au niveau de tous les plateaux à travers la colonne, la vapeur monte vers les plateaux supérieurs en s'allégeant, tandis que le liquide descend vers les plateaux inférieurs en s'alourdissant ; La phase vapeur et la phase liquide au niveau de chaque plateau sont en équilibre thermodynamique; le bon contact entre les deux phases dépend de l'efficacité du plateau. Toutes les séparations exécutées entre le distillat et le résidu dépendent de la volatilité des composants, le nombre de plateaux, le rapport entre le débit de la phase liquide et celui de la phase vapeur (pourcentage vaporisé).

Si l'alimentation est introduite en dessus d'un plateau de la colonne, la colonne est divisée en deux sections, l'une supérieure à ce plateau qui s'appelle section de rectification et l'autre inférieure qui s'appelle section d'épuisement ; mais ces termes deviennent un peu indéfinis pour les colonnes équipées d'une clarinette d'alimentation (alimentation multiple).

Considérons un plateau théorique p recevant du plateau supérieur un liquide L_{p-1} plus froid que la vapeur V_{p+1} s'élevant du plateau inférieur.

Le contact entre ce liquide froid et cette vapeur chaude va conduire à une température intermédiaire T_p qui sera celle du plateau P , telle que :

$$T_{p-1} < T_p < T_{p+1}$$

Cette température T_p sera, évidemment, égale à celle de la vapeur V_p et du liquide L_p en équilibre, telle que : $y_p = k_p x_p$ (I.2)

La vapeur chaude V_{p+1} en se refroidissant de T_{p+1} à T_p va se condenser partiellement dans le plateau P en perdant surtout ses constituants lourds qui passent dans la phase liquide.

Le liquide froid L_{p-1} en se réchauffant de T_{p-1} à T_p va se vaporiser partiellement dans le plateau P en perdant essentiellement ses constituants volatiles qui passent dans la phase vapeur.

Les conséquences de ce double échange de constituants entre les deux phases conduit à :

- La constance des débits liquide et vapeur L et V .
- L'enrichissement de la phase vapeur en constituants volatiles au cours de sa traversée du plateau, en même temps que sa température diminue :
 - Constituants volatils : $y_p > y_{p+1}$
 - Constituants lourds : $y_p < y_{p+1}$
 - Température : $T_p < T_{p+1}$
- Un enrichissement de la phase liquide en constituants lourds au cours de sa traversée du plateau en même temps, que sa température augmente :
 - Constituants volatils : $x_{p-1} > x_p$
 - Constituants lourds : $x_{p-1} < x_p$
 - Température : $T_{p-1} < T_p$

En utilisant une succession de plateaux théoriques, le même phénomène d'échange de constituants se répète dans chacun des plateaux, donc, avec un nombre optimal de plateaux, la vapeur qui sort en tête pourrait ne contenir que les constituants volatiles, alors que le liquide descendant du dernier plateau contiendrait tout les autres constituants, et ainsi une séparation est faite [4].

I-3- Circulation des produits :

La figure I-3 présente le schéma classique d'une colonne de distillation, comportant n étages théoriques de rectification et m plateaux en épuisement. Le condenseur et le rebouilleur, donnant lieu à un contact, sont comptés comme des étages d'indice 0, un plateau quelconque est repéré par l'indice p . Q_c et Q_r sont les quantités de chaleur éliminée au condenseur et fournie dans le rebouilleur.

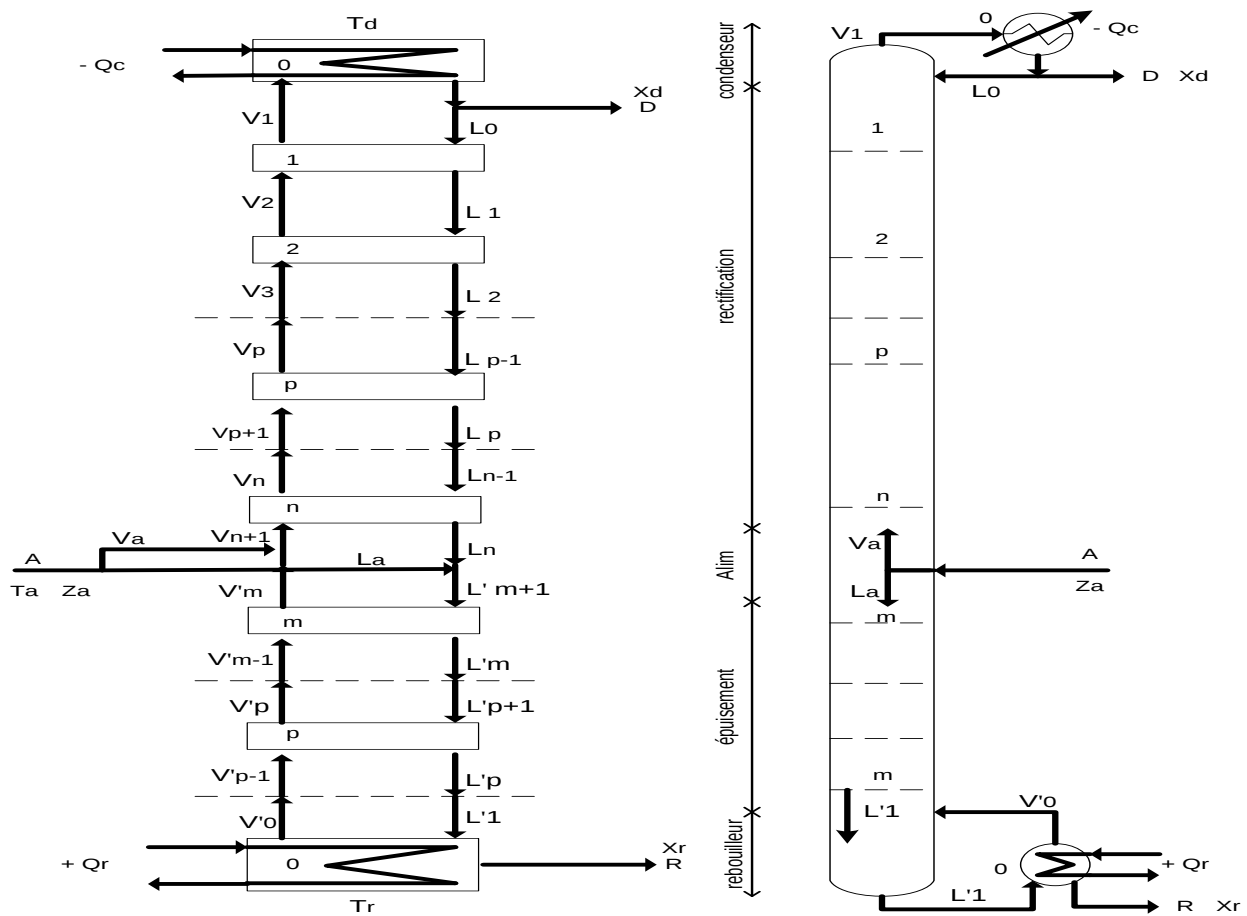


Figure I-3- Schéma d'une colonne de distillation [4].

Supposons que l'alimentation A , de composition Z_a , disponible à la température T_a , sous la pression P , se présente sous forme d'un mélange partiellement vaporisé : un liquide L_a et une vapeur V_a , ces deux phases sont introduites simultanément dans la colonne entre les deux plateaux n et m .

La vapeur V_a , à laquelle s'est jointe la vapeur V'_m émise par le plateau m pour donner la vapeur V_{n+1} , traverse les n plateaux de la section de rectification en s'enrichissant en produits volatiles, au sommet de la colonne, la vapeur V_1 pénètre dans le plateau théorique 0 qui joue le rôle de condenseur ou elle va perdre une quantité de chaleur Q_c et se condenser, la vapeur condensée est séparée en deux courants liquides :

a- un « distillat » D de composition X_d soutiré.

b- un reflux L_0 qui, à contre-courant avec la vapeur, traverse les plateaux de rectification jusqu'au plateau n d'où il sort sous la désignation L_n , le reflux sert à régler la température de la tête de colonne et augmenter la qualité du fractionnement en éliminant les fractions lourdes entraînées avec la vapeur ascendante.

Le liquide L_a , auquel s'ajoute le liquide L_n ci-dessus pour devenir L'_{m+1} , descend à travers les m plateaux de la section d'épuisement en s'enrichissant en produits lourds jusqu'à ce qu'il devient L'_1 , ce dernier pénètre dans le plateau 0 qui joue le rôle de rebouilleur ou il recevra une quantité de chaleur Q_r , puis il sera séparé en deux parties :

a- Un liquide appelé « résidu » R de composition X_r soutiré.

b- une vapeur V'_0 qui retourne en fond de colonne pour la revaporisation des fractions légères entraînées avec le liquide descendant.

L'alimentation est introduite à une température T_a comprise entre T_c et T_r :

$$T_c < T_a < T_r$$

Les quantités de liquide et de vapeur en circulation dans la colonne sont définies par les rapports suivants :

$$\text{*Taux de reflux} = L_0/D = r_f \text{ (I.3.1)}$$

Contrôlé par le débit de reflux de tête L_0 .

$$\text{*Taux de rebouillage} = V'_0/R = r_b \text{ (I.3.2)}$$

Contrôlé par le débit de vapeur du rebouillage V'_0 [4].

I-4-Facteurs opératoires :

I-4-1- La pression :

La pression de fonctionnement est déterminée une fois pour toute, afin que le distillat sortant en tête soit en dessous de son point de bulle (c'est-à-dire entièrement condensé), donc quel que soit la complexité du mélange à distiller, le choix de la pression est avant tout un problème économique. On sait déjà qu'à faible pression, la sélectivité sera meilleure et que l'on évitera l'altération thermique des produits, mais, en contrepartie il faut condenser à basse température les vapeurs de tête pour obtenir un reflux et un distillat liquide. C'est donc le choix du liquide réfrigérant qui va imposer la pression dans la colonne, en générale on utilise une source froide de bon marché et abondante, eau douce ou eau de mer, ces deux sources assurent à peu près une température moyenne de 25°C. La pression n'est donc pas un facteur de réglage opératoire proprement dit.

I-4-2-Température :

On rappelle que dans tout équilibre sous une pression donnée, les compositions des liquides **L** à leur point de bulle et des vapeurs **V** à leur point de rosée sont fonction de la température.

a. Composition du distillat :

Le distillat **D** de composition x_d provient de la condensation de la vapeur **V**₁ :

$$V_1 = L_0 + D \quad (\text{I.4.2.1})$$

$$\text{D'où : } y_1 = x_0 = x_d$$

Pour agir sur la composition x_d du distillat, il faut donc modifier la composition y_1 de la vapeur **V**₁ sortant du plateau de tête, c'est-à-dire contrôler la température de ce plateau.

Supposons que l'on veuille augmenter la pureté x_d du distillat, il faut donc diminuer la température **T**₁, on peut y parvenir par les deux méthodes suivantes :

1. Maintenir le débit L_0 constant, et diminuer sa température T_0 comme le montre la figure. I-4-2-1 :

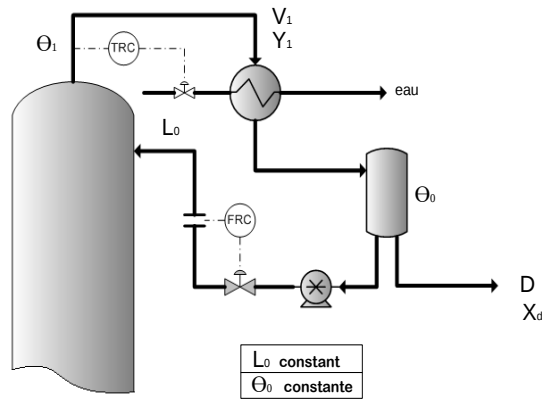


Figure I-4-2-1- Réglage de T_1 par changement de T_0 .

2. Maintenir la température T_0 de L_0 constante et augmenter son débit, comme le montre la figure I-4-2-2 :

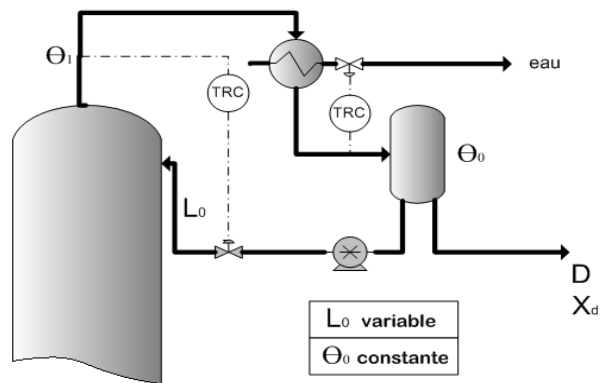


Figure I-4-2-2- Réglage de T_1 par changement de L_0 .

b. Composition du résidu :

Le résidu sort du rebouilleur à sa température de bulle T_b , pour augmenter sa pureté x_r c'est-à-dire améliorer sa composition en constituants lourds, on augmente la température du rebouillage par accroissement du débit vapeur, ce qui fait croître le débit de vapeur V' et par conséquent le taux de rebouillage V'/R , comme le montre la figure I-4-2-3 ci-dessous :

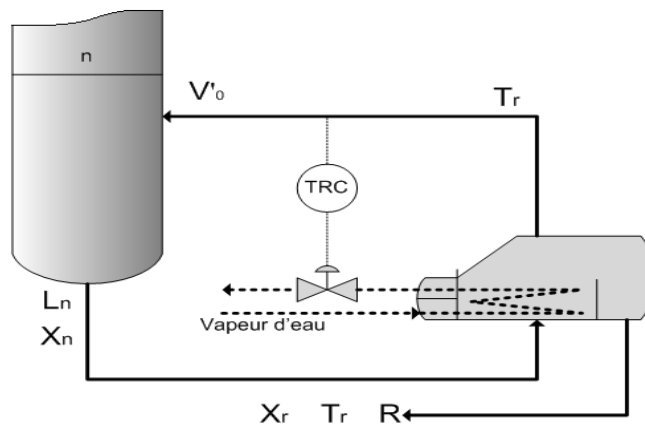


Figure I-4-2-3-Réglage de la T_r par le débit de la vapeur d'eau

c. Réglage de la colonne :

Supposons que l'on veuille améliorer la pureté x_d du distillat en augmentant le débit L de reflux ; Puisque l'on a :

$$V = L + D \quad (\text{I.4.2.2})$$

On voit que l'augmentation de L entraîne obligatoirement la nécessité d'augmenter V de la même valeur pour conserver la quantité de distillat D .

$$\text{Or, on a : } V = V_a + V' \quad (\text{I.4.2.3})$$

Où V_a , partie vapeur de l'alimentation est constante.

Il faut donc augmenter le débit du fluide chauffant du rebouilleur pour augmenter la quantité de vapeur V' . Cela nous ramène à dire que toute modification apportée au débit du reflux de tête, entraîne une modification de même sens du débit du fluide chauffant sur le rebouilleur [4].

I-4-3- Distillation T.B.P:

Pour obtenir rapidement une image de la composition, le laboratoire d'analyse effectue généralement une distillation ASTM. Dans certains cas, nous devons avoir une connaissance plus précise des constituants par un autre type de distillation, plus sélective et appelée points de distillation vrais ou « True Boiling Point » TBP figure I-4-3-1 [5].

La distillation TBP est réalisée dans un appareillage représentant un nombre important d'étages ou de plateaux théoriques, c'est-à-dire un appareillage à très bonne sélectivité, équivalent à la succession de très grand nombre de distillation simples élémentaires. La courbe TBP est obtenue en notant la température de la vapeur en fonction du pourcentage distillé figure I-4-3-2 [5].

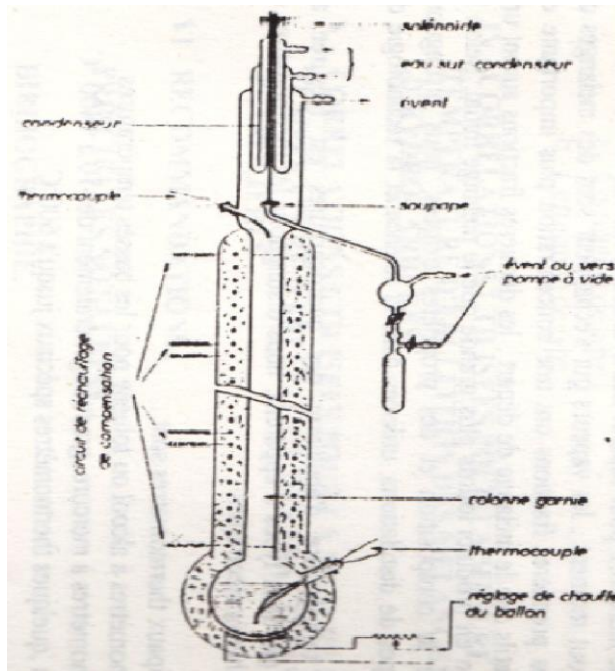


Fig.I-4-3-1- Appareil de distillation T.B.P [6]

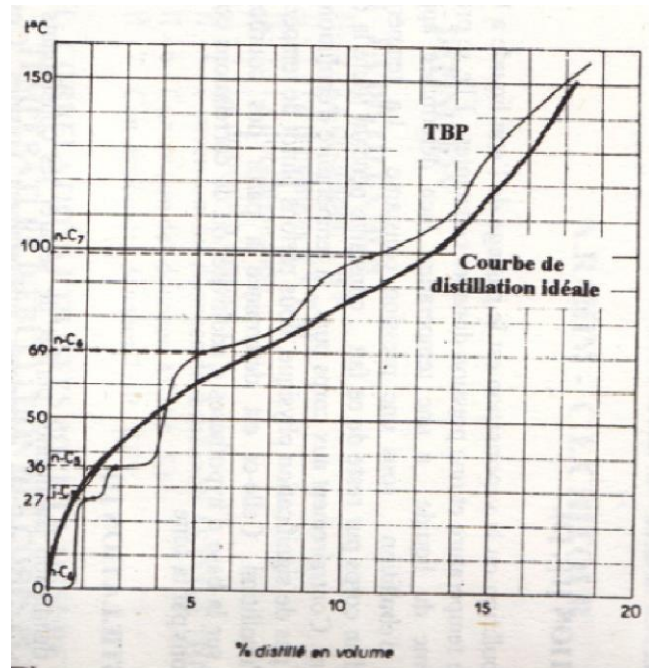


Fig.I-4-3-2 Courbe de distillation T.B.P [6]

I-4-4-Distillation A.S.T.M:

La distillation ASTM « American Society for Testing Materials » est utilisée pour fournir les spécifications de distillation des produits pétroliers. En effet, la courbe de distillation ASTM fournit à l'utilisateur de précieux renseignements sur la composition du pétrole brut. Son principal avantage est le temps court qu'elle nécessite. Son mode d'utilisation est simple.

Le principe : l'appareillage utilisé dans cette technique de distillation dite ASTM comporte un ballon de distillation pouvant contenir 100 ou 200 ml de produit que nous chauffons et distillons à vitesse déterminée figure I-4-4-1. Les vapeurs formées sont condensées dans un tube en cuivre baignant dans un mélange d'eau et de glace pilée, puis recueillis dans une éprouvette graduée. Lorsque la première goutte de condensat apparaît à la sortie du tube, nous notons la température dans le ballon : c'est le point initial de la distillation. Ensuite, la température est relevée régulièrement lorsque 5, 10, 20, ..., 90, 95% du produit sont distillés et recueillis de l'éprouvette. En fin de distillation, la température décroît par suite de l'altération thermique de dernières traces liquides dans le ballon. Le maximum de température est le point final de distillation. La courbe de la température en fonction du pourcentage distillé est appelé « courbe de distillation ASTM » indiquée de figure I-4-4-2. La distillation ASTM est beaucoup moins sélective que la distillation appelée TBP [5].

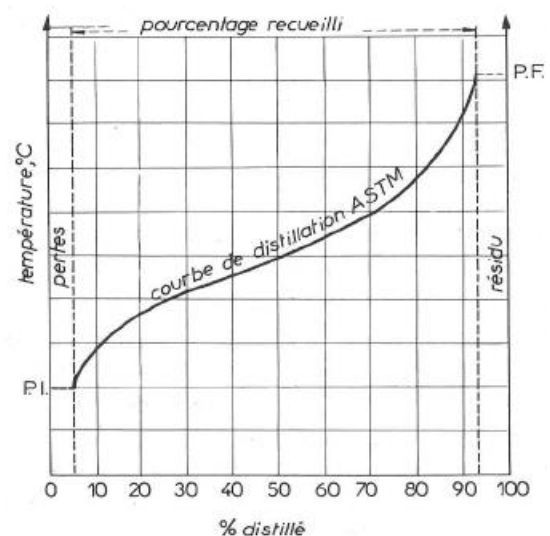
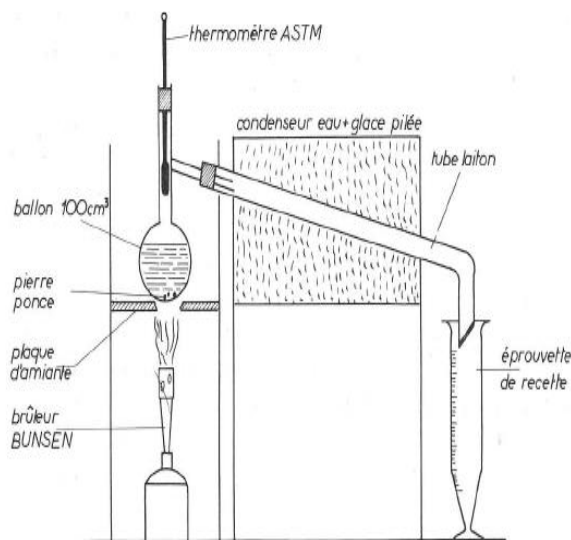


Fig. I-4-4-1-Appareil de distillation A.S.T.M **Fig. I-4-4-2-** Courbe de distillation A.S.T.M [6].

I-5- Description de la colonne de distillation :

La colonne de distillation est un appareil cylindrique horizontal avec une hauteur qui dépend du nombre de plateaux ou à garnissages qu'il contient et la distance entre eux.

La colonne à plateaux plus utilisés pour la distillation continue, mais la colonne à garnissages le but pour la distillation discontinue. Les plateaux est de types à clapets qui permettent d'assurer un contact intime entre la phase liquide descendante et la phase vapeur ascendante.

Elle est constituée de trois zones :

I-5-1- Zone d'alimentation ou zone de flash :

C'est la zone d'injection de la charge chauffée à une température de 350 °C, où s'effectue la séparation en phase liquide et en phase vapeur. Elle doit assurer une bonne séparation des phases et protéger les parois contre l'érosion. Pour cela, la matière première entre par des tubulures tangentielles et se dirige vers le centre en spirale grâce à une plaque métallique placée verticalement. Elle est compris entre le 5^{ème} et le 6^{ème} plateaux.

I-5-2- Zone de rectification :

On effectue la rectification grâce à des plateaux dont le nombre varie entre 42 à 46 plateaux. Cette zone permet d'obtenir des produits légers par le stripage et les soutirages latéraux allant du gaz jusqu'au gas-oil lourd.

I-5-3- Zone d'épuisement :

Elle se trouve à la partie basse de la colonne et comprend environ cinq (5) plateaux. A partir de cette zone, on obtient le résidu atmosphérique qui est utilisé comme matière première à la distillation sous vide pour la production des huiles lubrifiantes, avec l'injection de vapeur d'eau surchauffée et sous basse pression pour éliminer les constituants les plus volatiles restant dans le résidu. Pour que la colonne fonctionne normalement et pour l'augmentation de la qualité des produits, on utilise :

1- Stripping : en général, les produits soutirés soient au fond de la colonne, soit latéralement, ne sont pas corrects en leur point initial, ce qui incite à effectuer une opération de correction pour ses soutirages et ce, afin de limiter la teneur en hydrocarbures légers, par l'injection de la vapeur d'eau surchauffée à 400 °C et à basse pression. Le strippage du kérosène et le solvant lourd qui nécessitent une absence totale d'eau se fait par rebouilleur.

2- Soutirage : Les soutirages latéraux, à partir de la partie inférieure de la colonne vers le haut ont pour fonction d'absorber une quantité de la chaleur. Avec le kérosène, gas-oil léger, gas-oil lourd.

3- Reflux : Afin de contrôler la température dans les différentes parties de la colonne, on utilise les reflux suivant :

- Reflux de tête.
- Reflux chaud.
- Reflux circulant intermédiaire et reflux circulant intérieur.

* A la fin de l'opération de distillation, on a les fractions qui sont caractérisées par les points d'ébullition initiale et finale :

- GPL	<28 °C.	- Naphta A	28 – 65 °C.
- Naphta B	65 – 150 °C.	- Naphta C	150- 180 °C.
- Kérosène	180 – 225 °C.	- Gas-oil léger	225 – 360 °C.
- Gas-oil lourd	320 – 360 °C.	- Résidu	>360 °C. [4]

I-6- Régulation de base d'une colonne à distiller :

En tête de colonne et en fond de colonne, un des deux fluides disponibles (reflux/distillat ou résidu/fluide rebouillage) doit être utilisé pour réguler le niveau de liquide dans la capacité correspondante. Employer le reflux pour assurer la régulation de tête recycle dans la colonne les petites perturbations qui interviennent dans le ballon de condensât. Cette situation n'est pas saine dans la mesure où les trafics internes de la colonne ne sont pas bien maîtrisés et conduisent à une fluctuation importante de la qualité des produits. Pour cette raison, on préfère la configuration présentée par la figure I-6. Le distillat et le résidu assurent la régulation des niveaux alors que les débits de reflux et de fluide de rebouillage sont régulés de manière à stabiliser les conditions à l'intérieur de la colonne. La constance des débits vapeur et liquide est favorable au fonctionnement de la colonne mais n'assure pas pour autant de bonnes performances pour toutes sortes de perturbations [2].

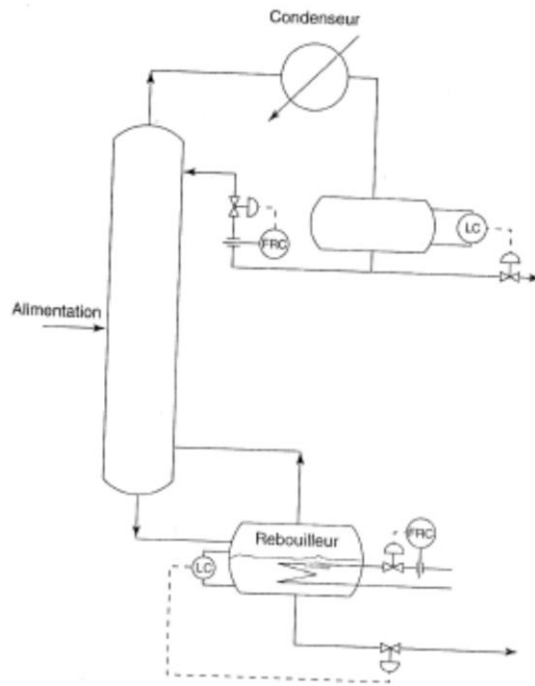


Figure I-6-Régulation de base d'une colonne à distiller [2].

I-7- Distillation des mélanges binaires :

On entend par distillation binaire une distillation qui sépare un mélange en deux produits qui sont soit des corps purs, soit des mélanges comportant moins de constituants que le mélange initial. L'industrie offre rarement l'occasion de distiller un véritable mélange binaire ; cependant l'étude de ce type de distillation est particulièrement intéressante, car la simplicité des équations mises en jeu permet une analyse précise de l'opération, mettant en valeur des relations générales entre les paramètres, de sorte qu'il sera possible ultérieurement de généraliser ces lois à la distillation des mélanges complexes ou encore d'établir une équivalence entre ces derniers et un mélange binaire représentatif, constitué par deux constituants-clés du complexe.

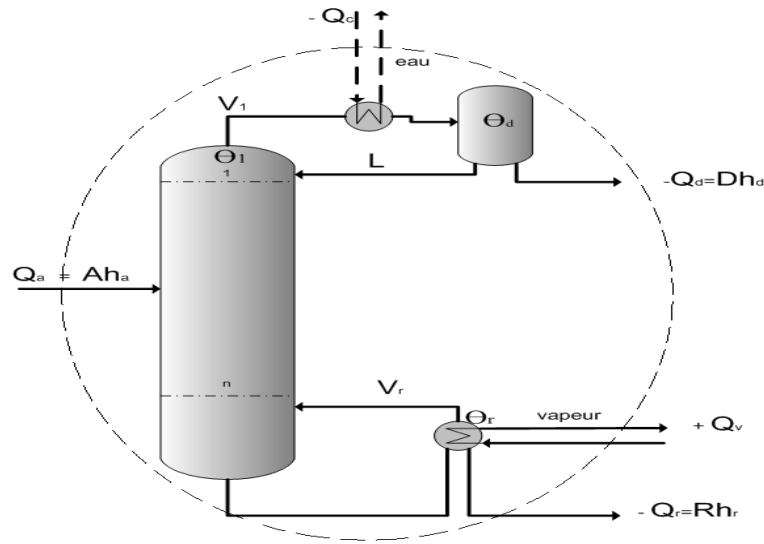


Figure I-7-Schéma du bilan thermique de la colonne [4].

h_a = l'enthalpie ou quantité de chaleur contenue dans 1 molécule d'alimentation.

h_d = l'enthalpie d'une molécule de distillat.

h_r = l'enthalpie d'une molécule de résidu.

$Q_a = A.h_a$ = l'enthalpie d'alimentation.

$Q_d = D.h_d$ = l'enthalpie du distillat.

$Q_r = R.h_r$ = l'enthalpie du résidu.

Q_c = la quantité de chaleur emportée au condenseur par le fluide de réfrigération.

Q_v = la quantité de chaleur acquise par la vapeur V_r dans le rebouilleur [4].

Et, écrivons, en négligeant les pertes thermiques, l'égalité des quantités de chaleurs qui entrent et qui sortent sera la suivante :

$$Q_a + Q_v = Q_d + Q_r + Q_c \text{ (I.7)}$$

Conclusion :

Cette opération unitaire est un procédé de séparation basée sur la propriété de température d'ébullition des hydrocarbures composant le pétrole, on utilise la colonne de distillation continue ou discontinue. Ceci dans le but de disposer de fractions pétrolières acceptables sur lesquelles des essais d'analyse peuvent être réalisés.

CHAPITRE II: La distillation atmosphérique « topping »

Introduction :

La distillation atmosphérique est l'unité de base du raffinage de pétrole brut, historiquement apparue à la fin du dernier siècle. De par sa position en amont de toutes les autres unités, elle traite la plus grande quantité de produit et elle a un rôle clef dans la bonne marche de la raffinerie [2].

L'installation de distillation atmosphérique réalise la première séparation du pétrole brut et permet d'obtenir plusieurs coupes principales en utilisant en général une seule colonne de distillation à soutirages multiples appelée colonne de distillation atmosphérique.

II-1- Définition:

La première opération subie par le pétrole brut est la distillation initiale dans une installation de fractionnement appelée « topping ». Cette unité de raffinage sépare le brut en plusieurs fractions ou «coupes», constituant la matière première des installations ultérieures qui les transformeront en produits commerciaux.

Dans l'unité combinée décrite ci-dessous, la distillation permet d'obtenir les coupes suivantes :

- gaz : au réseau de gaz combustible.
- coupe C₃/C₄ : matière première à butane/propane.
- essence légère stabilisée : base pour carburant auto.
- coupe « naphta » : charge pour l'unité de réformation catalytique.
- kérosène : matière première pour pétrole lampant ou carburéacteur.
- gasoil atmosphérique : pour constitution carburant diesel.
- gasoil lourd sous vide : fluxant des fuels ou charge de craquage catalytique.
- quatre distillats sous vide : matière première pour lubrifiants.
- résidu atmosphérique : matière première pour fuels lourds.
- résidu sous vide : matière première pour bitumes ou désasphaltage au propane [5].

II-2- Description du procédé:

La figure II-2 présente un schéma d'unité de distillation atmosphérique de pétrole brut.

La séparation est généralement obtenue dans une colonne unique, fonctionnant sous une pression de 1 à 3 bars réels, le plus souvent à la pression la plus basse possible. Les soutirages de produit sont effectués latéralement par l'intermédiaire de stripeurs. Ces colonnes sont rebouillies (lorsque l'on désire un produit sec) ou, plus généralement, strippées à la vapeur d'eau; les fractions légères revaporisées sont renvoyées à la colonne principale au-dessus du soutirage liquide alimentant le strippeur. Cette colonne, qui se comporte en fait comme un absorbeur à reflux, est munie de un à trois reflux circulants permettant de récupérer la chaleur à des niveaux thermiques intéressants. Le sur-vaporisé ou *overflash*, qui est le reflux interne du premier plateau au-dessus de l'alimentation, est soutiré (rarement), ou renvoyé en fond de tour. Il mesure de fait l'excès de vaporisation de la charge et garantit la qualité du gazole lourd. La condensation de tête est totale ou partielle suivant la température du fluide de réfrigération et la nature du brut. Dans le cas où elle est partielle, la fraction gaz résiduelle est normalement reprise par un compresseur et envoyée au réseau gaz combustible de la raffinerie. La colonne principale, haute d'une cinquantaine de mètres, est équipée le plus souvent de 30 à 50 plateaux conventionnels à clapets et les stripeurs latéraux de 4 à 10 plateaux du même type. Le brut est préchauffé dans un train d'échangeurs par récupération de chaleur sur les produits et les reflux circulants jusqu'à une température comprise entre 120 et 160°C, à laquelle il est dessalé. Cette opération s'effectue à une pression suffisamment élevée (une dizaine de bars) pour que le mélange brut plus eau reste liquide à la température considérée. Le brut dessalé est ensuite chauffé dans un second train d'échangeurs, puis dans un four, jusqu'à une température d'environ 330 à 390°C, pour alimenter la colonne principale à l'état partiellement vaporisé. Les coupes produites sont parfois séchées :

- soit à une température d'environ 150°C dans des sécheurs sous vide empilés avec les strippeurs latéraux;
- soit à la température de coulée, à l'aide de simples coalesceurs ou de filtres à sel [2].

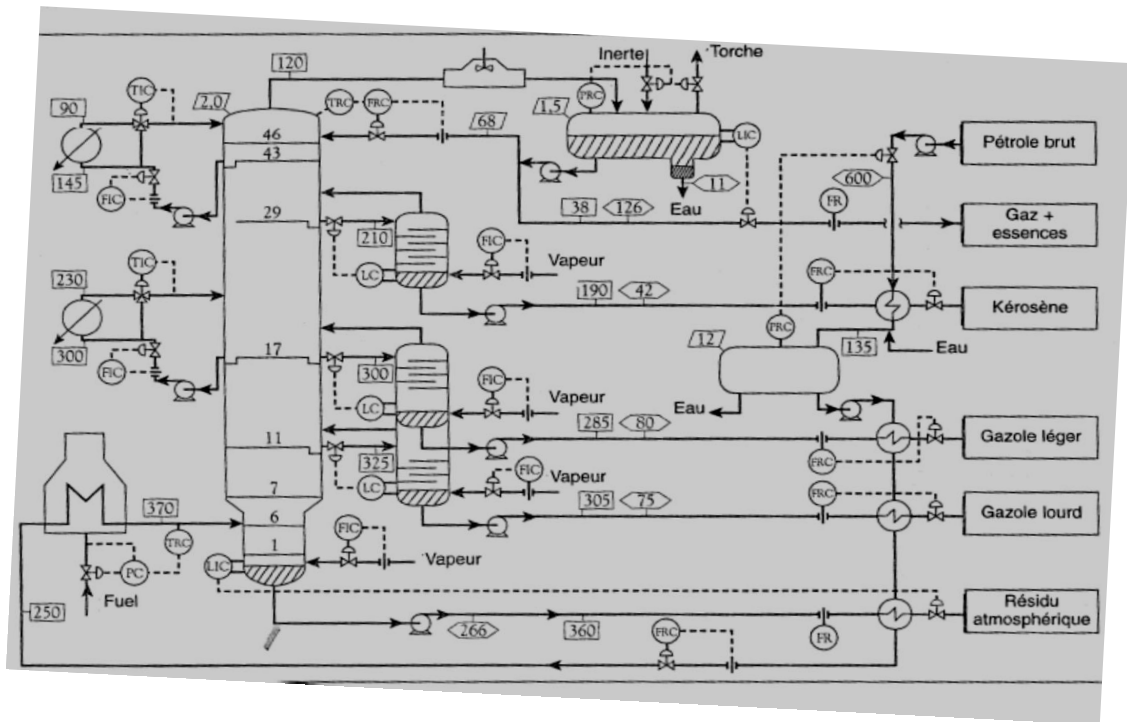


Figure II-2-Schéma d'une unité de distillation atmosphérique de pétrole brut

(Source : ENSPM-FI) [2].

II-3- Schéma de Principe:

L'opération consiste à fractionner le pétrole brut en une série de coupes (ou fractions) élémentaires : gaz, essence légère, essence lourde, kérosène, gasoil et résidu atmosphérique. La séparation est généralement réalisée dans une colonne unique, fonctionnant sous une pression à peine supérieure à 1 ATM. Et possédant des soutirages latéraux.

Le schéma de principe d'une telle unité est présenté à la figure II-3, où il est montré que la colonne unique correspond en réalité à un empilage vertical de quatre tronçons simples que l'on pourrait disposer sur le même plan avec des pompes de circulation pour les divers reflux. Cette décomposition explique le mécanisme de calcul par section, d'une telle colonne. Signalons également que ce fractionnement se réalise sur les effluents des unités de craquage catalytique ou thermique et que la conduite des calculs est identique.

Au lieu de décrire d'une manière théorique les différentes étapes du calcul, nous avons préféré traiter un exemple concret où les explications seront fournies au fur et à mesure du développement [5].

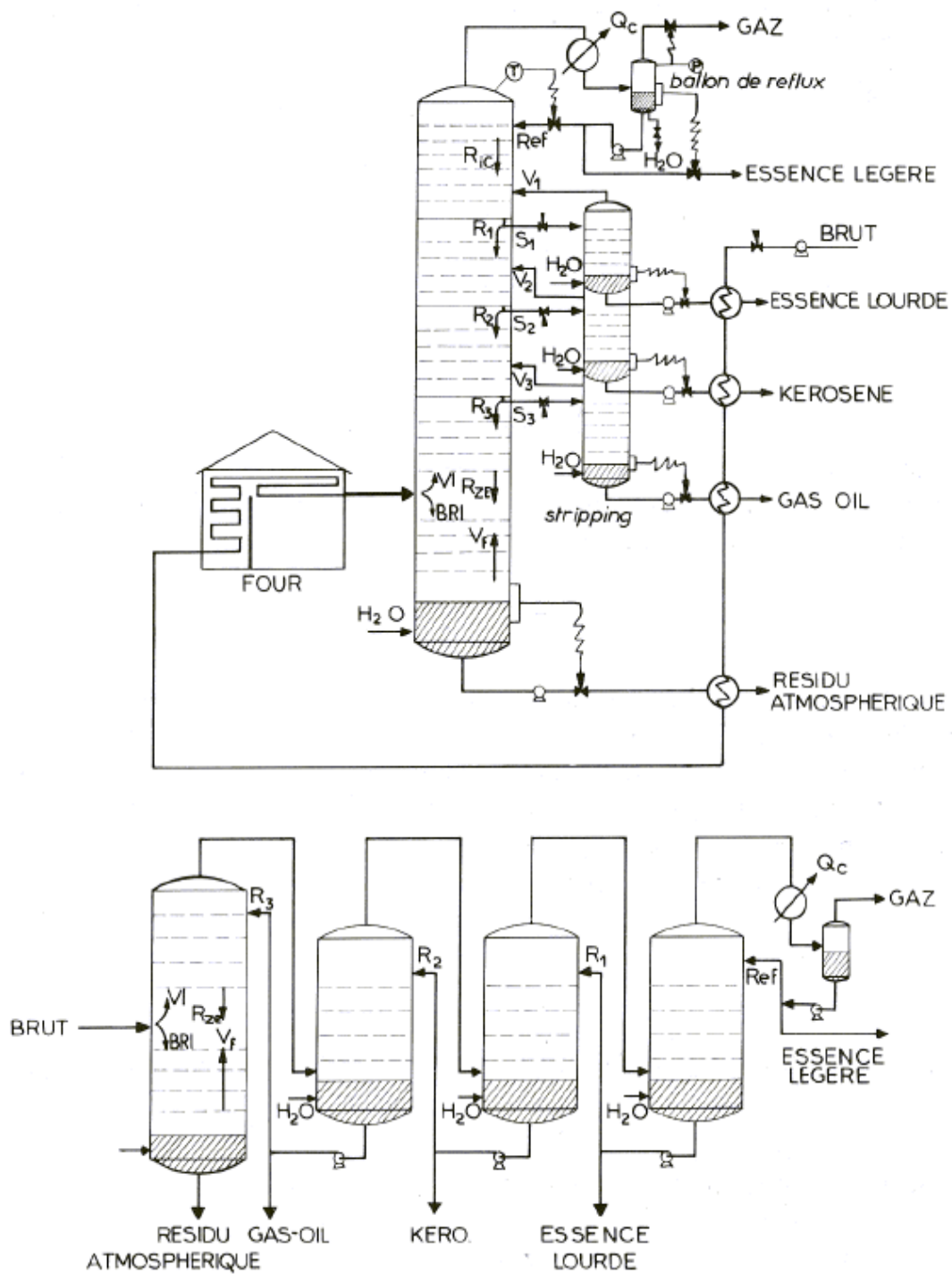


Figure II-3- Schéma de principe d'une unité de distillation initial de pétrole brut [5].

II-4- Principe général de fonctionnement:

Le topping, bien qu'étant considéré comme une distillation atmosphérique, fonctionne en réalité sous une légère pression de 2 à 3 bars relatifs, maintenue constante par le **PRC** du ballon de reflux. La colonne de distillation atmosphérique est une fusion des zones (colonnes), ou plutôt de la complexité des opérations pour fractionner du pétrole comme suit :

II-4-1- Zone alimentation :

Le pétrole brut est porté à 360°C environ par passage dans un train d'échangeurs, puis dans un four ou pipe. La tuyauterie d'alimentation entre le four et la colonne s'appelle ligne de transfert.

A 360°C sous la pression d'aspiration le brut est partiellement vaporisé, se séparant en une vapeur V_a et un liquide L_a en équilibre.

Le pourcentage vaporisé du brut est très variable, il dépend de la teneur du brut en hydrocarbures légers distillant avant 360°C. (60% et plus sur bruts légers, 20% bruts lourds)

La température de chauffage du brut doit être réglée de manière à ce que la partie vaporisée V_a en montant dans la section de rectification puisse assurer la production de gaz + essence + soutirages. Or, la vapeur V_a en équilibre avec le liquide L_a contient donc des hydrocarbures plus lourds que ceux du gasoil et qui devront donc être éliminés de cette vapeur pour rejoindre le résidu soutiré au fond de colonne.

Ceci implique donc que V_a soit supérieure à la somme des produits sortis en section de rectification : $V_a = G + E + N + K + GO + \Delta$

De même la partie liquide L_a en équilibre avec la vapeur V_a contient des hydrocarbures volatils et notamment du gasoil qu'il faudra éliminer par une vaporisation en épuisement.

II-4-2- Section de rectification :

Elle est alimentée par la vapeur V_a de l'alimentation et reçoit en tête le reflux froid à 40°C constitué par l'essence légère du ballon de reflux.

La température est d'environ 100°C ce qui correspond à la température de rosée des vapeurs V_a produites par le premier plateau. La variation de température de 360°C à

l'alimentation, à 100°C en tête de colonne entraîne une évolution continue des compositions liquides et vapeurs par condensation progressive des lourds de la vapeur.

Aux niveaux respectifs 1, 2, 3, la composition des liquides en équilibre avec ces vapeurs correspond sensiblement aux compositions, du naphta, du kérosène et du gasoil, ce qui détermine les niveaux des soutirages **S₁**, **S₂**, **S₃**. Les températures relevées sur les plateaux de soutirage sont les températures de bulle des produits soutirés.

Le reflux liquide **R₃** descendant du soutirage gasoil a pour fonction de condenser sélectivement les hydrocarbures les plus lourds de **V₃** et de les faire redescendre vers le fond de la colonne sous forme d'un reflux **R_a**. L'insuffisance de reflux entre l'alimentation et le soutirage du gasoil provoque la coloration du gasoil en marron clair, due à la présence de résidu entraîné.

Le bilan de la section de rectification s'écrit donc :

$$V_a = G + E + N + K + GO + R_a \quad (R_a = \Delta)$$

Le reflux se mélange à **L_a** pour alimenter la section d'épuisement.

Le réglage des soutirages s'effectue par examen des courbes ASTM des produits soutirés. Par exemple si le point final du kérosène et le point initial du gasoil sont trop faibles, la correction consiste à ouvrir légèrement plus le soutirage de kérosène et à fermer de la même valeur le soutirage du gasoil.

II-4-3- Colonne de stripping :

Les soutirages **S₁**, **S₂**, **S₃** sont des liquides prélevés sur des plateaux où ils sont en équilibre avec les vapeurs qui les traversent. Or ces vapeurs contiennent tous les constituants produits au-dessus du soutirage et notamment le gaz et l'essence légère.

Si ces liquides ont grosso-modo la composition de produits commerciaux, ils ont cependant des points d'éclairs beaucoup trop bas par suite d'une teneur excessive en légers.

On pourrait penser à envoyer ces soutirages dans une petite colonne de distillation avec un rebouilleur pour les débarrasser de leurs impuretés volatiles mais cette solution serait coûteuse et compliquée (altération par cracking à température élevée). On préfère donc utiliser des colonnes de stripping ou strippers équipées d'environ six à huit plateaux et au fond desquelles on injecte de la vapeur d'eau pour abaisser la pression partielle des

hydrocarbures. Le liquide soutire et à sa température de bulle sous la pression **P** régnant dans la colonne et l'on a donc l'égalité :

- **P = Π_s** = tension de vapeur des produits soutirés à la température de soutirage.

La pression totale dans le stripper est toujours **P**, elle correspond à la somme des pressions partielles suivantes :

- **Π_s** = pression partielle des vapeurs d'hydrocarbures

- **P_{pe}** = pression partielle de la vapeur d'eau (fonction du débit de vapeur d'eau)

- **$P = \Pi_s + P_{pe}$**

On en conclut : **$\Pi_s = P - P_{pe}$** .D'où : **$\Pi_s > P_{ps}$**

La tension de vapeur étant supérieure à la pression partielle, il se produit une vaporisation des constituants les plus volatils des produits soutirés jusqu'à ce que l'alourdissement conduise à une composition telle que la nouvelle tension de vapeur **Π_s** devienne égale à **P_{ps}** et que finalement le point d'éclair soit ajusté à la valeur spécifiée.

Les hydrocarbures légers revaporisés ainsi que la vapeur d'eau de stripping sortent en tête du stripper et sont réinjectés trois plateaux au-dessus du soutirage. Du fond du stripper, sort le produit à point d'éclair correct à travers une vanne automatique sous contrôle d'un **LRC** monté sur le fond du stripper.

Les 3 colonnes sont superposées verticalement, mais sont totalement indépendantes, séparées par des fonds bombés.

II-4-4- Sommet de colonne :

V₁, sortant du plateau de tête est partiellement condensée à l'eau ou à l'air, puis séparée dans le ballon de reflux en gaz et essence légère en équilibre.

La température après condensation étant d'environ 40°C, la pression dans le ballon de reflux et dans la colonne est réglée de manière à obtenir le maximum de condensat, sans toutefois jamais dépasser 3 ou 4 bars absolus.

La valeur de la pression est fonction de la teneur en **C₃** et **C₄** dans le brut. La vapeur d'eau des strippers passe en tête de colonne en même temps que **V_a** puis elle est totalement

condensée. Elle décante au fond du ballon de reflux et recueillie dans un pot d'où elle est purgée automatiquement en continue. Le reflux externe froid à 40°C est renvoyé sur le plateau de tête, son débit est réglé par un **TRC** qui maintient constante la température de tête et donc la composition de **V₁**.

Ce reflux externe **R_{of}**, plus froid que les vapeurs de tête se réchauffe progressivement sur les premiers plateaux en condensant les parties lourdes des vapeurs de tête, ce qui provoque l'augmentation du débit de reflux.

A 3 ou 4 plateaux au-dessous du sommet le reflux s'est réchauffé pour atteindre la température de la vapeur et son débit à augmenter de **R_{of}** à **R_{oc}** (reflux interne chaud). La modification du point final de l'essence légère s'obtient en faisant varier la température de tête par action sur le débit de reflux. En diminuant le point de consigne du **TRC**, le débit de reflux augmente et le point final de l'essence diminue.

II-4-5-Section d'épuisement :

Elle est alimentée au plateau supérieure par la partie liquide **La** du brut à laquelle vient s'ajouter le reflux **R_a**. La récupération du gasoil entraîné dans **La** s'effectue par stripping du fond de tour. La revaporisation produit une petite quantité de vapeur **V_a** qui remonte dans la section de rectification avec **V_a**.

Le bilan de l'épuisement s'établit donc comme suit :

$$\mathbf{L_a + R_a = BR + V_a} \text{ (BR = brut réduit).}$$

Le stripping du résidu est très important :

- Soit pour ajuster le point d'éclair du brut réduit, vendu comme fuel lourd
- Soit pour récupérer le maximum de gasoil, avant d'envoyer le résidu à la distillation sous vide [5].

II-5- Reflux circulants intermédiaires :

Dans un tronçon de colonne entre deux soutirages, on extrait latéralement une certaine quantité de liquide **Rci** que l'on refroidit à travers un échangeur avant de le réintroduire 3 plateaux au-dessus.

En redescendant sur ces 3 plateaux le reflux circulant intermédiaire **Rci** se réchauffe jusqu'à son plateau de sortie en condensant une certaine quantité de vapeur.

Cette condensation locale, correspondant à l'extraction d'une quantité de chaleur **Qc**, entraîne une diminution sensible des débits liquides et vapeur dans la partie supérieure de la colonne.

On met en place généralement deux reflux circulants : l'un entre le soutirage naphta/kérosène.

*L'autre entre kérosène et gasoil, en appelant :

-**Qc** : la quantité de chaleur éliminée par le condenseur sans reflux circulants.

-**qc1** et **qc2** : les quantités de chaleur éliminées par les reflux circulants intermédiaires.

-**Q'c** : la quantité de chaleur à éliminer par le condenseur de tête avec deux reflux circulants devient :

$$Q'c = Qc - qc1 - qc2$$

Ce système réduit donc notablement la dimension du condenseur de tête, celle du ballon de reflux, ainsi que la consommation du fluide de condensation.

Avantages :

-réduction du diamètre de la colonne, du condenseur et du ballon de reflux.

-diminution du débit de fluide de condensation.

-meilleure efficacité moyenne des plateaux par suite de débits liquides variantes peu du sommet au fond de la colonne.

-récupération de chaleur (qc) à haut niveau thermique (200-250 °C) alors qu'au sommet Qc n'est disponible qu'à 100°C.

Inconvénients :

- trois plateaux supplémentaires par reflux circulant, servant d'échangeurs thermique (le liquide et la vapeur n'étant pas à la même température, ces plateaux ne peuvent servir des plateaux de fractionnement).
- coût supplémentaire pour une pompe et un échangeur par reflux circulant.

Les avantages compensent très largement les inconvénients [5].

II-6- Qualité du fractionnement:

Les qualités de fractionnement sont souvent formulées en termes de «gap» ou d'«overlap» des produits considérés.

Si le fractionnement était parfait, il n'y aurait aucun composé commun entre deux coupes successives. Le point final TBP de la coupe légère serait confondu avec le point initial TBP de la coupe lourde. Les courbes ASTM des deux produits présenteraient alors un décalage positif appelé gap. Celui-ci est représentatif de la qualité du fractionnement. Dans le cas contraire, où les courbes ASTM présentent un recouvrement, le décalage, négatif cette fois, s'appelle overlap. La détermination des points initiaux et finaux étant imprécise, ce sont généralement les points 5% (ou 10%) et les points 95% (ou 90%) qui sont retenus pour déterminer la qualité du fractionnement entre produits. Le tableau II.7 fournit quelques valeurs typiques [2].

Méthodes de distillation normalisées	Séparation entre produits	Gap (°C)
ASTM D 86	Essence totale/kérosène	10 à 20
Point 95% coupe légère	Kérosène/gazole léger	5 à 10
Point 5% coupe lourde	Gazole léger/gazole lourd	0 à -5(overlap)
ASTM D 1160	Gazole sous vide/ distillât	5
Point 90% coupe légère	sous vide	
Point 10% coupe lourde		

Tableau II-6-les valeurs typiques de gap et l'overlap [2].

D'autres spécifications internes à l'unité sont également couramment contrôlées :

*Point d'éclair du kérosène et des gazoles.

*Point final de distillation ASTM D 86 de l'essence lourde, généralement inférieur à 185°C, de telle manière que le point final de distillation de l'essence réformée respecte la valeur commerciale.

*Point de trouble du gazole lourd.

*Point d'éclair du résidu atmosphérique.

La conduite de l'unité permet de régler les points de coupe, d'une part, et la qualité du fractionnement, d'autre part [2].

II-7-Unite a deux colonnes:

On utilise parfois deux colonnes pour la distillation initiale du petrol brut, lorsque celui-ci a une teneur importante en hydrocarbures légers, en eau ou en composés sulfurés corrosifs. Le brut préchauffé aux environs de 200 °C est introduit dans la colonne primaire qui fonctionne sous pression (3 à 5 kg/cm²), selon le schéma de la figure II-7. Au sommet, on obtient les gaz et une essence légère alors que le brut étêté, produit en fond de tour, est envoyé au four, puis à la colonne principale qui fournit d'une manière classique les autres soutirages et le brut réduit. Un circuit de brut sort du four en dérivation pour assurer le rebouillage de la colonne primaire. L'intérêt d'un tel schéma réside dans les faits suivants:

- Les composés sulfurés corrosifs (H₂S et mercaptans) sont volatils, donc éliminés au sommet de la colonne primaire, pour laquelle on prévoira une nuance d'acier spécial alors que la colonne principale pourra être construite en acier ordinaire.
- Le fait de fonctionner sous pression permet de recueillir en tête une essence légère à tension de vapeur élevée, par suite de la condensation de la majorité des butanes. On soulage ainsi d'autant les compresseurs à gaz.
- L'élimination des éléments légers permet de réduire la puissance du four d'autant plus que ces éléments légers, vaporisés dans le four dans le schéma classique à une colonne, donnent un mauvais coefficient de transfert. La diminution de charge du four atteint ainsi facilement 10%.
- La présence d'eau dans le pétrole brut, en dépit de toutes les décantations préalables, est nuisible à la régularité du fonctionnement, elle peut provoquer des explosions dans le four par vaporisation intempestive qui peut entraîner le soufflage des plateaux. Avec une colonne primaire, l'eau est éliminée directement au sommet de tour et la marche de la colonne principale ne risque plus d'être perturbée [5].

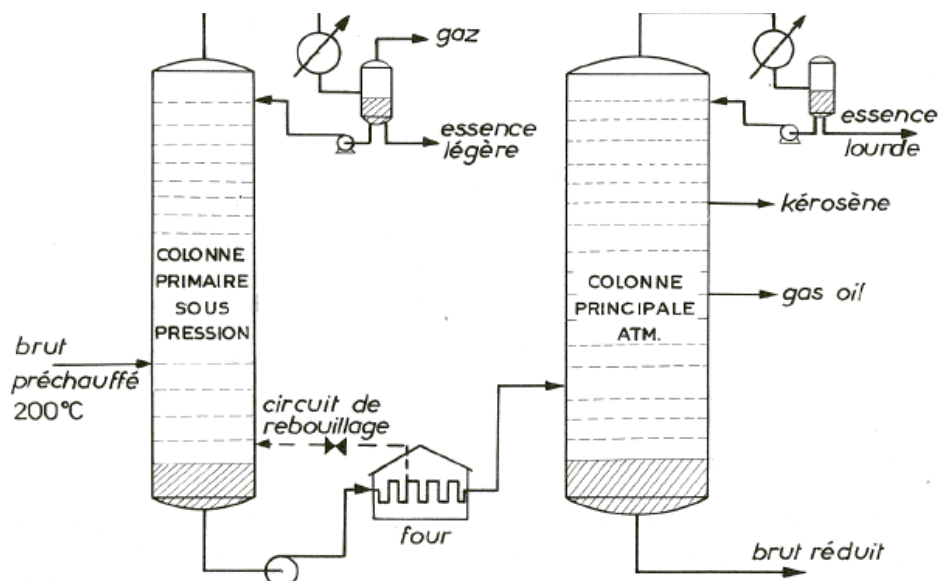


Figure II-7-Schéma d'une unité de distillation initiale à deux colonnes[5].

Le seul désavantage à imputer à ce système est l'augmentation de température à la sortie du four pour réaliser le même taux de réduction du brut dans la colonne principale. Cette augmentation, qui pourrait atteindre 5 à 10 °C, est facilement limitée ou même annulée par injection de vapeur d'eau dans les derniers tubes du four pour diminuer la pression partielle des hydrocarbures.

Conclusion :

Dans la distillation atmosphérique le pétrole est injecté à la base d'une tour de cette colonne, appelée topping ou colonne de distillation atmosphérique (parce que la pression utilisée est proche de la pression atmosphérique). Là, on le chauffe à 350/400 °C. La plus grande partie s'évapore et commence à monter dans la tour. Il ne reste à la base de la tour que les produits très lourds, les résidus. A mesure que les vapeurs montent, la température diminue. Les fractions les plus lourdes de ces vapeurs vont se condenser en liquides, qu'on pourra récupérer sur des plateaux situés à différents niveaux dans la tour.

CHAPITRE III : La modélisation et simulation par HYSYS

Introduction :

Plusieurs logiciels de simulation commerciaux sont disponibles sur le marché: ASPEN Plus, HYSYS, PRO II, Prosim, Belsim, etc. Ils ont de nombreux points commun, et quelques particularités. Comme le logiciel HYSYS est également disponible sur notre système informatique, une introduction à ses possibilités vous est présentée ci-après. Comme pour BELSIM SIMU4, l'interface de définition de problème est graphique; par contre les calculs d'appareils se déroulent de manière interactive : dès qu'un appareil est spécifié et calculable, il est calculé. De plus, il est possible de réaliser des simulations du comportement dynamique des procédés. Ce dernier aspect ne sera toutefois pas illustré ici [10].

III-1-Description du logiciel HYSYS :

Le logiciel HYSYS est l'un des logiciels de simulation des procédés de génie chimique. Il a été développé par la société canadienne HYPROTECH. Il a été conçu pour permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant des séparations bi et tri - phasiques simples, de la compression à la distillation et la transformation chimique. HYSYS demande pour définir ces corps de remplir un tableau de valeurs à utiliser lors des calculs. En outre, et pour caractériser les mélanges d'hydrocarbures complexes, il est possible d'utiliser les résultats d'analyses normalisées telles que TBP, ASTM, SpGr, Kuop...etc. HYSYS va par la suite utiliser ces données pour générer un nombre fini (choisi par l'utilisateur) de pseudo corps repérés par Leurs points d'ébullition normaux pour représenter ces mélanges. Cette option permet aussi d'utiliser les propriétés physiques déjà stockées dans la banque de données de HYSYS [10].

III-2-Choix du modèle thermodynamique :

Les logiciels de simulation donnent accès à plusieurs modèles thermodynamiques pour la prédiction de l'équilibre liquide-vapeur, d'enthalpie et d'entropie ainsi que des propriétés de transport.

La réussite de la simulation dépend du choix du modèle thermodynamique, parce que ce dernier est établi pour une classe de fluides et un domaine de conditions de

pression et de température recommandés en utilisant des hypothèses et des suppositions pratiques.

La tâche de notre travail la simulation d'une distillation de la colonne de separation C₄-C₅ par logiciel HYSYS.

III-3-Les étapes de travail :

La première chose à faire quand on entre dans HYSYS est de choisir son ensembled'unités. Pour cela, il vous faut sélectionner « **Preferences** » dans le menu « **Tools** ». Et ensuite choisir le set d'unités désiré. HYSYS ne vous permettra pas de changer aucun des trois ensembles d'unités présents par défaut. Cependant, il est possible de créer un ensembled'unités en modifiant un des systèmes existants.

III-3-1-Créer un nouveau cas :

Pour créer un nouveau cas, il suffit de sélectionner New Case dans le menu File. L'étape suivante est de créer un « Fluid Package » qui doit contenir au minimum les composants et les méthodes pour le calcul des propriétés des fluides (équation d'état).

III-3-1-1-Créer un Fluid Package :

Presser la touche « Add » pour créer un « Fluid Package » : choisir l'équation d'état voulue. Dans notre cas, ce sera Peng - Robinson.

III-3-1-2-Sélectionner les composants du mélange :

L'étape suivante est l'introduction des composants. Sélectionner la page Components soit en cliquant sur son signet. Pour sélectionner les composants désirés pour la simulation, une des possibilités est de cliquer deux fois sur le composant dans la liste, il est ainsi transféré directement dans la « Current Component List ». Exemple pour le propane (C₃). En faire de même pour l'i-butane (i-C₄), n-butane (n-C₄), i-pentane (i-C₅), n-pentane (n-C₅).

Il est possible de visualiser les propriétés des composants par la touche « View Component ».

Fermer la fenêtre. Noter que la liste des « CurrentFluid Packages » renferme le nouveau Fluid package que l'on vient de créer, « Basis-1 » (nom par défaut) avec le nombre de composants (NC) et l'équation d'état utilisée.

Maintenant que la base est définie, il est possible d'installer les flux et les opérations dans l'environnement de simulation. Pour entrer dans cet environnement, presser le bouton Simulation Environnement.

III-3-2-Espace simulation :

Dans l'environnement de simulation, il y a trois vues initiales:

- PFD (Process Flow Diagrams)
- Workbook
- Summary

Le « PFD » est une représentation graphique du « flowsheet » montrant les connections entre les différentes unités de ce dernier. Le « Workbook » possède, quant à lui, quatre pages contenant des informations sur:

- Material streams
- Compositions
- Energy streams
- Units Ops

III-3-2-1- Créer un flux par l'intermédiaire du Workbook :

Flux d'alimentation "alimentation" taper alim, le nom du nouveau flux, dans la case « New » de la page « Matériel Streams » du « Workbook ». Presser <Enter> et HYSYS va créer automatiquement le nouveau flux. Il vous reste ensuite à remplir les cases avec les propriétés que vous connaissez.

- Vapeur fraction: 0
- Pressure (bar): 9
- Molar flow (kmol/h): 110

Entrer les compositions $\Rightarrow$ double click sur la cellule « mass flow ». Sélectionner le signet de la page « Compositions » Les compositions sont données en fractions molaires et entrer les suivants :

C₃ (mole) : 0.1 iC₄ (mole) : 0.15 nC₄ (mole): 0.2

iC₅ (mole) : 0.25 nC₅ (mole) : 0.35

Une fois que les compositions sont bien entrées, presser le bouton « OK ». Le flux est maintenant complètement défini ce qui permet à HYSYS de calculer les propriétés restantes, cliquez sur le bouton vert « GO ». Pour retourner sur la page « MaterialStreams » cliquer sur son signet.

III-3-2-2- les unités opératoires :

Pour cela, il faut dans le « Workbook », entrer dans la page « Unit Ops » et cliquer sur « Add UnitOp ». Il faut ensuite se positionner sur l'unité désirée, dans notre cas cette unité est: « Distillation Column ». Pour additionner l'unité, il suffit de presser <Enter>.

La première page de l'« Input Expert » apparaît. Lorsque vous installer une colonne, HYSYS fournit certaines valeurs par défaut qu'il est possible de modifier. C'est le cas pour le nombre d'étages (valeur par défaut = 10), donc il vous faut changer cette valeur et la rendre égale à 14. Dans la cellule « FeedStreams », indiquer le flux d'alimentation que vous avez défini préalablement (alim) : HYSYS va par défaut placer l'alimentation au milieu de la colonne c'est-à-dire à l'étage 7 (indiqué par 7_Main TS). On sait que le condenseur est Total, d'où il vous faut le sélectionner dans le groupe Condenser : Le flux de distillat apparaît. Il vous reste à nommer les flux:

- Condenser Energy Stream: QC
- OvhdLiquid Product: DIST
- ReboilerEnergy Stream: QB
- BottomLiquid Product: RES

Presser le bouton « Next » pour avancer à la page suivante qui permet de définir le profil de pression. Dans notre cas, le profil de pression est supposé linéaire. Entrer les valeurs suivantes:

Condenser Pressure : 8.4 bar

Reboiler Pressure : 8.7 bar

Presser le bouton « Next » pour avancer à la page « Optional Estimate ». Bien que HYSYS ne requière pas d'estimation pour faire converger la colonne, une bonne estimation permettra d'atteindre la solution plus rapidement.

Estimation des températures au condenseur : 50°C et au bouilleur : 100°C

Presser le bouton « Next » pour avancer à la dernière page :

- Liquid rate (Distillat) → Spécification: 49 kmol/h
- Reflux → Approximation: $125/50 = 0.8$

Presser le bouton « Done ».

Cliquer sur l'« Active Check Box » du taux de reflux pour que ce soit uniquement une approximation et pas une spécification. Le nombre de « DDL » augmente de 1.

Il faut ensuite ajouter une spécification, pour cela il faut ouvrir la page « Specs ». Se positionner sur « Column Vapour Flow » et presser le bouton « Add Specs ». On veut que le débit de vapeur au condenseur (1_Main TS) soit de 177 kmol/h. La nouvelle spécification apparaît dans la liste. Il faut ensuite retourner à la page « Monitor ».

Pour simuler la colonne, il suffit de presser le bouton « Run ». La colonne convergera rapidement en quelques itérations. Le profil de température est fourni dans le coin droit de la page.

Nous pouvons avoir accès à des informations plus détaillées en se déplaçant vers la page « Summary ». Presser le bouton « PFD » et nous pouvons ainsi visualiser la colonne. Il faut noter qu'il est aussi possible d'ajouter des unités ou des flux par l'intermédiaire du « PFD ». Les résultats, quant à eux, peuvent être obtenus en ouvrant le « Workbook » et la figure III-3-2-2- ci-dessous représenté du schéma la résultat de simulation de distillation.

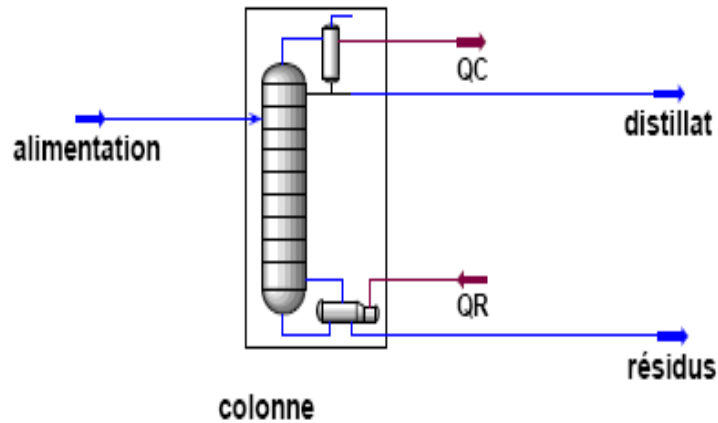


Figure III-3-2-2-Schéma de distillation par logiciel de HYSYS

Conclusion :

Notre travail était une élaboration d'un programme qui simule une colonne de distillation traitant un mélange.

La simulation des procédés industriels est une méthode simple, rapide, efficace et surtout économique pour acquérir des connaissances sur un procédé industriel, ces avantages permettent de mettre à jour et rapidement des installations plus stables, plus rentables et moins coûteuses et pousser ainsi l'industrie vers un développement durable.

CHAPITRE IV: La sécurité dans la raffinerie

Introduction:

Dans chaque raffinerie, il existe un service de sécurité ayant parmi ses attributions : la prévention des accidents, l'intervention en cas d'incendies, explosion ou toute autre danger qui peut entraîner des conséquences graves pour le personnel et le matériel [7].

IV-1- Définition de la sécurité :

Elle est l'ensemble des mesures et des moyens techniques et d'hygiène dont la finalité est de créer de bonnes conditions de travail, en limitant l'influence des facteurs industriels dangereux provoquant les avaries.

Elle étudie les dangers industriels, les accidents et les maladies professionnelles, et met en évidence les méthodes de réduction des accidents donc d'augmenter la production et le rendement.

La sécurité technique s'intéresse essentiellement à l'homme, aux appareils, aux procédés technologiques et à une organisation de travail.

Elle s'inspire et se base sur le résultat de plusieurs sciences physiques :

- L'O.S.T : Organisation scientifique de travail
- Des sciences techniques.
- Les sciences médicales [8].

IV-2- Règle générale de sécurité :

Les règles générales de sécurité sont souvent développées et prescrites par le service de prévention. Elles comportent des consignes d'hygiène, de protection individuelle. Le service de prévention procède aussi aux contrôles périodiques de toutes les installations pétrolières et non pétrolières de la région [9].

IV-3- Rôle du service de sécurité :

La surface de la raffinerie est divisée en zone de sécurité et cela pour mieux assurer les divers installations et l'exploitation en elle-même

Pour ce qui est de la maintenance du matériels et des installations de la raffinerie il est prévu un règlement intérieur pouvant gérer les divers manœuvres pouvant nécessiter une dérogation spéciale pour permettre cette dernière, pour être claire rien ne bouge sans autorisation émise par les services concernés [7].

IV-4- Sécurité dans le complexe :

Le département est chargé d'étudier, de recommander et de faire respecter les moyens et les méthodes préventifs pour éviter tous incidents pouvant causer des pertes des matériels.

- ✓ Service de prévention et surveillance.
- ✓ Service d'intervention.

*** service de prévention et surveillance :**

- ✓ Les règles de sécurité et prévention doivent être présentes à l'esprit de chaque opérateur ou responsable, pour ne pas mettre le personnel dans une situation désagréable.
- ✓ Il faut respecter ces règles, le rôle de ce service est d'établir les statistiques d'accidents.
- ✓ Surveiller les travaux en cours.
- ✓ Pour améliorer la situation d'hygiène et de sécurité, l'agent doit signaler dans les délais toutes les anomalies.
- ✓ Rondes fréquentes dans le parc de stockage.
- ✓ Les agents de sécurité obligent chaque travailleur de porter des équipements de sécurité selon sa fonction (combinaison, gants, lunettes, masque à gaz, chaussures de sécurité).

*** service d'intervention :**

Ce service intervient contre tout incendie créé par une fuite de gaz, à n'importe quel moment. Il possède les matériels suivants :

- ✓ Des extincteurs.
- ✓ Du camion de ravitaillement et ambulance.
- ✓ Des lances à vapeur.
- ✓ Des détecteurs de gaz.
- ✓ Une ligne d'alarme pour enclenchement des sirènes.
- ✓ Deux bacs d'eau. [9].

IV-5-L'Equipements de sécurité :

- ✓ Douche et lave yeux.
- ✓ Implantation des extincteurs.
- ✓ Installation des hottes aspirantes.
- ✓ L'aération et l'évacuation de gaz toxique par ventilation et aspiration.
- ✓ Présence d'un système d'alarme [11].

IV-6- Les moyens de protection individuelle :

Tablier: doit être utilisé normalement pendant l'horaire de travail pour une protection contre les produits agressifs.

Casque : doit être utilisé à chaque fois qu'on doit rendre visite aux unités.

Lunette : doit être utilisé pour la manipulation des produits agressifs que ce soit à l'intérieur du laboratoire ou à l'extérieur.

Chaussures: doivent être utilisés à pleins temps du travail

Gants: selon le travail à effectuer et la manipulation des différentes substances protection [11].

IV-7-Risque des produits traités finis :

Le tableau IV-7ci-dessousmontre les caractéristiques de plusieurs produits pétroliers à la nature du risque (menace) causée par chaque produit.

Nature de produit	Caractéristiques	Risques
- Brut	Liquide Pétrole naturel.	Inflammable à la température ambiante.
- Gasoil léger et lourd	Liquide visqueux insoluble dans l'eau.	Inflammable 65°C*100°C.
- Kérosène	Liquide incolore insoluble dans l'eau.	Inflammable à 50°C.
- Naphta C	Mélange d'hydrocarbures ayant presque les mêmes caractéristiques solubles dans l'eau.	Inflammable à 0°C.
- Essence normal et super	Liquide incolore d'odeur agréable peut insoluble dans l'eau.	Très Inflammable.
- GPL	Mélange à une odeur d'oléfine insoluble dans l'eau.	Très Inflammable mélange gaz air et explosif brûleur à froid.

Tableau IV-7- Les risques et les caractéristiques du plusieurs produits pétrolières[11].

Conclusion :

Le service de sécurité est le plus très important dans les industries chimiques et de raffinerie parmi ses responsabilités ses attributions sont la prévention et surveillance des accidents, l'intervention en cas d'incendies explosion ou toute autre danger qui peut entraîner des conséquences graves pour le personnel et le matériel.

Conclusion générale :

Dans ce travail nous avons étudiés les processus de distillation de pétrole brut. La distillation est un procédé de raffinage qui consiste à traiter le pétrole brut préalablement très chauffé afin de séparer les différentes fractions. Après sa vaporisation, il subit à une distillation atmosphérique.

Chaque niveau de température dans cette distillation atmosphérique correspond à un produit recueilli dans la partie supérieure de la tour de la colonne de distillation qui contient le butane, propane et essence légère ou naphtha. Les produits de la partie centrale qui sont essence lourde, kérosène et gazole sont récupérés en soutirage latéral, et le résidu atmosphérique est recueilli au fond de la tour.

Cette séparation (la distillation) n'est pas suffisante pour donner toutes les qualités requises à chacun des produits obtenus. Elle demande d'autres procédés comme le craquage et le reformage.

La simulation permet d'estimer, d'évaluer et d'optimiser les opérations de distillation. Elle crée un environnement de travail sûr, rapide, efficace et cela diminue le temps consommé dans les traitements manuels ainsi que le taux d'erreur de près de 30% selon les statistiques.

L'installation d'un service de sécurité est pour créer un milieu de travail sain, augmenter la production, conserver la vie du personnel et éliminer au maximum des accidents.

A la fin on espère que ce modeste travail est suffisant pour atteindre son objectif et on souhaite de le voir poursuivi réalisé dans d'autres modules.

Références bibliographique:

- [1] : G.lefévre ; Chimie des hydrocarbures. Technip, Paris(1978).
- [2] : J.P.WAUQUIER ; Procédés de séparation. Editions technip, Paris(1998). P.172, 224,226.
- [3] : J.P.WAUQUIER ; TOME 01 ;Editions technip 1998 -Paris. P.6, 373-374.
- [4] : Cours de distillation et raffinage IPEDEX (IFP).
- [5] : P.Wuithier ; Raffinage et génie chimique. Editions technip,Paris(1972).
P. 514-528,532-533.
- [6] : Pr. chemseddinechitour ; raffinage tome 03 : « les propriétés thermiques »
Édition : 2.10.4381. P.10.
- [7] : N. Mihoubi-Saadi.Thème : « bilan thermique du circuit de solvant lourd etétude de
l'encrassement du réfrigérant E112 dans l'unité de distillation
atmosphérique (U100) de la raffinerie d'Alger »,mémoired'ingénieur. Université de
Boumerdes(FHC),(2006-2007)P.59-60
- [8] : N. Hamid. Thème : « Étude de l'effet de
l'augmentation de la charge GPL (10%) sur l'unité de production du propane dans le
module commun Champ de Hassi R'mel»,mémoire d'ingénieur. Université de
Boumerdes (FHC),(2006-2007) P.79-80
- [9] : N.Alilou. Thème : « Pour une condensation totale des vapeurs de tête de la colonne et
pour récupérer tous les GPL, on recommande une extension de l'aéroréfrigérant E-122
Ar », mémoire d'ingénieur. Université de Boumerdes (FHC),(2005)P.66
- [10] : Le site:<http://www.aspentech.com/product.cfm?ProductID=2742011/06/06>
- [11] : Le site:http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite/energie_191/, 2011/05/29