



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université d'El-Oued

Faculté de la Technologie

Département : Génie des procédés et
pétrochimie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique

Option : Génie Raffinage

*Optimisation des paramètres du
foctionnement de la colonne
dépropaniseur*

Présenté par :

- Saadane Belgacem
- Ayati Zaid
- Bekakra messaoud

Directeur de mémoire
Mr. Guerram Abdelmadjid

Année Universitaire 2019/2020

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout-puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Ensuite, nous tenons à remercier notre encadrant :

Mr. GUERRAM ABDELMADJID

Pour ses qualités humaines et son aide durant toute la période du travail.
Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail

Nous remercions nos « parents » pour leur soutien moral et financier, le courage qu'ils nous ont donné pour surmonter toutes les difficultés durant nos années d'études et

Pour aidez-nous à élaborer ce modeste projet.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à réaliser ce travail.



Nous dédions ce travail :

À nos très chers parents, sources inépuisables d'amour et de tendresse

En reconnaissance

Des sacrifices consentis avec dévouement

Pour notre éducation et notre formation.

À nos amis et à toute notre famille ainsi

Qu'à tous ceux qui nous sont chers veuillez trouver ici le symbole de l'amour

Et l'intime attachement que vous nous portez

RESUME :

Le gaz de pétrole liquéfié est un mélange d'hydrocarbures gazeux, composé principalement de 80% de butane et de 20% de propane dans des conditions normales de température et de pression.

La consommation mondiale de GPL ne cesse de croître en raison de son bilan économique fiable en tant que carburant propre et efficace pour l'avenir. La production de ces derniers doit répondre à des normes et spécifications bien définies.

Pour, nous avons réalisé une étude pour vérifier les paramètres de fonctionnement de la colonne de dépropaniseur, et pour assurer le bon fractionnement de cette colonne, l'alimentation de la colonne C703 doit avoir une température de 70°C et une pression de 16.25 atm.abs. Par conséquent, la température de tête de la colonne sera de 44°C et une pression de 16 atm.abs et celle du fond sera de 97.7°C et une pression de 16.5 atm.abs

MOTS-CLE : Gaz naturel, GPL, optimisation, dépropaniseur, condensât

Abstract :

Liquefied petroleum gas is a mixture of gaseous hydrocarbons, consisting mainly of 80% of butane and 20% of propane under normal temperature and pressure conditions.

Global LPG consumption is continuously growing due to its reliable economic record as a clean and efficient fuel for the future. The production of the latter must meet well-defined standards and specifications.

For, we carried out a study to improve the operating parameters of the depropanizer column.

And To ensure proper fractionation of this column, the feed to column C703 must have a temperature of 70 ° C and a pressure of 16.25 atm.abs.

Therefore, the head temperature of the column will be 44 ° C and a pressure of 16 atm.abs and that of the bottom will be 97.7 ° C and a pressure of 16.5 atm.abs

KEYWORDE: Gaz naturel, LPG, Optimization, depropanizer, condensate

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Symboles et Annotation

Sommaire Page

Introduction générales 01

Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur les Gaz

I.1. Généralités sur le gaz naturel	03
I-1-1- Introduction	03
I-1-2- Origine des constituants du gaz naturel	03
I-1-3- Caractéristiques du gaz naturel	03
I-1-4- Composition chimique	04
I-1-5- Les types de gaz naturel	04
I-1-6- Les techniques de traitement du gaz naturel	05
I-2- Généralités sur le GPL	
I-2-1- Définition	07
I-2-2- Origine des GPL	07
I-2-3- Composition des GPL	08
I-2-4- Les propriétés des GPL	08
I-2-5- Caractéristiques générales des GPL	09
I-2-6- Utilisation principale des GPL	10
I-2-7- les Techniques de traitement du GPL	11
I-2-8- Avantages et inconvénients des GPL	14
I-2-9- Risques des GPL	14

Chapitre II : rectification

II-1- Introduction	16
II.2 Définition	16
II.3 Fonctionnement d'une colonne	18
II.4 Types des colonnes	19
II.5. Lois fondamentales de transfert de	24

II.6 Paramètres de température et pression de la colonne	25
II.7. Choix des constituants clés	26
II.8. Taux de vaporisation et composition des phases liquides et vapeurs de la charge	26
II.9. Choix du taux de reflux	27
II.10. Bilan thermique de la colonne	27
II.11. Nombre de plateaux théoriques à reflux opératoire	29

Chapitre III : Partie calcul

III. Colonne dépropaniseur	32
III.1. Données de départ	33
III.2. Bilan de matière	33
III.3. Pression et température aux différentes zones de la colonne	35
III.4. Calcul de la volatilité relative des constituants aux différences niveaux de la colonne	38
III.5. Taux de vaporisation et composition des phases vapeur et liquide d'alimentation	39
III.6. Taux de reflux minimal	40
III.7. Taux de reflux optimal	40
III.8. Taux de rebouillage minimal	40
III.9. Taux de rebouillage optimal	41
III.10. Calcul du nombre de plateaux dans la zone de rectification	41
Conclusion Générale	44
Bibliographie	
Les annexes	

LISTE DE FUGURE

Figure	Titre de Figure	Page
Figure(I-1)	Schéma sur la colonne d'absorption de la section déshydratation	12
Figure (I-2)	Schéma sur la section de séparation des gaz butane et propane	13
Figure (II-1)	Principe du contact entre phases	16
Figure (II-2)	Vue 3D des écoulements dans une colonne	17
Figure (II-3)	Différentes zones d'une colonne de rectification	19
Figure (II-4)	Vue 3D des écoulements dans une colonne à plateau	20
Figure (II-5)	Plateaux à trous avec tubes déversoirs	21
Figure (II-6)	Plateaux à cloches avec déversoirs	21
Figure (II-7)	Plateaux à clapets avec déversoirs	22
Figure (II-8)	Colonne à garnissage	23
Figure (III-1)	Circuit de GPL dans la colonne dépropaniseur	32

LISTE DE TABLEAU

Tableau	Titre de Tableau	Page
Tableau I.1	Spécifications typiques pour un gaz commercial	7
Tableau I.2	Puissance énergétique de GPL par rapport aux autres combustibles	10
Tableau III.1	La composition de la charge	33
Tableau III.2	Les quantités et les débits molaires de chaque constituant	33
Tableau III.3	Les débits et composition du résidu et du distillat	35
Tableau III.4	Les coefficients d'équilibre dans le ballon de reflux	36
Tableau III.5	Les coefficients d'équilibre au sommet de la colonne	36
Tableau III.6	Les coefficients d'équilibre au fond de la colonne	37
Tableau III.7	Les coefficients d'équilibre dans la zone d'alimentation	38
Tableau III.8	Le coefficient d'équilibre de constant de référence dans les différentes zones	38
Tableau III.9	Les volatilités relatives des constituants dans les différentes zones de la colonne de rectification	39
Tableau III.10	Le taux de vaporisation de la charge de l'alimentation et les compositions des phases liquides et vapeurs à l'entrée	39
Tableau III.11	Calculs des constants	40

NOMENCLATURE

L : la charge de l'alimentation
M_i : la masse moléculaire
X'_{RC3H8} : la composition c3 dans le résidu à la phase liquid
Y'_{DiC4H10} : la composition c4 dans le distillat a la phase vapeur
X'_{Li} : La composition molaire de la charge l'élément "i"
G'_i : Le débit molaire de la charge
M_{moy} : La masse moléculaire moyne
D' : Le débit de distillat
R' : Le débit de résidu
Y'_{Di} : la composition de l'élément "i" dans le distillat a la phase vapeur
X'_{Ri} : la composition de l'élément "i" dans le résidu à la phase liquid
K_i : Le coefficient d'équilibre
DP₁ : Pertes de charges dues aux résistances des conduites et du condenseur.
DP₂ : charges dues aux résistances des plateaux.
P_f : La pression au fond de la colonne
P_s : La pression au sommet de la colonne
P_b : La pression au ballon de reflux
P₁ : La pression de l'alimentation
T_s : La température au sommet de la colonne
T_f : La température au fond de la colonne
T_b : La température au ballon de reflux
T_a : La température de l'alimentation
K_r : Le coefficient d'équilibre de constituant de référence
α : la volatilité relative des constituants
ē : Le Taux de vaporisation
X'_{oi} ; Y'_{oi} : Les concentrations de l'élément "i" dans la zone d'alimentation.
(R_f)_{min} : Taux de reflux minimal
(R_f)_{opt} : Taux de reflux optimal
(R_b)_{min} : Taux de rebouillage minimal
(R_b)_{opt} : Taux de rebouillage optimal
N_R : Nombre de plateaux dans la zone de rectification
N_E : Nombre de plateaux dans la zone d'épuisement
N_T : Nombre de plateaux total de la colonne

Introduction générale

Introduction générale

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

Le gaz naturel, une énergie primaire non renouvelable bien répartie dans le monde, propre et de plus en plus utilisée, il est connu depuis l'Antiquité, son utilisation s'est généralisée surtout après la seconde guerre mondiale. Il dispose de nombreux avantages :

Abondance relative, souplesse d'utilisation, prix compétitifs en tant que combustible c'est un mélange de constituants à la phase gazeuse avec 75% à 95% de méthane ; un pourcentage non négligeable de CO₂ et de H₂O ainsi que des traces de certains éléments métalliques ; sous cette forme il est pratiquement inutilisable, donc il faut le traiter pour obtenir les gammes des produits consommables.

L'Algérie est le sixième exportateur du gaz naturel à travers le monde, sa politique d'exportation consiste à maximiser les revenus en optimisant la récupération, et la valorisation de tous les dérivés du gaz naturel notamment le condensat et le GPL.

Pour cela, nous avons réalisé cette étude pour améliorer les paramètres de fonctionnement de la colonne dépropaniseur, pour mener à bien ce travail, nous avons structuré notre mémoire en trois parties essentielle :

- Aperçu sur le gaz naturel et le GPL.
- Aperçu sur le procédé de rectification.
- Calcul de la colonne de dépropaniseur.

Enfin nous portons une conclusion générale

Chapitre I

Généralités sur les Gaz

I-1-Le Gaz naturel

I-1-1- Introduction

Le gaz naturel est une énergie primaire bien répartie dans le monde, propre et de plus en plus utilisée, dispose de nombreuses qualités abondance relative, souplesse d'utilisation, qualités écologiques, prix compétitifs. La mise en œuvre de cette énergie repose sur la maîtrise technique de l'ensemble de la chaîne gazière, qui va de l'extraction aux utilisateurs, en passant par le stockage, le transport, la distribution.

Le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le charbon ou le lignite. C'est un mélange dont le constituant principal, de 75 % à 95 %, est le méthane (CH₄). [1]

I-1-2-Origine des constituants du gaz naturel

A. Constituants hydrocarbures

Il existe trois modes possibles pour la formation des hydrocarbures gazeux naturels :

- Gaz bactérien

Ce mode est dû à l'action de bactéries sur les débris organiques qui s'accumulent dans le sédiment, le gaz forme est appelé gaz bactérien ou organique.

- Gaz inorganique

Ce mode reste très secondaire. Les gaz volcanique ou les sources hydrothermales contiennent parfois du méthane et les inclusions fluides des roches métamorphiques ou magmatiques renferment souvent des hydrocarbures légers, principalement du méthane.

- Gaz thermique

Au cours de l'évolution des sédimentaires, les sédiments sont portés à des températures et pression croissantes, vont subir une dégradation thermique qui va donner à cote des hydrocarbures une large gamme de composés non hydrocarbonés.

B. Constituants non hydrocarbures

Origines et les modes de formation des constituants non hydrocarbures trouvée dans les gisements de gaz naturel ont été moins étudiés que ceux des hydrocarbures car ces constituants ne présentent guère d'intérêt économique :

- Constituants en traces (krypton, néon, xénon, mercure, arsenic)
- Constituants majeurs (dioxyde de carbone, hydrogène sulfure, azote)
- Constituants mineurs (hydrogène, hélium, argon) [2].

I-1-3-Caractéristiques du gaz naturel

Au stade final de son exploitation, le gaz naturel peut être caractérisé par les propriétés suivantes :

I-1-3-1- Densité [3]

La densité du gaz par rapport à l'air, est obtenue en divisant la masse d'un volume V de ce gaz par la masse d'un égal volume d'air pris dans les mêmes conditions de température et de pression.

Si M est la masse molaire du gaz, M_{air} la masse molaire de l'air, d la densité du gaz :

$$d = \frac{M}{M_{air}} = \frac{M}{28.8} \dots\dots\dots(I-1)$$

I-1-3-2- Pouvoir calorifique [4]

Le pouvoir calorifique du gaz correspond à la chaleur dégagée par celui-ci à la suite d'une réaction de combustion. En d'autres termes, il s'agit de la quantité d'énergie contenue dans un volume de gaz donné. Il est généralement exprimé en kilowattheure par nanomètre cube (kWh/nm³).

Il existe deux valeurs de pouvoir calorifique :

- Pouvoir calorifique supérieur (PCS)

C'est la quantité de chaleur dégagée lorsque tous les produits de combustion sont ramènes à la température ambiante, l'eau formée étant liquide.

- Pouvoir calorifique inférieur (PCI)

C'est la quantité de chaleur dégagée lorsque tous les produits de combustion sont ramènes à la température ambiante, l'eau restée à l'état vapeur [5].

I-1-3-3-Composition chimique

En dehors du méthane, le gaz naturel peut contenir d'autres hydrocarbures : éthane, propane, butane, pentane et à des concentrations plus faibles, des hydrocarbures plus lourds. Les hydrocarbures en C₃ et C₄ forment la fraction GPL (Gaz de pétrole Liquéfier) La fraction la plus lourde correspondant aux hydrocarbures à cinq atomes de carbone au plus (fraction C₅₊) est appelée. Le gaz naturel peut contenir des autres que des hydrocarbures, notamment de l'eau et des gaz acides : dioxyde de carbone et hydrogène sulfuré, ainsi que de l'azote, l'hélium, de faibles quantités d'hydrogène ou d'argon et même parfois des impuretés métalliques (mercure et arsenic). La composition chimique du gaz est utilisée pour l'étude de vaporisation. Elle sert aussi à calculer certaines de ces propriétés en fonction de la pression et de la température (compressibilité, densité) et à définir les conditions de son traitement lors de l'exploration (extraction des produits liquides).

Le gaz naturel est un mélange dont le constituant principal est le méthane, CH₄, avec une teneur comprise entre 70 et 100 %, en présence d'autres hydrocarbures (propane, butane, éthane...), de diazote, de dioxyde de carbone, de sulfure d'hydrogène... [6].

I-1-4- Les types de gaz naturel

On distingue quatre types : Gaz sec, Gaz humide, Gaz à condensât et Gaz associé.

I-1-4-1- Le gaz sec

Dans les conditions de production de ce gaz, il n'y a pas une formation de phase liquide et le gaz est concentré en méthane et contient très peu d'hydrocarbures plus lourds que l'éthane.

I-1-4-2- Le gaz humide

Dans les conditions de production de ce gaz, il y'a une formation de phase liquide dans les conditions de surface et le gaz est moins concentré en méthane.

I-1-4-3- Le gaz à condensât

Dans les conditions de production de ce gaz, il y'a une formation de phase condensée riche en constituants lourds dans le réservoir.

I-1-4-4- Le gaz associé

C'est un gaz de couverture qui coexiste avec la phase d'huile dans le réservoir d'hydrocarbures (gisement de pétrole) [7].

I-1-5- Les techniques de traitement du gaz naturel

I-1-5-1-Généralités sur le traitement [8]

Le traitement du gaz naturel consiste à séparer totalement ou partiellement certains des constituants présents à la sortie du puits, tel que l'eau, les gaz acides, les hydrocarbures lourds.

Ce traitement a pour but d'amener le gaz à des spécifications de transports ou commerciales. Les procédés de traitement du gaz sont multiples, et le choix de l'un d'eux est basé sur les critères suivants :

- Qualité de l'effluent brut.
- Taux de récupération des hydrocarbures lourds visé.
- Spécification des produits finis.
- Coût global des investissements.

I-1-5-2-Les procédés de traitement du gaz naturel [2]

Les principaux traitements qui sont effectués sur le gaz naturel brut se résument à :

- La première étape

Elle permet de réaliser la séparation des fractions liquides éventuellement contenues dans l'effluent des puits, fractions liquides d'hydrocarbures (gaz associé ou à condensât) et l'eau libre.

- La seconde étape de traitement :

Elle dépend du mode de transport : le gaz naturel et ses fonctions peuvent être transportés sous diverses formes :

- Gaz naturel comprimé.
- Gaz naturel liquéfié (GNL).
- Gaz pétrolier liquéfié (GPL).
- Produits chimiques dérivés (méthanol, ammoniac).

Chacune de ces filières apparaît comme une succession d'étapes et constitue une chaîne gazière.

Certains composants du gaz naturel doivent être extraits, soit pour des raisons imposées par les étapes de traitement ou de transport, soit pour se conformer à des spécifications commerciales ou réglementaires, il est nécessaire d'éliminer au moins partiellement :

H₂S : toxique et corrosif.

CO₂ : corrosif et de valeur thermique nulle.

Hg : corrosif dans certains cas.

H₂O : conduisant à la formation des hydrates.

Les hydrocarbures lourds : condensant dans les réseaux de transport.

N₂ : de valeur thermique nulle.

I-1-5-3-Séparation des condensât

Les spécifications à respecter pour le gaz traité sont liées aux conditions :

- le transport par gazoduc :

ces spécifications de transport visent à éviter la formation d'une phase liquide (hydrocarbure ou eau), le blocage de la conduite par des hydrates et une corrosion trop importante. On impose dans ce cas une valeur maximale aux points de rosée (eau et hydrocarbures). La valeur du point de rosée des hydrocarbures dépend des conditions de transport et peut être par exemple fixée à 0°C pour éviter tout risque de formation de phase liquide par condensation rétrogradée.

Dans le cas d'un gaz commercial, les spécifications sont plus sévères et comprennent également une fourchette dans laquelle doit se situer le pouvoir calorifique.

Des spécifications typiques pour un gaz commercial sont présentées sur le tableau suivant:[2].

Chapitre I : Généralités sur les Gaz

Tableau (I-1): Spécifications typiques pour un gaz commercial [2].

PCS	39100 à 39500 (KJ/m ³)
Point de Rosée HC	Inférieur à - 6°C.
Teneur en eau	Inférieur à 150ppm Vol.
Teneur en C+5	Inférieur à 0,5% mol.

L'avenir gazier de Algérie réside bien dans le gaz naturel tant pour les besoins domestiques que pour l'exportation ou encore pour l'industrie « gazo-chimique », en aval de cette matière première stratégique. Cette donnée incontournable pour les trente prochaines années et l'exploitation des champs gaziers par l'entreprise nationale de transport et de traitement des hydrocarbures revêt une importance capitale pour l'entreprise elle-même et ses partenaires, mais aussi pour tous les pays.

C'est donc dans cette direction que devra transiter toute réflexion pertinente en matière économique et sociale au risque de tronquer une évaluation des atouts de l'économie algérienne. Mais au-delà de l'économie algérienne et par le biais des exportations gazeuses et liquéfiées, c'est la région de Maghreb qui est concernée ainsi que l'Europe latines pour les longues années. Il donc impératif de prendre en ligne de compte toutes les facettes de cette énergie propre qui va devoir jouer un rôle déterminant dans la région tant dans le développement économique et social des pays limitrophes que dans les relations politiques et sécuritaires.

I-2-Généralités sur le GPL

I-2-1- Définition

Le GPL ou Gaz de Pétrole Liquéfiés ; représente les fractions légères d'hydrocarbures paraffiniques qui sont des hydrocarbures gazeux liquéfiées composés majoritairement de coupe en C₃ et C₄, le propane (C₃H₈) et le butane (C₄H₁₀) étant les principaux composants [8]. Les GPL sont issus à plus de 60% des champs de gaz naturel. Pour le reste, ils proviennent du raffinage du pétrole brut dont ils représentent entre 2 et 3% de l'ensemble des produits raffinés.

I-2-2-Origine des GPL :

Toute extraction des champs de gaz naturel ou raffinage de pétrole produit irrémédiablement des gaz de pétrole liquéfiés, 100 tonnes de pétrole brut fournissent environ 4 tonnes de GPL.

- Fractions Lourdes de l'extraction de gaz naturel.

- Fractions légères du raffinage du pétrole, 1 tonne de pétrole brut raffiné produit 30 kg de GPL, dont 2/3 de Butane et 1/3 de Propane.[8]

I-2-3- Composition des GPL :

Les GPL sont des molécules pures, dites saturées, car elles possèdent des relations stables entre les différents atomes. En effet, les GPL ne sont rien d'autre que des chaînes hydrocarbonées, c'est-à-dire qu'elles sont constituées uniquement de molécules de Carbone et d'Hydrogène. Ces hydrocarbures mélangés répondent à des règles officielles, clairement définies par la loi.[10]

La composition chimique des GPL est variable selon les normes et ses utilisations dans différents pays. Il peut contenir le propylène, butène, une faible quantité de méthane, éthylène, pentane, et exceptionnellement des hydrocarbures tels que le butadiène, l'acétylène et le méthylacétylène.

I-2-4- Les propriétés des GPL

A température ambiante et à pression atmosphérique, les GPL ont la propriété d'être à l'état gazeux. Mais ils se liquéfient aisément en augmentant leur pression, facilitant ainsi leur stockage et utilisation.

Les GPL ne sont pas vraiment toxiques : ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant, s'ils sont inhalés longuement et peuvent provoquer des migraines et des maux d'estomac.

Les GPL, lorsqu'ils se répandent sous sa forme liquide, hors d'un container sous pression s'évapore en produisant du froid : au contact de la peau, il provoque des brûlures caractéristiques appelées "brûlures froides" [9].

Les vapeurs des GPL constituent avec l'air un mélange extrêmement inflammable et dangereux. Leur domaine d'inflammabilité dans l'air à 20°C et sous 1 atm varie de 2 à 10% (% volumique). Ce mélange est détonnant au contact d'une source de chaleur (flamme ou étincelle) [9]. Pour mieux les reconnaître ou déceler d'éventuelles fuites, on leur donne une odeur particulière au moyen de substances appropriées (mercaptans).

A l'état liquide, les GPL ont un haut coefficient de dilatation, ils se dilatent de 0,25% par degré de température dont il faut tenir compte lors de leurs stockages dans les récipients que le remplissage ne doit jamais être dépassé au maximum 85% de sa capacité [8].

Le propane et le butane sont chimiquement réactifs et ils peuvent détériorer certains caoutchoucs naturels ou certaines matières plastiques. Il est donné primordial de n'utiliser que des accessoires et des équipements spécialement congrus pour ces gaz.

Les GPL sont insolubles dans l'eau et ils n'ont pas de propriétés lubrifiantes d'où ce qui doit être pris en considération lors du dimensionnement des compresseurs et des pompes.

Les GPL sont d'une pureté parfaite et brûlent sans aucun déchet, n'encrassent ni les conduites, ni les brûleurs des appareils d'utilisation. Les GPL ne sont pas vraiment toxiques, ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant, s'ils sont inhalés longuement et peuvent provoquer des migraines et des maux d'estomac [13].

Les GPL ne présentent aucun danger d'empoisonnement et ne sont pas à craindre par inhalation, à condition toutefois que l'organisme trouve suffisamment d'oxygène dans l'air.

I-2-5- Caractéristiques générales des GPL

- **Odeur** : Le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant, ce sont des composés sulfures tel que le diéthyl-mercaptane ou le diméthylsulfide pour des raisons de sécurité[11].

- **Tension de vapeur** : La TVR du GPL est de 8 et 2 bars pour le propane et le butane respectivement à 20°C.

- **Dilatation** : à l'état liquide, le GPL a un haut coefficient de dilatation dont il faut tenir compte lors de leur stockage (les sphères ne doivent jamais être complètement remplies).

- **Densité** : aux conditions normales de température et pression, le GPL sont plus lourds que l'air, il est diminué avec l'augmentation de la température à titre exemple à 38°C

La densité est égale 0,534, la densité est très importante dans le GPL commerciale.

- **Température d'ébullition**: a la pression atmosphérique la température d'ébullition de propane est de (-42°C), celle de butane est de (-6°C).

- **Pouvoir calorifique** : c'est la propriété la plus intéressante étant que le GPL est traditionnellement utilisé pour les besoins domestiques :

Iso-butane: PC = 29460 (kcal/kg).

Normal butane: PC = 29622 (kcal/kg).

Propane: PC = 22506 (kcal/ kg).

- **Impuretés** : le plus important est les soufres, la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,005 % en masse, ainsi l'eau l'un des impuretés importantes.

- Le GPL est non corrosif à l'acier mais généralement aux cuivres et ces alliages ou l'aluminium.

- Le GPL n'est aucune propriété de lubrification et cet effet doit être pris en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et compresseurs)

- Le GPL est incolore, que ce soit phase liquide ou gazeux [9].

I-2-6- Utilisation principale des GPL[12]

Dans le monde, les GPL utilisés dans le transport sont de l'ordre de 5%. Les autres applications concernent essentiellement la pétrochimie avec 25 et 70% dans le secteur des combustibles. Les GPL sont promis à un bel avenir car la demande mondiale continue à croître, que ce soit pour la pétrochimie ou pour leurs utilisations traditionnelles en tant que combustibles, parmi les utilisations des GPL, on peut citer par ordre d'importance: la combustion, les carburants, la production d'électricité, la pétrochimie, etc.

I-2-6-1- La combustion

La combustion c'est l'objectif le plus important de ces gaz. Ils sont utilisés dans la vie domestique, la cuisine, l'eau chaude, le chauffage et dans la vie artisanale. La répartition de la demande des GPL comme combustible est très variable d'un continent à l'autre, et d'un pays à l'autre.

Aux États-Unis, la demande est orientée vers le domestique tertiaire du fait de la concurrence du gaz naturel, mais la demande globale des GPL reste croissante.

Le marché japonais présente une particularité forte d'utilisation des GPL comme gaz de ville. Ce créneau devrait constituer le secteur le plus dynamique de la croissance des GPL, car le coût d'approvisionnement de l'île en gaz naturel est élevé, donc il y a des débouchés importants pour les GPL dans ce secteur [14].

Le butane et le propane apportent une excellente qualité de combustion et possèdent un haut pouvoir calorifique ; il s'agit de la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète sous pression atmosphérique, en termes de quantité de chaleur dégagée. Le tableau I.6 illustre l'équivalent de la puissance énergétique de GPL par rapport aux autres combustibles.

Tableau I.2 : Puissance énergétique de GPL par rapport aux autres combustibles [18].

1 KG DE PROPANE EQUIVAUT A				
BOIS	CHARBON	FIOUL	GAZ NATUREL	ELECTRICITE
3 à 6 kg	1,5 à 2 kg	1,29 litre	1,16 m ³	13,8 kWh

I-2-6-2- Le GPL dans la pétrochimie [15]

Les 18% de la production mondiale des GPL sont destinés à l'industrie pétrochimique dans le but d'obtenir des produits finaux ou des produits semi finaux pour les autres industries chimiques.

La synthèse pétrochimique permet la production d'une gamme de dérivés d'hydrocarbures à partir de ces produits liquéfiés. Les GPL sont utilisés comme

combustible essentiellement dans les secteurs résidentiels et commerciaux, dans laquelle 18% des GPL consommés en pétrochimie et 10% en éthylène.

On trouve parmi les principaux produits qu'on peut obtenir à partir de la transformation des GPL ; le propane, le n-butane et l'isobutane.

I-2-6-3- Le GPL dans la production d'électricité

Il est utilisé pour la génération d'électricité pourrait être important si les conditions de nature économique venaient à être favorables, les marchés ciblés à cet effet, et qui sont attractifs pour le GPL [16].

I-2-6-4- Le GPL dans la climatisation

Il est utilisé pour la construction des réfrigérateurs et des climatiseurs (moyenne capacité) gras à sa détente d'absorption de la chaleur et de créer le froid.

I-2-6-5- Le GPL dans L'agriculture :

L'utilisation du GPL dans ce secteur sera orientée vers l'aviculture, et certain culture sous-serre, le niveau de consommation prévu est relativement faible (40.000 tonnes/an) pour le court terme, il est attendu une évolution plus significative à moyen et long terme particulièrement par l'introduction dans le domaine de l'élevage (éclairage, climatisation, chauffage....etc.) [6].

I-2-7-les Techniques de traitement du GPL

I-2-7-1 Section déshydratation [17]

Cette section est pour l'élimination de l'eau dissoute dans la charge GPL pour éviter le givrage en basse température par absorption avec les tamis moléculaire :

Le but de cette section est de réduire la teneur en eau de 100 ppm à 5 ppm dans les 03 déshydrateurs de charge en (PH I, PH III), et 02 déshydrateurs de charge en PH II, et de 5 ppm à environ 1 ppm dans le déshydrateur de garde (dans la section réfrigération), pour but d'éviter la formation du givre aux niveaux des vannes aux basses températures.

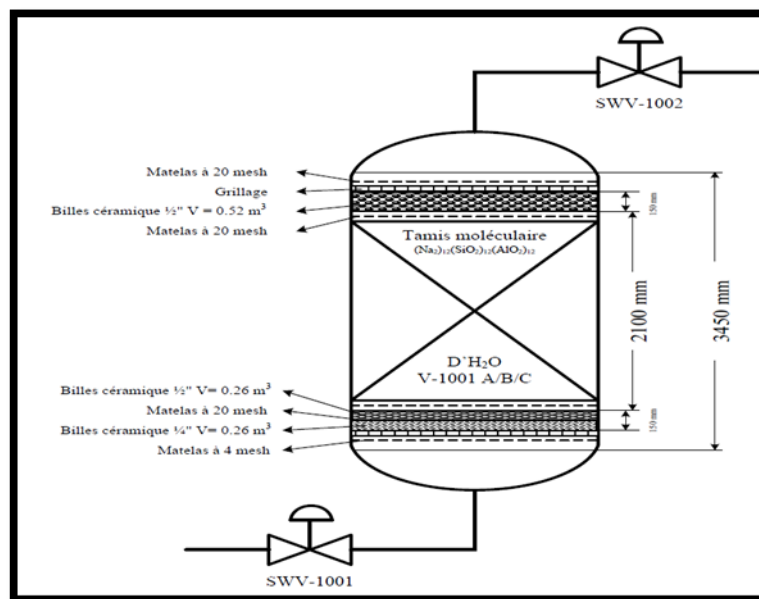


Figure I.1 : Schéma sur la colonne d'absorption de la section déshydratation.[17]

I-2-7-2-Section séparation

Cette section est pour la séparation des gaz suivants éthane, propane, butane, et pentane, par les traitements suivants :

A la sortie de la section déshydratation le GPL doit être porté à une température de 7 fractionnateur, le liquide d'alimentation est séparé en un produit de tête (propane, éthane) et un produit de fond (butane, et pentane).

Le produit de tête du fractionnateur est envoyé à l'aide d'une pompe vers le dééthaniseur, afin de réduire sa teneur en éthane. Le gaz riche en éthane sortant de la partie supérieure du dééthaniseur est utilisé comme combustible du four. Le propane sortant de la partie inférieure du dééthaniseur est canalisé vers la section réfrigération.

Le produit de fond du fractionnateur est envoyé vers le débutaniseur commun à l'ensemble des trains, afin de réduire sa teneur en pentane.

Le butane sortant de la tête de débutaniseur, est envoyé à la section de réfrigération. Le pentane recueilli du fond du débutaniseur sera refroidi par aéro-réfrigérant et envoyé vers le stockage ambiant.

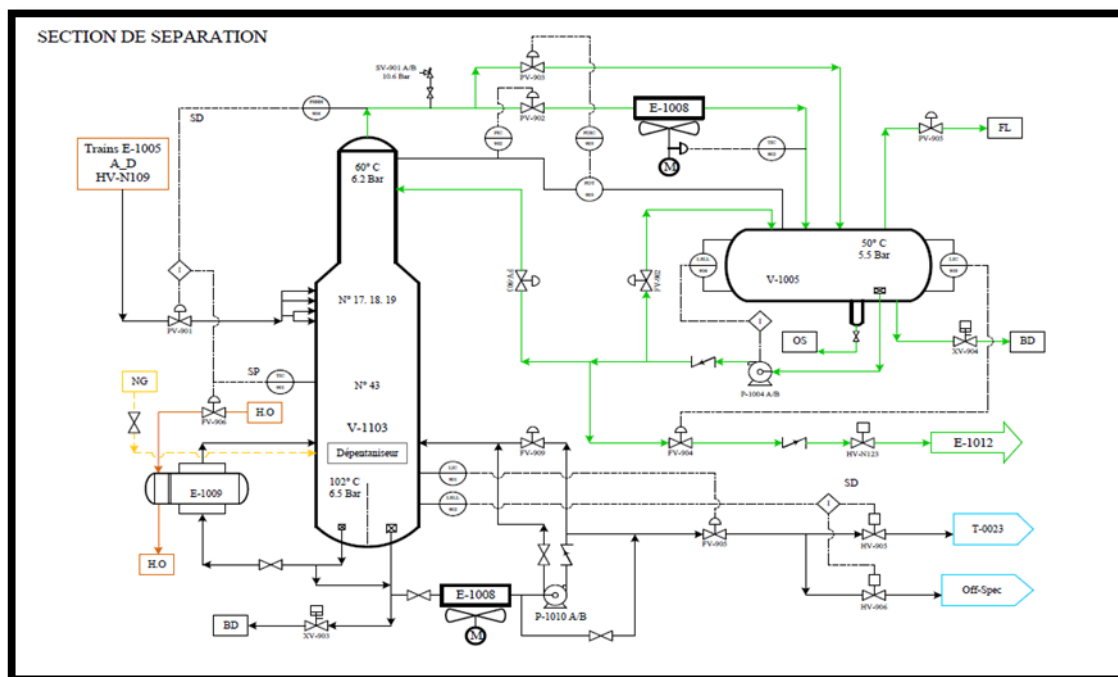


Figure I.2 : Schéma sur la section de séparation des gaz butane et propane. [17]

I-2-7-3-Section de réfrigération

Cette section pour réfrigère les produit finis par les traitements suivant :

Le propane, et le butane provenant de la section de séparation sont refroidis à des températures correspondantes à leur point de saturation liquide soit (- 40 °C) pour le propane, et (- 5 °C) pour le butane. Ils sont ensuite canalisés vers les bacs de stockage à basse température. Le refroidissement se fait par l'intermédiaire de trois schillers, pour le propane, et trois schillers pour le butane, suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération au propane pur (agent réfrigérant) fonctionnant sous trois stades de pression distinctes HP (haut pression), MP (moyen pression), et BP (basse pression).

Les vapeurs issues de l'évaporation du propane pur au niveau des trois stades de réfrigération sont collectées dans les trois ballons d'aspiration, où elles sont aspirées par un compresseur centrifuge à trois étages, entraîné par une turbine à gaz (PH I), ou un moteur électrique (PH II, et PH III), pour être ensuite condensées dans les aérocondenseurs, et accumulées dans le ballon accumulateur.

I-2-7-4-Section utilités : Les utilités de production nécessaire sont :

Cette section comprend la production et la distribution de toutes les utilités nécessaires au fonctionnement du complexe, à savoir : le gaz naturel, l'eau distillée, l'eau de refroidissement, l'eau industrielle, le gasoil, la vapeur d'eau, l'azote, l'air instrument, l'air service et méthanol ainsi que la section d'huile chaude.

I-2-8-Avantages et inconvénients des GPL

L'homogénéité du mélange air- GPL donne une meilleure régularité du couple moteur aux bas régimes mais perd environ 58 % de puissance à haut régime, les reprises se font plus souples. Le fonctionnement du moteur est plus silencieux et les vibrations diminuent contrairement aux carburants classiques, la combustion du GPL ne laisse aucun dépôt et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue.

- La surconsommation des GPL/C est de l'ordre de 15 à 20 % par rapport aux carburants traditionnels.
- Il existe un inconvénient majeur d'encombrement, le réservoir peut amputer le volume du coffre. Toutefois les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles une version GPL /c avec réservoir intégré.
- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation urbaine. Les GPL carburant répondent bien aux problèmes de pollution des villes [6].

I-2-9-Risques des GPL

- Fuites de GPL

Une fuite de GPL est caractérisée par la formation d'un nuage gazeux, avec la formation d'une couche claire très inflammable enveloppant ce nuage, en plus de la formation d'un gel à la source de la fuite.

Du fait de son poids moléculaire, les GPL ont tendance à éteindre le sol et à s'écouler lentement pour s'accumuler dans les points bas, caniveaux et sous sol.

-Feux de GPL

Une fuite accidentelle de GPL provoque la formation d'un nuage inflammable, si ce dernier rencontre une source d'inflammation, un feu se produit avec la propagation instantanée de la combustion dans le nuage inflammable [9].

L'industrie des GPL et par l'intermédiaire des organisations telle que le forum mondiale du GPL a pour mission de promouvoir ces combustibles gazeux et doit le faire tout provoque dans le choix de combustibles salubres pour l'environnement et à combustion propre, gaz naturel et GPL peuvent servir cet objectif et ont leur place dans la résolution des problèmes actuels en matière de l'environnement car il y a une diminution importante de la pollution, donc il permette de réduire la dépendance vis à vis des autres sources d'énergie.

Chapitre II

Rectification

Chapitre II : rectification

II.1 Introduction :

Si l'on vaporise un mélange de différents constituants miscibles, ou qu'on condense leurs vapeurs, on obtient respectivement une vapeur plus riche, et un liquide plus pauvre, en constituants plus volatils. Bien qu'une opération simple puisse effectuer cette séparation, elle ne peut pas conduire à un degré de séparation raisonnable, comme on ne peut pas obtenir une séparation complète des constituants, si au cours de l'opération d'importantes quantités de vapeur et de liquide de titres différents seront éliminés. C'est par une vaporisation fractionnée qu'on peut obtenir un liquide ou une vapeur de composition voulue. Et c'est pour cette raison qu'on doit recourir à la rectification.

II.2 Définition

La rectification est un procédé physique de séparation, caractérisé par des transferts de matière et de chaleur entre une phase liquide et une phase gazeuse, qui permet de séparer les constituants d'un mélange en se basant sur la différence de volatilité entre ces constituants. C'est une des opérations de séparation les plus employées dans le domaine de la chimie et le raffinage. L'appareil principal permettant de réaliser ces transferts est le plus souvent une colonne, appelée aussi tour de fractionnement. Le phénomène physique qui régit la rectification est la diffusion à contre-courant qui s'instaure entre la phase liquide et la phase gazeuse. Les transferts de matière et de chaleur s'établissent au moyen de dispositifs de contact qui engendrent de grandes Surfaces d'échange entre les deux phases. Pour ce faire, on dispose une phase dans l'autre et il n'existe qu'une alternative.

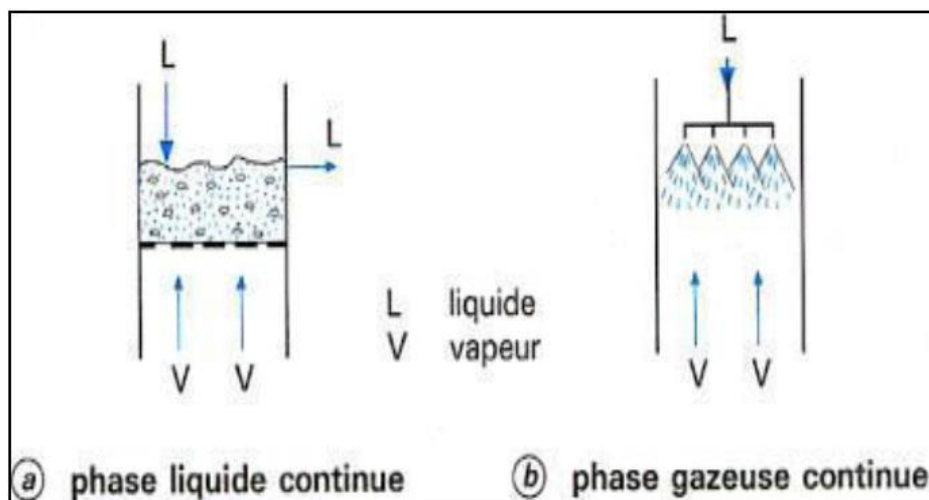


Figure II-1: Principe du contact entre phases [19]

Chapitre II : rectification

a- Disposition du gaz dans une phase liquide continue.

b- Disposition du liquide dans une phase gazeuse continue.

Un mélange passe progressivement de l'état liquide à l'état vapeur, par augmentation de température à pression constante et la composition des deux phases supposées en équilibre évolue constamment au cours de la transformation. La vaporisation, se caractérise par l'apparition des premières bulles de vapeur, à la température de bulle du composé, La température croît jusqu'à une valeur appelée température de rosée correspondante à la disparition de la dernière goutte de liquide. A toute température t , comprise entre la température de bulle et de rosée, sous la pression P , correspond un équilibre liquide-vapeur unique .[19]

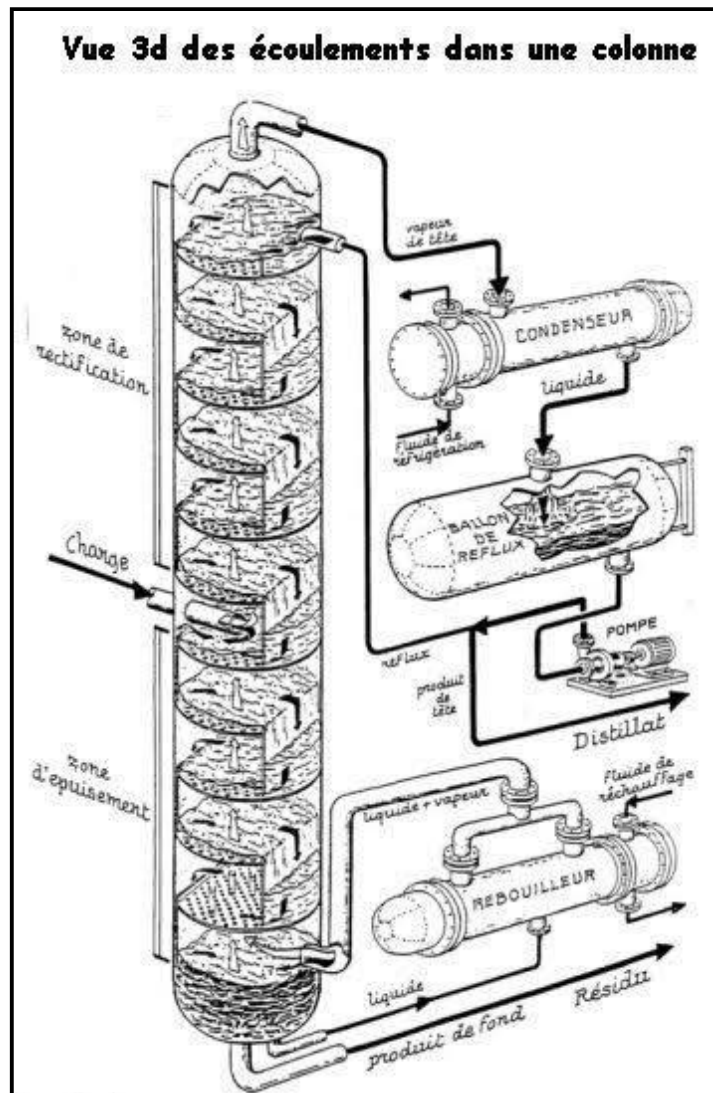


Figure II-2 : Vue 3D des écoulements dans une colonne [19]

Chapitre II : rectification

II.3 Fonctionnement d'une colonne

Le principe consiste à déplacer les équilibres de phase à l'aide d'un gradient de température créé par une source chaude (le rebouilleur), générant un flux de vapeur chaude montant, et une source froide (le condenseur), qui crée un flux de liquide froid

Descendant dans la colonne, à pression constante. Lors de la mise en équilibre d'une phase liquide avec sa phase vapeur, les plus volatils s'accumulent dans la vapeur et sont éliminés au sommet de la colonne, alors que les éléments lourds passent en phase liquide et sont soutirés au fond. C'est la mise en contact intime de ces deux phases se croisant dans la colonne qui permet de réaliser une succession d'équilibres liquide vapeur, et ainsi de séparer les constituants de l'alimentation en un distillat riche en constituants volatils, et un résidu appauvri en constituants volatils.

Pour assurer les transferts de matière, et de chaleur entre ces deux flux, des éléments de contact sont placés à l'intérieur d'une virole. Ils sont constitués soit par des plateaux, dont le principe de base est de faire barboter la vapeur dans une rétention liquide provoquée par un barrage coupant la phase liquide, ou par des garnissages, constitués le plus souvent de treillis métallique qui permettent de disperser les phases et d'assurer une bonne surface d'échange entre les fluides circulants à contre-courant. De ce fait, certaines conditions rencontrées dans le raffinage, lorsque la charge contient des constituants incondensables, conduisent à la production simultanée d'un distillat liquide, et d'un distillat vapeur. Lorsque la colonne fonctionne en continu, la charge est injectée en un point des 2 viroles qui dépend des caractéristiques de la charge. Celle-ci est alors séparée en un résidu au fond de la colonne et un distillat en tête.

Une colonne se compose de trois zones :

- Zone d'expansion : zone d'alimentation ou zone de flash, où l'alimentation est introduite à l'état vapeur, liquide ou biphasique.
- Zone de rectification : zone supérieure de la colonne, où la phase vapeur s'enrichit en éléments légers, la phase liquide en éléments lourds.
- Zone d'épuisement : zone inférieure de la colonne, où est corrigée la composition du liquide en éléments légers.[20]

Chapitre II : rectification

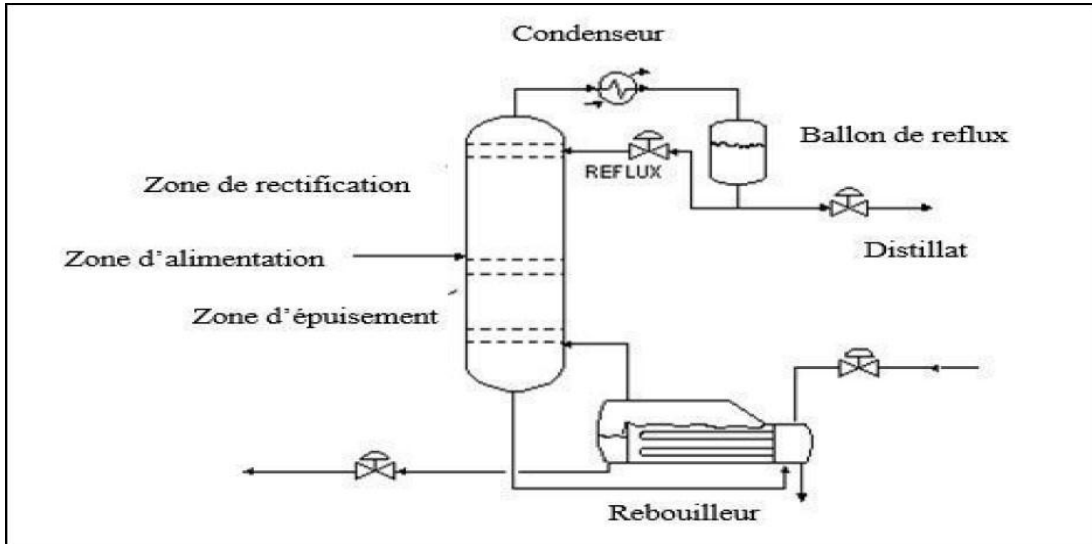


Figure II-3 : Différentes zones d'une colonne de rectification [20]

II.4 Types des colonnes :

II.4.1 Colonnes à plateaux :

Les plateaux d'une colonne ont pour objectif de mettre en contact le liquide, qui redescend par gravité, avec la vapeur montante.

II.4.1.1 Les types des plateaux

Dans l'industrie de raffinage et de fractionnement du gaz on trouve plusieurs types des plateaux, et le choix entre les plateaux est en fonction :

- Des conditions opératoires.
- Des performances demandées.
- Des facteurs économiques.

Généralement pour :

Le transfert de matière entre liquide – vapeur, on utilise :

- Plateau à cloches.
- Plateau à trous.
- Plateau à clapet.
- Plateau à jets.

Le transfert de matière entre liquide- liquide, on utilise :

- Plateau à cloches.
- Plateau à jets.

Le transfert de chaleur, on utilise :

- Plateau à cloches.
- Plateau à clapet.

Chapitre II : rectification

- Plateau à chicanes.

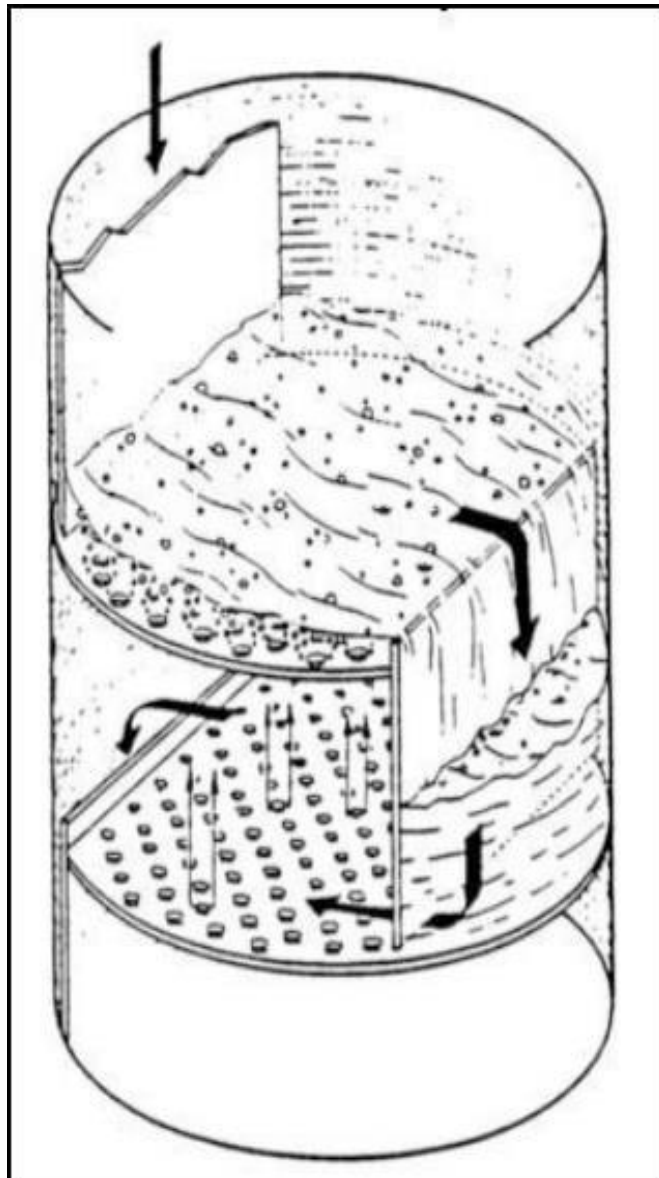


Figure II-4 :Vue 3D des écoulements dans une colonne à plateau [20]

A. Plateaux à trous avec tubes déversoirs :

Le liquide descend d'un plateau à l'autre par les tubes déversoirs. La vapeur traverse verticalement les trous du plateau supportant une certaine épaisseur de liquide, assurant ainsi un contact entre les deux phases.

Noter le siphon sur le dernier plateau permettant d'éviter les remontées de vapeur par le tube déversoir.

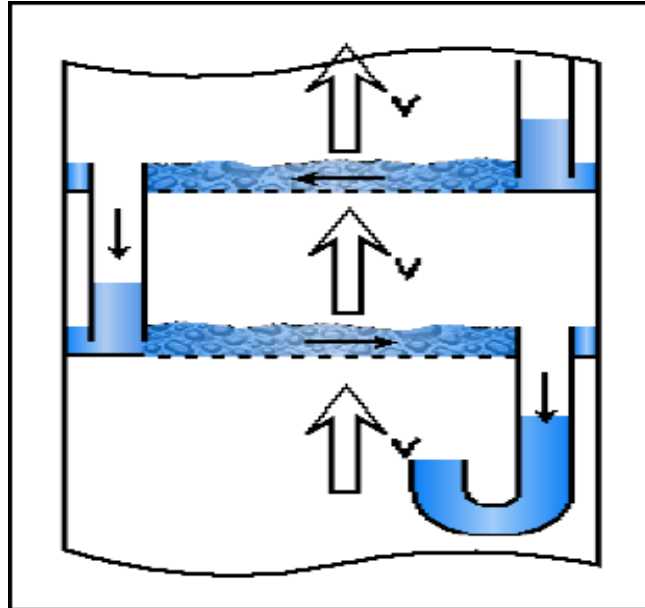


Figure II-5 : Plateaux à trous avec tubes déversoirs [20]

B. Plateaux à cloches avec déversoirs

Les cloches forcent la vapeur à pénétrer +/-horizontalement sur le plateau, assurant ainsi un meilleur contact entre les phases.

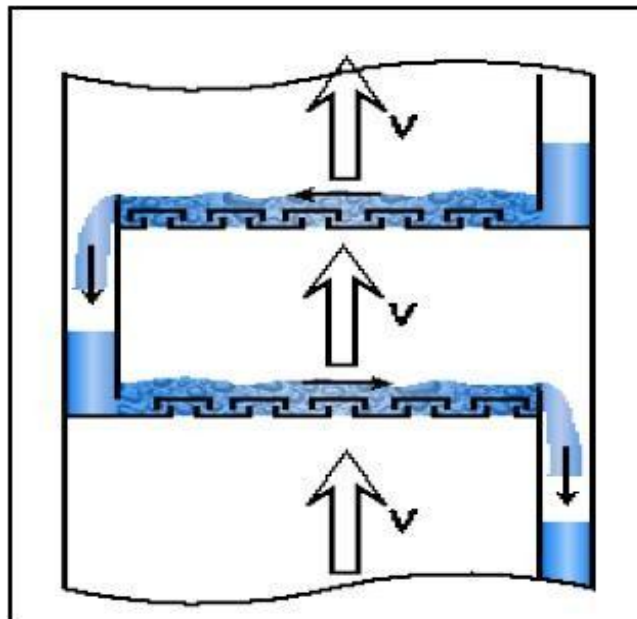


Figure II-6 : Plateaux à cloches avec déversoirs [20]

C. Plateaux à clapets avec déversoirs :

Les clapets ont pour objectif de fermer les trous des plateaux lors de faibles vitesses vapeurs, et ainsi d'éviter le pleurage (liquide retombant par les trous sur le plateau inférieur). Ils permettent également à la vapeur d'entrer sur le plateau supérieur avec une vitesse horizontale et non verticale, assurant ainsi un meilleur contact des deux phases.

Chapitre II : rectification

Au fond, on distingue la ligne de départ vers le rebouilleur (soutirage de liquide) et la ligne de retour (mélange liquide-vapeur en général).

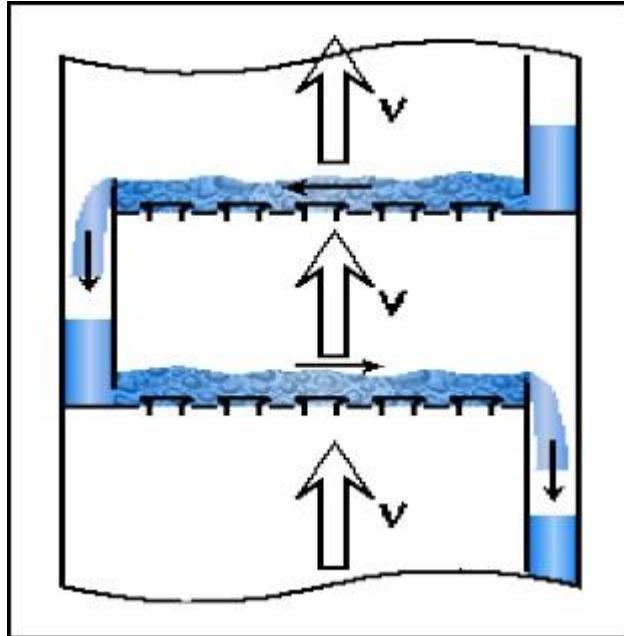


Figure II-7: Plateaux à clapets avec déversoirs [20]

III.4.1.2 Avantage et inconvénients des plateaux

- Cout élevé.
- Perte de charge importante à cause de la couche du liquide sur le plateau.
- Rétention forte.

II.4.2 Colonnes à garnissage

Le garnissage présent dans une colonne a pour objectif de mettre en contact la phase liquide, descendante par gravité, avec la phase vapeur qui monte vers la tête de colonne. Il doit offrir un degré de vide suffisant pour laisser passer le liquide et la vapeur à contre-courant, sans perte de charge excessive. Il doit également offrir une grande surface mouillée pour assurer une importante surface d'échange de matière entre le liquide et la vapeur (transfert des constituants volatils d'une phase vers l'autre).

Techniquement, une colonne à garnissage comporte les équipements suivants :

- Des tronçons de garnissage (de 0.3 à 10m de hauteur selon le diamètre de la colonne), en vrac ou structuré.
- Des grilles support pour les différents tronçons de garnissage.
- Des collecteurs permettant de récupérer l'ensemble du liquide descendant du tronçon supérieur.
- Des distributeurs permettant d'assurer une redistribution du liquide sur la surface du garnissage, au niveau de l'alimentation ou du reflux mais également entre deux tronçons.

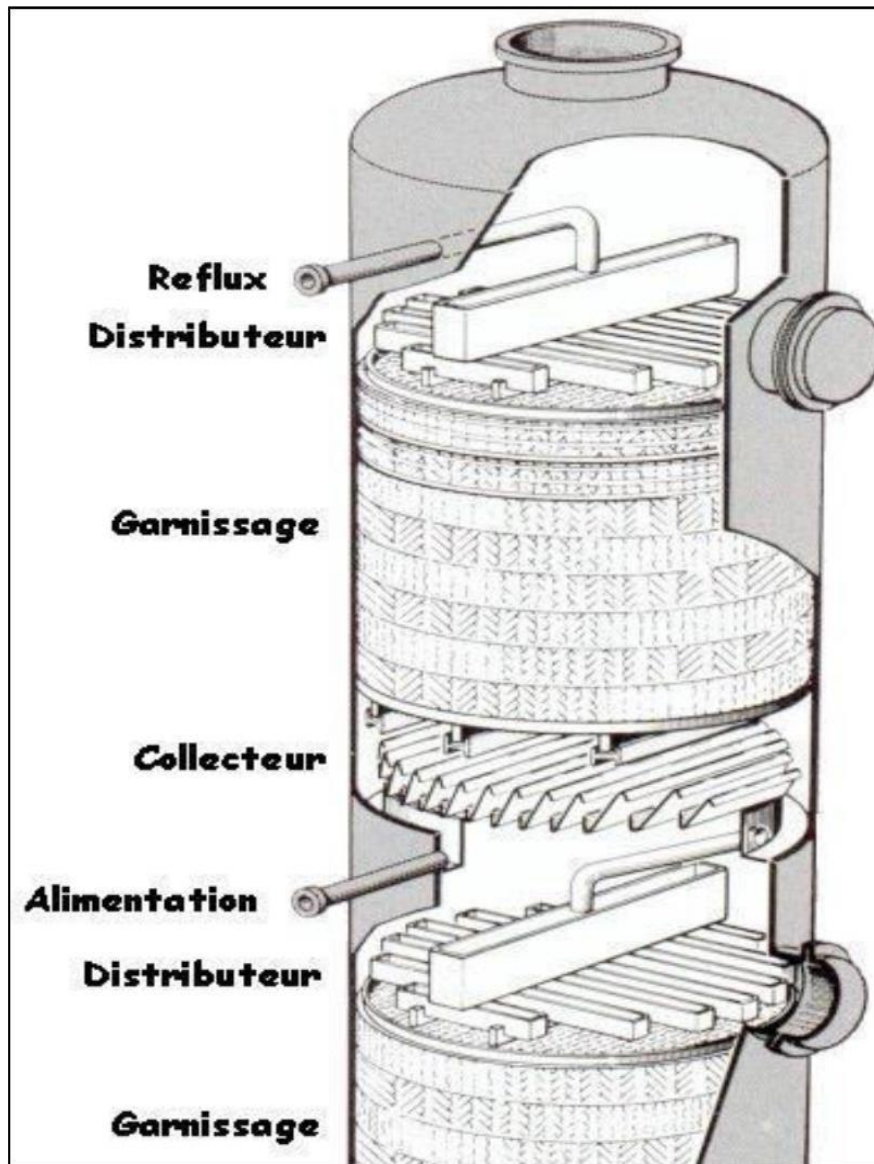


Figure II-8: Colonne à garnissage [21]

II.4.2.1 Avantages et inconvénients du garnissage structuré

- Bonne tenue dans le temps (pas de tassement).
- HEPT prévisible et reproductible.
- Montage et démontage du garnissage en une seule pièce ou en morceaux, en fonction du diamètre de la colonne.

II.4.2.2 Avantages et inconvénients du garnissage vrac

- Peu onéreux
- Variation des performances dans le temps due au tassement
- Entraînement possible lors d'un engorgement
- Montage par versement gravitaire, parfois par transport pneumatique
- Friabilité du garnissage lors du versement

Chapitre II : rectification

- Enlèvement difficile si nécessité d'inspection de la colonne. [21]

II.5. Lois fondamentales de transfert de matière :

II.5.1. Lois de DALTON :

Considérons une phase vapeur composée de constituants auxquels on peut appliquer la loi des gaz parfaits, alors la pression partielle d'un constituant (p_{vi}) est proportionnelle à la pression du système (P_T) et à sa concentration molaire (Y'_i) :

$$P_{vi} = P_T \cdot Y'_i \dots \dots \dots (II-1)$$

Avec :

- P_{vi} : Pression partielle d'un constituant « i » en [atm].
- P_T : Pression du système en [atm].
- Y'_i : Concentration molaire du constituant « i » en phase vapeur.

II.5.2. Lois de RAOULT et d'HENRY :

Leurs lois ne sont applicables que pour les liquides. Considérons une phase liquide composée de constituants entièrement miscibles, On conçoit aisément que la tendance des molécules d'un constituant à s'échapper de la phase liquide soit proportionnelle à la concentration molaire de ce constituant à cette phase.

D'après la loi de RAOULT, la pression partielle (P_{Li}) d'un constituant est égale au produit de sa tension de vapeur (P_i) à l'état pur par sa concentration molaire en phase liquide :

$$P_{Li} = P_i \cdot X'_i \dots \dots \dots (II-2)$$

Avec :

- P_{Li} : Pression partielle d'un constituant « i » en [atm].
- P_i : Tension de vapeur du constituant « i » en [atm].
- X'_i : Concentration molaire du constituant « i » en phase liquide.

Dans le cas des mélanges réels ; les constituants obéissent à la loi d'HENRY. D'après cette loi, la pression partielle d'un constituant, la température étant fixe, est proportionnelle à la concentration molaire du constituant dissout dans la phase liquide

$$P_{Li} = E_i \cdot X'_i \dots \dots \dots (II-3)$$

Avec :

E_i : constante d'Henry ; dépend de la nature du constituant et de la température à l'équilibre, les pressions partielles d'un même constituant dans les deux phases liquides et vapeur sont égales :

Chapitre II : rectification

$$P_L = P_{vi}$$

Donc :

$Y_i (P_i / P_T)$. X_i : C'est l'équation d'équilibre des phases. [22]

II.6 Paramètres de température et pression de la colonne :

Ces paramètres sont déterminés par les calculs des équilibres liquide - vapeur.

- La pression de tête de la colonne : est définie comme étant la pression de vapeurs de tête de la colonne.
- La température de tête de la colonne : est définie comme étant la température de rosée des vapeurs de tête à la pression de tête de la colonne.
- La température de fond de la colonne : est définie comme étant la température de bulle de résidu produit à la pression de fond de la colonne.

III.6.1 Choix de la pression dans la colonne

Le contrôle du déroulement d'une distillation exige que sa pression de fonctionnement soit stable. Un régulateur de pression assure cette stabilisation dans la plupart des colonnes. La pression de fonctionnement d'une colonne de distillation est déterminée par les conditions qui s'établissent après condensation (température et pression), dans le condenseur ou dans le ballon de reflux. La tension de vapeur ou pression de bulle du distillat liquide qui se trouve dans le ballon de reflux. A partir de la pression de base qui règne dans le ballon de reflux, il s'établit dans la colonne un profil de pression correspondant aux pertes de charge subies par l'écoulement du flux vapeur depuis le rebouilleur jusqu'au condenseur.

La valeur de la perte de charge due au condenseur et à la ligne de tête se situe habituellement entre 0,1 et 0,4 bars et la perte de charge due aux plateaux correspond à la chute de pression globale occasionnée par la traversée de chaque plateau. Sa valeur peut varier entre 0,3 et 0,5 bars.

La pression dans le ballon de reflux est déterminée d'après l'équation d'isotherme de la phase liquide : [23]

$$K_i \cdot X'_{D,i} = 1 \dots\dots\dots(II-4)$$

II.6.2. Régime de température de la colonne :

A la pression de service P_s ; pression du sommet de la colonne, la température au sommet de la colonne est déterminée par approximation successive à partir de l'équation de l'isotherme de la phase vapeur :

$$\sum (Y_i / K_i) = 1 \dots\dots\dots(II-5)$$

Chapitre II : rectification

La température au fond de la colonne (dans le rebouilleur doit être calculé comme la Température de bulle du Résidu à la pression P_f) est déterminée par approximation successive à partir de l'équation de l'isotherme de la phase liquide :

$$\sum(K_i \cdot X_{R,i})=1 \dots\dots\dots(II-6)$$

Et pour la température de la charge, elle peut être déterminée en trois cas :

- ✓ Si l'est à l'état liquide, on utilise l'équation suivante :

$$\sum(K_i \cdot X_{L,i})=1$$

- ✓ Si l'est à l'état vapeur, on utilise l'équation suivante:

$$\sum(Y'_{L,i}/K_i)=1$$

- ✓ Si l'est à l'état liquide-vapeur, on utilise l'équation suivante:

$$\sum X'_{0,i} = \sum [X'_i / 1 + e'(K_i - 1)] = 1 \dots\dots\dots(II-7)$$
$$(Y'_{0,i} / X'_{0,i}) = K_i$$

Où :

- e : Taux de vaporisation.
- $X_{L,i}$: Concentration molaire du constituant « i » dans la charge.
- $Y_{0,i}$: Concentration molaire du constituant « i » dans la phase liquide.
- $X'_{0,i}$: Concentration molaire du constituant « i » dans la phase vapeur.

II.7. Choix des constituants clés :

Pour le calcul de la rectification des mélanges complexes, on fixe habituellement la concentration désirée d'un constituant dans le distillat et d'un deuxième dans le résidu (Constituants clés).

Souvent les constituants clé sont choisies: le plus volatil dans le résidu (constituant clé volatil) et le moins volatil dans le distillat (constituant clé lourd). Les constituants clés dans ce cas, sont déterminées comme les constituants limités entre lesquels s'effectue une séparation spécifiée. Les constituants clés et tous les constituants de volatilité intermédiaires trouvent dans les deux produits de la colonne et ils sont appelés les constituants distribués.[24]

Les constituants plus légers que le constituant clé volatil sont pratiquement absents dans le résidu, et les constituants plus lourds que le constituant clé lourd sont pratiquement absents dans le distillat, ils sont appelés les constituants non distribués.

II.8. Taux de vaporisation et composition des phases liquides et vapeurs de la charge:

Lors du calcul de la zone d'alimentation, il est nécessaire de disposer du débit et de la composition des phases liquides et vapeurs de la charge.

Chapitre II : rectification

D'après la définition de taux de vaporisation et de condensation de la charge, on a :

$$e = G_0 / L$$

$$r = g_0 / L$$

Avec :

e: Taux de vaporisation massique de la charge.

r : Taux de condensation massique de la charge.

go: Débit massique de la phase liquide dans la charge.

Go: Débit massique de la phase vapeur dans la charge.

A la pression et la température donnée, le taux de vaporisation ainsi que la composition des phases de la charge sont déterminées par approximation successive d'après l'équation connue de TREGOUBOV.

$$N \sum x_i = N [X_{Li} / (1 + e \cdot (K_i - 1))] = 1 \dots \dots \dots (II-8)$$

Où :

$$r + e = 1$$

Cette dernière équation peut être utilisée également pour déterminer la température de la charge si la pression et (e) sont connus.

Remarque :

Si e = 0 : la charge se trouve à sa température de bulle et (g₀ = L), on utilise l'équation d'isotherme de la phase liquide pour déterminer cette température.

Si e = 1 : la charge se trouve à sa température de rosé et (G₀ = L), on utilise l'équation d'isotherme de la phase vapeur pour déterminer cette température.

Pour calculer le taux de vaporisation en fonction de la température, on peut utiliser la relation approximative suivante :

$$e = \ln(T / T_b) / \ln(T_r / T_b) \dots \dots \dots (II-9)$$

Où :

T: la température considérée (°k).

T_b : la température de bulle (°k).

T_r : la température de rosé de la charge (°k).

II.9. Choix du taux de reflux :

Le taux de reflux détermine les dimensions de l'équipement, et les dépenses énergétiques au sommet et au fond de la colonne.

Chapitre II : rectification

II.9.1. Fonctionnement à reflux minimal :

Le fonctionnement à reflux minimal correspond à un nombre infini de plateaux pour la séparation spécifiée, donc d'après la formule d'UNDER WOOD, généralement on détermine le taux de reflux minimal suivant l'équation :

$$(rf)_{\min} = \varphi \sum (Y_{Di}/\alpha_{Li} - \varphi) \dots \dots \dots (II-10)$$

$$- (rb)_{\min} = \varphi \sum (\alpha_{Li} \cdot X'_{R,i}/\alpha_{Li} - \varphi) \dots \dots \dots (II-11)$$

Avec :

- α_{Li} : Le coefficient de volatilité d'un constituant i quelconque, par rapport au constituant clés lourd déterminé à la température d'entrée de la charge.
- φ : Paramètre conventionnel déterminé par approximations successives.

La relation entre $(rf)_{\min}$ et $(rb)_{\min}$ est donnée par la formule suivante [25]

$$(rb)_{\min} = [(D(rf)_{\min}/L) + (1 - e^{\prime o}) - (R/L)] / (R/L) \dots \dots \dots (II-12)$$

II.9.2. Taux de reflux optimal :

En suite, on détermine le taux de reflux opératoire ou optimal suivant qui correspond un nombre de plateaux théoriques (chaque taux de reflux correspond un nombre fini de plateaux théorique et que ce nombre diminue quand le taux de reflux s'accroît). Pour ces calculs approximatifs, on peut utiliser la formule proposée par GILLILAND:

$$[(rf)_{\text{opt}} - (rf)_{\min}] / [(rf)_{\text{opt}} + 1] = 0,1 \div 0,33$$

$$(rb)_{\text{opt}} = [D (rf)_{\min} / R] + (1 - e) - 1$$

II.10. Bilan thermique de la colonne

L'établissement du bilan thermique de la colonne peut être nécessaire pour déterminer:

La quantité de chaleur à apporter au rebouilleur.

La quantité de chaleur à retirer au condenseur.

Ainsi que pour vérifier :

Le débit de fluide chauffant et le débit de fluide refroidissant.

Le débit de reflux.

La somme des flux enthalpiques entrants doit être égale à la somme des flux enthalpiques sortants.

Les flux enthalpiques entrant sont généralement :

La chaleur apportée au rebouilleur.

Le flux enthalpique des produits alimentant la colonne.

Les flux enthalpiques sortant sont généralement :

La chaleur retirée au condenseur. Le flux enthalpique des produits extraits de la colonne. L'équation de bilan thermique de la colonne entière s'écrit :

Chapitre II : rectification

$$L \cdot h_L + Q_{rb} = D \cdot H_D + R \cdot h_R + Q_{con}$$

$$L \cdot h_L = D(H_D + Q_{con}/D) + R(h_R - Q_{rb}/R)$$

$$L \cdot h_L = D \cdot H^* + R \cdot h^*_R$$

Avec:

Q_{con}/D : la charge thermique de condenseur rapportée à l'unité de distillat.

Q_{rb}/R : la charge thermique de rebouilleur rapportée à l'unité de résidu.

Q_{rb} : Charge thermique du rebouilleur. (Kcal/h).

Q_{con} : Charge thermique du condenseur. (Kcal/h).

h_L : Enthalpie de la charge (Kcal/Kmol).

H_D : Enthalpie du distillat (Kcal/Kmol).

h_R : Enthalpie du résidu (Kcal/Kmol).[26]

II.11. Nombre de plateaux théoriques a reflux opératoire :

II.11.1. Méthode approximative :

GILLILAND a proposé une corrélation empirique entre le taux de reflux et le nombre de plateaux théoriques : si N est le nombre de Plateaux théoriques correspondants à un taux de reflux opératoire $(rf)_{opt}$, les deux fonctions sont reliées entre elles par une courbe de corrélation :

$$N = N_{min} (1,4 - 0,8) \text{Log} \left(\frac{(rf)_{opt} - (rf)_{min}}{(rf)_{opt} + 1} \right) \dots\dots\dots(\text{II-13})$$

Si la charge à séparer se trouve à sa température d'ébullition, on peut utiliser la formule proposée par DONNELLE et COOPER :

$$\frac{N - N_{min}}{N + 1} = \frac{(rf)_{opt} - (rf)_{min}}{(rf)_{opt} + 1} \dots\dots\dots(\text{II-14})$$

ELLIS a introduit une simplification en admettant que la hauteur de la zone d'alimentation est la même à reflux total qu'à reflux opératoire.

Alors le nombre de plateaux théoriques pour chaque zone à reflux opératoire choisi, est donné par les formules :

$$N_R = N_{Rmin} \cdot \frac{N}{N_{min}}$$

$$N_E = N_{Emin} \cdot \frac{N}{N_{min}}$$

Avec :

- N_R : nombre de plateaux de la zone de rectification.
- N_E : nombre de plateaux de la zone d'épuisement.

Chapitre II : rectification

II.11.2. Méthode de calcul plateau par plateau :

Il est possible d'effectuer le calcul des plateaux en partant du distillat ou du résidu par approximation successive et de bilan de matière dans chaque zone de la colonne.

Pour calculer le nombre de plateaux théoriques, on dispose habituellement du taux de reflux opératoire et des concentrations des constituants clés dans le distillat et le résidu.

Les équations fondamentales utilisées lors des calculs sont :

- Equation d'équilibre des phases.
- Bilan matière partielle.

Lors du calcul du nombre de plateaux dans les zones de la colonne, pour la première approximation, on peut se guider d'après les recommandations suivantes :

- Le calcul dans la zone de rectification ; est poursuivi jusqu'à ce que le rapport des concentrations clés dans une phase vapeur soit égal à celui dans la charge.
- Le calcul dans la zone d'épuisement ; est poursuivi jusqu'à ce que le rapport des concentrations clés dans une phase liquide soit égal à celui dans la charge.

Cette règle entraîne la convergence des concentrations des constituants clés dans la zone d'alimentation, mais il est nécessaire que cette convergence soit réalisée également pour les autres constituants et principalement pour les constituants intermédiaires.[25]

Chapitre III
PARTIE CALCUL

Chapitre III : Partie calcul

III. Colonne Dépropaniseur

La raffinerie de SBAA (W.ADRAR) est implantée sur une surface totale 84 hectares dont 37 hectares sont occupés par des installations de production. Elle est située sur le territoire de la Commune de SBAA à quelques 44Km au nord de la ville d'Adrar.

En plus des GPL de l'unité distillation atmosphérique, les GPL des unités reforming Catalytique et craquage catalytique sont recueillis dans le ballon accumulateur. La charge du dépropaniseur est aspirée par la pompe et refoulée à travers l'échangeur (échange thermique avec le gasoil 2e soutirage). L'alimentation de la colonne se fait au niveau du 27 plateau a une température de 70. °C. Les vapeurs de tête sont refroidies par le condenseur et recueillies dans le ballon de reflux. La phase liquide du ballon est aspirée par la pompe, une partie est refoulée vers la tête de la colonne comme reflux, l'autre partie sert de charge d'alimentation du dééthaniseur. La pression et la température de tête sont respectivement : 1.58 MPa et 44°C.

Le rebouillage du fond de la colonne se fait avec de la vapeur à 1.0 Mpa et 250 °C au niveau de l'échangeur, la température du fond est de 97.7 °C.

- **Fond de la colonne** : Le fond du dépropaniseur constitue par la coupe du butane, alimentera le dépentaniseur et servira de charge pour cette colonne.

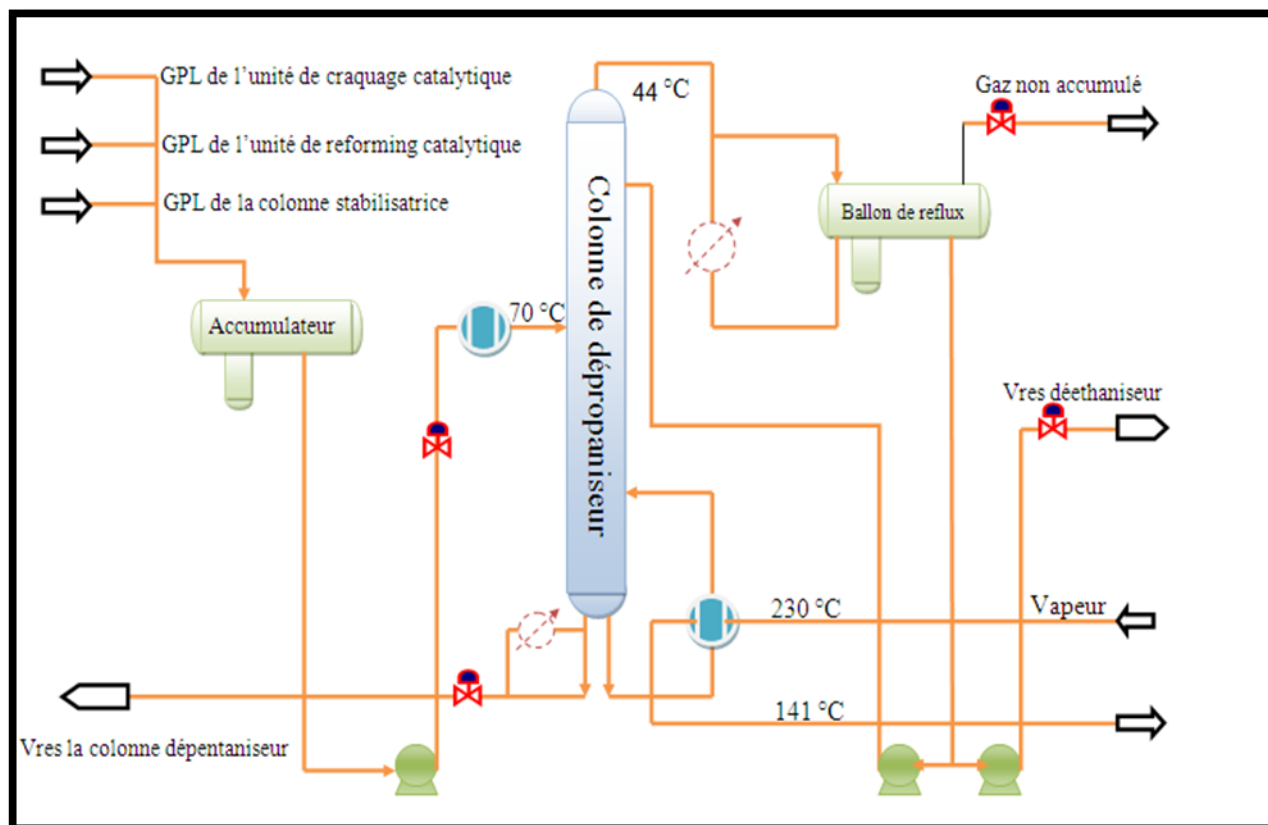


Figure (III-1):circuit de GPL dans la colonne dépropaniseur

Chapitre III : Partie calcul

III.1. Données de départ

Débit d'alimentation

L : la charge de l'alimentation $L = 6111.5 \text{ Kg/h}$

Teneurs admises :

$X'_{RC_3H_8}$: la composition c_3 dans le résidu à la phase liquide $X'_{Rc3} = 0,0075$

$Y_{DiC_4H_{10}}$: la composition c_4 dans le distillat à la phase vapeur $Y'_{Dic4} = 0,0162$

Tableau III.1 : La composition de la charge

Constituants	M_i	X'_{Li}
C_3H_8	44	0,3856
iC_4H_{10}	58	0,2898
nC_4H_{10}	58	0,3240
nC_5H_{12}	72	0,0006
Σ	232	1,0000

III.2. Calcul de la colonne de dépropaniseur :

III.2.1 Bilan de matière

III.2.1.1 : Composition et débit molaire de la charge

A partir du débit et de la composition de la charge, on détermine les quantités et les débits molaires de chaque constituant.

Tableau III.2 : Les quantités et les débits molaires de chaque constituant

Constituants	M_i	Composition molaire	$M_i X'_{Li}$	Quantité G'_i Kmol/h
C_3H_8	44	0,3856	16.9664	44.7936
iC_4H_{10}	58	0,2898	16.8084	33.6649
nC_4H_{10}	58	0.3240	18.7920	37.6377
nC_5H_{12}	72	0,0006	0.0432	0.0696
Σ	232	1,0000	52,61	116.166

Chapitre III : Partie calcul

Dans ce tableau

$$X'_{L,i} = M_i \cdot X'_{L,i} / M_{\text{moy}} \text{ avec } M_{\text{moy}} = \sum M_i \cdot X'_{L,i}$$

$$M_{\text{moy}} = 52,61 \text{ Kg/Kmol}$$

Et :

$$L' = L / M_{\text{moy}} = 6111,5 / 52,61$$

$$M = 116,166 \text{ Kmole/h}$$

III-1-2-2 Débits et compositions du résidu et distillat :

La séparation conditionnée par les données de départ, on peut fixer :

- Constituant-clé volatil C₃
- Constituant-clé lourd iC₄

D'après le design, la teneur des constituants clé est :

$$X'_{Rc3} = 0,0075 ; Y'_{Dic4} = 0,0164$$

Etant donnée que :

$$Y'_{DnC4} = 0,0000$$

$$Y'_{DiC5} = 0,0000$$

- **Le bilan de matière globale de la colonne :**

$$L' = D' + R'$$

- **Le bilan de matière partiel de la colonne :**

$$L' \cdot X'_{Li} = D' \cdot Y'_{Di} + R' \cdot X'_{Ri}$$

En appliquant cette équation pour chaque constituant, on obtient :

$$C_3 \quad L' \cdot X'_{Lc3} = D' \cdot Y'_{Dc3} + R' \cdot X'_{Rc3} \dots \dots \dots (1)$$

$$iC_4 \quad L' \cdot X'_{Lic4} = D' \cdot Y'_{Dic4} + R' \cdot X'_{Ric4} \dots \dots \dots (2)$$

$$nC_4 \quad L' \cdot X'_{Lnc4} = D' \cdot Y'_{Dnc4} + R' \cdot X'_{Rnc4} \dots \dots \dots (3)$$

$$iC_5 \quad L' \cdot X'_{Lic5} = D' \cdot Y'_{Dic5} + R' \cdot X'_{Ric5} \dots \dots \dots (4)$$

alors avec l'équation (1)

$$(1) \quad L' (X'_{L3}) = D' (Y'_{D3}) + R' (X'_{R3})$$

$$\text{On a : } L = D + R$$

Donc :

$$L' (X'_{L3}) = D' (Y'_{D3}) + L' (X'_{R3}) - D' (X'_{R3}) \dots \dots \dots (a)$$

$$\text{On a : } Y'_{Di} = 1$$

$$\text{Donc : } Y'_{Dc3} + Y'_{Dic4} = 1$$

$$Y'_{D3} = 1 - 0,0164 = 0,9836$$

$$D' = L' (X'_{L3} - X'_{R3}) / (Y'_{D3} - X'_{R3})$$

Chapitre III : Partie calcul

$$D' = 38.7357 \text{ Kmol /h}$$

On a

$$L = D + R \text{ et } L' = D' + R'$$

$$\text{Ce qui fait : } R' = L' - D'$$

$$R' = 116.166 - 38.7357$$

$$R' = 77.9243 \text{ Kmol /h}$$

- **Détermination de X' Ri et Y' Di**

$$(1) L' X' Lc3 = D' Y' Dc3 + R' X' Rc3 \leftrightarrow Y' Dc3 = (L'/D') X' Lc3 - (R'/D') X' Rc3$$

$$Y' D3 = 0,9836$$

$$(2) L' X' Lic4 = D' Y' Dic4 + R' X' Ric4 \leftrightarrow X' Dic4 = (L'/R') X' Lic4 - (D'/R') Y' Dic4$$

$$X' Ric4 = 0,4238$$

$$(3) L' X' Lnc4 = D' Y' Dnc4 + R' X' Rnc4 \leftrightarrow X' Rnc4 = (L'/R') X' Lnc4 - (D'/R') Y' Dnc4$$

$$X' Rnc4 = 0,4830$$

$$(2) L' X' Lic5 = D' Y' Dic5 + R' X' Ric5 \leftrightarrow X' Ric5 = (L'/R') X' Lic5 - (D'/R') Y' Dic5$$

$$X' Ric5 = 0,0008$$

Tableau III.3 : Les débits et composition du résidu et du distillat

Constituant	X' Li	L' X' Li Kmol/h	Y' Di	D' Y' Di Kmol/h	X' Ri	R' X' Ri Kmol/h
C₃H₈	0,3856	44,7936	0,9836	38.1004	0,0075	0,5844
iC₄H₁₀	,28980	336649	0,0164	0,6352	0,4238	33,0243
nC₄H₁₀	0,3240	37,6377	0,0000	0,0000	0,4830	37,6374
iC₅H₁₂	0,0006	0,0696	0,0000	0,0000	0,0008	0,0623
Σ	1,0000	116,166	1,0000	38.7357	0,9151	77.9243

III.3. Pression et température aux différentes zones de la colonne

III.3.1. La pression et la température dans le ballon de reflux

La température dans le ballon de reflux : $T_{\text{ballon}} = 40^\circ\text{C}$

A cette température fixée, la pression nécessaire dans le ballon de reflux est calculée par la formule d'équilibre et l'isotherme de la phase liquide : $\Sigma X' Di \cdot K_i = 1$

Les coefficients d'équilibre K_i sont trouvés d'après le nomogramme de « **JENNY et SCHIBEL** ». (voir annexe N°1 et annexe N°2)

Chapitre III : Partie calcul

Tableau III.4: Les coefficients d'équilibre dans le ballon de reflux

Constituant	X'Di	Ki à 40°C et P=15,6 atm	X'Di.Ki
C₃H₈	0,9836	1	0,9836
iC₄H₁₀	0,0164	0,42	0,0068
nC₄H₁₀	0,0000	0,35	0,0000
iC₅H₁₂	0,0000	0,15	0,0000
Σ	1,0000	/	0,9904

La pression dans le ballon est : **P_b=15,6 atm**

III.3.2. La pression et la température au sommet de la colonne

En tenant compte des pertes de charge de la colonne jusqu'au ballon de reflux on admet que la pression au sommet de la colonne supérieur de « 0,4 » que P_b c'est-à-dire :

$P_s = P_b + DP1$ avec : **DP1= (0,2 à 0,4)**

$P_s = 15,6 + 0,4$

PS= 16 atm

Sachant que :

DP1 : Pertes de charges dues aux résistances des conduites et du condenseur.

La température au sommet de la colonne est déterminée par approximation successive selon l'équation de l'isotherme de la phase vapeur :

$\sum Y'Di / Ki = 1$

Tableau III.5 : les coefficients d'équilibre au sommet de la colonne

Constituents	Y'Di	Ki à 44 C et P=16 atm	Y'Di /Ki
C₃H₈	0,9836	1	0,9836
iC₄H₁₀	0,0164	0,49	0,0080
nC₄H₁₀	0,0000	0,36	0,0000
iC₅H₁₀	0,0000	0,16	0,0000
Σ	0,9999	/	0,0734

La température au sommet de la colonne est de : **T_s= 44°C**

Chapitre III : Partie calcul

III.3.3. La pression et la température au fond de la colonne

On estime la perte de charge dans la colonne à $P_2=0,3$, on trouve la pression au fond de la colonne :

$$P_f = P_s + DP_2 \text{ avec : } DP_2 = (0,3 \text{ à } 0,5)$$

$$P_f = 16 + 0,5$$

$$P_f = 16,5$$

Sachant que :

DP₂: Pertes de charges dues aux résistances des plateaux.

La température au fond de la colonne est calculée par l'équation de l'isotherme de la phase liquide : $\sum X' R_i \cdot K_i = 1$

Tableau III.6 : Les coefficients d'équilibre au fond de la colonne

Constituants	X'Ri	Ki à T=97.7°C et P=16.5 atm	X'Ri /Ki
C ₃ H ₈	0,0075	2	0,015
iC ₄ H ₁₀	0,4238	1,3	0,5509
nC ₄ H ₁₀	0,4830	0,9	0,4347
iC ₅ H ₁₂	0,0008	0,49	0,0004
Σ	0.9151	/	1,0001

La température au fond de la colonne est de : **T_f=97.7°C**

III.3.4. La pression et la température dans la zone d'alimentation

Pour déterminer la pression d'alimentation PL on utilise l'équation suivante : $PL = (P_s + P_f) / 2$

$$PL = (16 + 16,5) / 2$$

$$PL = 16,25 \text{ atm}$$

La température d'alimentation de la charge est calculée d'après l'équation de l'isotherme de la phase liquide : $\sum X' L_i \cdot K_i = 1$

Chapitre III : Partie calcul

Tableau III.7 : Les coefficients d'équilibre dans la zone d'alimentation

Constituants	X'Li	Ki à 70°C et P=16,25atm	X'Li .Ki
C₃H₈	0,3856	1,45	0,5591
iC₄H₁₀	0,2898	0,74	0,2144
nC₄H₁₀	0,3240	0,6	0,1944
iC₅H₁₂	0,0006	0,3	0,00018
Σ	1,0000	/	0,9680

La température d'alimentation est de **Ta=70°C**

III.4. Calcul de la volatilité relative des constituants aux différences niveaux de la colonne :

On calcul les volatilités relatives des constituants dans les différentes zones de la colonne de rectification d'après l'équation :

$$\alpha = (K_i / K_r)$$

K_i = coefficient d'équilibre

K_r = coefficient d'équilibre de constituant de référence

On admet comme constituant de référence, l'élément lourd **iC₄H₁₀**

Tableau III.8 : Le coefficient d'équilibre de constituant de référence dans les différentes zones

Les zones	Alimentation	Rectification	Epuisement
Kr	0.74	0.49	1.3

Les valeurs moyennes des volatilités sont déterminées par les formules suivantes :

III.4.1. Pour la zone d'épuisement

$$\alpha_{im} = 0.5(\alpha_{Li} + \alpha_{Ri})$$

III.4.2. Pour la zone de rectification

$$\alpha_{im} = 0.5(\alpha_{Li} + \alpha_{Di})$$

Avec :

$$\alpha_{Li} = K_i / K_r$$

$$\alpha_{Di} = K_i / K_r$$

$$\alpha_{Ri} = K_i / K_r$$

Chapitre III : Partie calcul

Tableau III.9 : Les volatilités relatives des constituants dans les différentes zones de la colonne de rectification

Constituants	Zone d'alimentation		Zone de rectification			Zone d'épuisement		
	Ki	α Li	Ki	α Di	α Rim	Ki	α Ri	α Eim
C ₃ H ₈	1,45	1,95	1	2,04	1,99	2	1,53	1,74
iC ₄ H ₁₀	0,74	1	0,49	1	1	1,3	1	1
nC ₄ H ₁₀	0,6	0,81	0,36	0,73	0,77	0,9	0,69	0,75
iC ₅ H ₁₂	0,3	0,40	0,16	0,32	0,36	0,49	0,37	0,38
Σ	/	4,16	/	4,09	4,12	/	3,59	3,87

III.5. Taux de vaporisation et composition des phases vapeur et liquide d'alimentation

Le taux de vaporisation de la charge de l'alimentation et les compositions des phases liquides et vapeurs à l'entrée sont calculées à l'aide des équations :

$$\Sigma X'_{o,i} = \Sigma X'_{L,i} / [1 + \bar{e} (K_i - 1)] = 1 \quad \text{et} \quad \Sigma Y'_{o,i} = \Sigma K_i X'_{o,i} = 1$$

Avec :

X'_{oi} ; Y'_{oi} : Les concentrations de l'élément "i" dans la zone d'alimentation

Tableau III.10: Le taux de vaporisation de la charge de l'alimentation et les compositions des phases liquides et vapeurs à l'entrée

Constituants	X'Li	Ki à 70°C et P=16.25 atm	1+ \bar{e} (Ki-1)	X'oi	Y'oi
C ₃ H ₈	0,3856	1,45	1,18	0,3267	0,4737
iC ₄ H ₁₀	0,2898	0,74	0,896	0,3234	0,2393
nC ₄ H ₁₀	0,3240	0,6	0,84	0,3857	0,2314
iC ₅ H ₁₂	0,0006	0,3	0,72	0,0008	0,0002
Σ	1,0000	/	3,636	1,0366	0,9446

Le taux de vaporisation est : $\bar{e} = 40\% = 0.4$

III.6. Taux de reflux minimal

Le taux de reflux minimal est calculé par la formule de « UNDERWOOD »

Chapitre III : Partie calcul

$$(Rf)_{\min} = \phi \sum Y_{Di} / (\alpha_{Li} - \phi) ; \text{ ou par : } (Rf)_{\min} + 1 = \sum (\alpha_{Li} \cdot X'_{Di}) / (\alpha_{Li} - \phi)$$

ϕ : Constante qui varie entre les volatilités relatives des constituants clés lourds et légers.

$$\alpha_{Lc3} < \phi < \alpha_{Lic4}$$

$$\alpha_{Lc3} = 1.95$$

$$\alpha_{Lic4} = 1$$

Le calcul de ϕ se fait par approximation successive selon l'équation suivante :

$$\bar{e} = \sum (\alpha_{Li} \cdot X'_{Li}) / (\alpha_{Li} - \phi) = 0.4$$

On trouve :

$$\Phi = 1.4$$

Tableau III.11: Calculs des constants

Constituants	X'Li	α_{Li}	X'Li . α_{Li}	$\alpha_{Li} - \phi$	$(\alpha_{Li} \cdot X'_{Li}) / (\alpha_{Li} - \phi)$
C₃H₈	0,3856	1,95	0,7519	0,55	1,3670
iC₄H₁₀	0,2898	1	0,2898	-0,4	-0,7245
nC₄H₁₀	0,3240	0,81	0,2624	-0,59	-0,4447
iC₅H₁₂	0,0006	0,40	0,0002	-1	-0,0002
Σ	1,0000	4,16	1,3043	-2,09	0,1976

Les résultats des calculs montrent que $\phi = 1.4$ pour $\bar{e} = \sum (\alpha_{Li} \cdot X'_{Li}) / (\alpha_{Li} - \phi) = 0.4$

Donc la valeur supposée de $\phi = 1.4$ pour le calcul de $(rf)_{\min}$ est le suivant :

$$(Rf)_{\min} = \phi \sum Y_{Di} / (\alpha_{Li} - \phi)$$

$$(Rf)_{\min} = 1,4 [(0,9836/0,55) + (0,0164/(-0,4))]$$

$$(Rf)_{\min} = 2,4463$$

III.7. Taux de reflux optimal (Rf)opt :

En appliquant l'équation de GILLILAND

$$(Rf)_{\text{opt}} = 1,3 \cdot (rf)_{\min} + 0,3$$

$$(Rf)_{\text{opt}} = 1,3 \cdot 2,4463 + 0,3$$

$$(Rf)_{\text{opt}} = 3,4801$$

III.8. Taux de rebouillage minimal (Rb)min

Le taux de rebouillage minimal $(rb)_{\min}$ est calculé par la formule suivante :

$$- (Rb)_{\min} = \sum [(X'_{Ri} \cdot \alpha_{Li}) / (\alpha_{Li} - \phi)]$$

$$(Rb)_{\min} =$$

Chapitre III : Partie calcul

$$[(0,0075*1.95/(0,55))+(0,4238*1/(-0,4))+(0,4830*0,81/(-0,59)+(0,0008*0.4)/(-1))]$$
$$- (Rb)_{\min} = 1,6963$$

III.9. Taux de rebouillage optimal (Rb)opt:

On détermine le taux de rebouillage optimal d'après la formule suivante :

$$(Rb)_{\text{opt}} = [D/R \cdot (Rf)_{\text{opt}} + (1 - \bar{\epsilon}) \cdot L/R] - 1$$

$$(Rb)_{\text{opt}} = [(38.7357/77.9243) \cdot 3,4801 + (1 - 0.4) \cdot 116.166/77.9243] - 1$$

$$(Rb)_{\text{opt}} = 1,6244$$

III.10. Calcul du nombre de plateaux dans la zone de rectification

III.10.1. Nombre de plateaux dans la zone de rectification

La formule de FENSKE est appliquée aux deux éléments clés (C 3 et iC4) .

$$NR_{\min} = \ln [Y'_{DC3} \cdot X'_{LiC4} / Y'_{DiC4} \cdot X'_{LC3}] / [\ln (\alpha_{RmC3} / \alpha_{RmiC4})] .$$

$$NR_{\min} = \ln [0,9836 \cdot 0,2898 / 0,0164 \cdot 0,3856] \cdot \ln (1,99/1)$$

$$NR_{\min} = 2,62$$

$$NR_{\min} = 3$$

On calcule le rapport suivant :

$$(Rf)_{\text{opt}} - (Rf)_{\min} / (Rf)_{\text{opt}} + 1 = (3,4801 - 2,4463) / (3,4801 + 1) = 0,23$$

D'après le monogramme de GILILLAND on tire pour la valeur 0.23, le rapport suivant égale à 0,42 (voir annexe N°03)

$$(NR - NR_{\min}) / (NR + 1) = 0.42$$

$$NR = (NR_{\min} + 0.42) / (1 - 0.42)$$

$$NR = (3 + 0.42) / (1 - 0.42) = 5.89$$

$$NR = 6$$

En prenant en considération l'efficacité des plateaux à clapet ($E=0.60$), le nombre totale de plateaux dans la colonne est :

$$NR_{\text{réel}} = NR / E$$

$$NR_{\text{réel}} = 10$$

III.10.2. Nombre de plateaux dans la zone d'épuisement

Le nombre de plateau minimal dans la zone d'épuisement est calculé par l'équation suivante :

$$NR_{\min} = \ln [X'_{LC3} \cdot X'_{RiC4} / X'_{LiC4} \cdot X'_{RC3}] \cdot [\ln (\alpha_{EmC3} / \alpha_{EmiC4})] .$$

$$NR_{\min} = \ln [0,3856 \cdot 0,4238 / 0,2898 \cdot 0,0075] \cdot \ln (1.74/1)$$

$$NR_{\min} = 3$$

Chapitre III : Partie calcul

$$(NE - N_{Emin}) / (NE + 1) = 0.42$$

$$NE = 6$$

$$N_{Réel} = NE / E$$

$$N_{Réel} = 10$$

III.10.3. Nombre de plateaux total de la colonne

$$N_T = N_{Rréel} + N_{Réel}$$

$$N_T = 20 \text{ plateaux}$$

Le condenseur et le rebouilleur étant considérés comme plateaux extérieurs donc:

$$N_T = 18 \text{ plateaux}$$

D'après le design : $N_{Réel} = 66$ plateaux

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été voué à l'étude de l'optimisation des paramètres de fonctionnement actuel d'une section de l'unité gas-plant, pour cela, nous avons fait une étude de cette dernière basée sur la vérification de la colonne de dépropaniseur afin de maintenir les teneurs admises du propane respectivement dans le résidu et le distillat.

Notre travail effectué dans ce mémoire se rapporte sur la proposition et l'optimisation des paramètres de marche de dépropaniseur afin de maximiser la récupération du propane.

Pour assurer le bon fractionnement de cette colonne, l'alimentation de la colonne C703 doit avoir une température de 70°C et une pression de 16.25 atm .abs.

Par conséquent, la température de tête de la colonne sera de 44°C et une pression de 16 atm .ABS et celle du fond sera de 97.7°C et une pression de 16.5 atm abs.

Le nombre de plateaux calculé est inférieur au nombre de plateaux design alors nous concluons que la colonne de dépropaniseur supporte la charge soumise à elle.

Dans les procédés de raffinage du pétrole, le dépropaniseur est important pour garantir des produits d'hydrocarbures.

Enfin, grâce à notre étude, nous avons appris le mode de fonctionnement et le fonctionnement de la colonne d'élimination du propane et le contrôle des derniers paramètres de fonctionnement, même si nous ne nous sommes formé à aucun niveau de l'entreprise en raison de la pandémie Covid-19. Nous espérons que notre étude sera utile à tous les étudiants de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] L.CHEBLI, Y.ABBASSI; « Rapport de stage de centre de formation » ; Hassi R'mel ; Mars 2012.
- [2] ALEXANDRE ROJEY, « gaz naturel, production, traitement et transport », Paris 1994. page :74-77.
- [3] <http://www.chimix.com/an5/prem5/hotp5/densite.htm> . (01Août 2020), Heure11:25.
- [4] <https://www.gazprom-energy.fr/gazmagazine/2018/03/pouvoir-calorique-gaz-naturel/>.
- [5] Conférence sur Le GPL. HASSI MESSAOUD. Janvier2000.
- [6] <https://www.lelementarium.fr/focus/gaz-naturel/>.(26Août 2020), Heure20:00.
- [7] J.P. WAUQUIER, Le raffinage du pétrole, produits pétroliers, schémas de fabrication. Paris : Edition Technip, publication de l'institut français de pétrole Tome I (1994).page :375-376.
- [8] Daddiou, Abdelaziz. Optimisation des paramètres de marche de l'unité de GPL de RHOURDE NOUSS. 2010; 58P.
- [9] M. Reece, A. Gikas, Pétrole questionnaire annuel 2010 et révisions rétrospectives, revue de l'agence international de l'énergie (AIE/OCDE), Vol. 01, (Juillet 2011), p. 05.
- [10] Centre canadien d'hygiène et sécurité au travail ; site web www.cchst.ca, (Février 2010).
- [11] W.L Nelson, journal pétrole et gaz, Vol. 02, (Septembre 1955), p. 129.
- [12] J.P. Wauquier, pétrole brut, produit pétrolières, schémas de fabrication, (tome I) édition Technip,(1994), p. 184.
- [13] Fiche sécurité sur site web www.airliquide.com, (Juillet 2010).
- [14] L'office national canadienne de l'énergie 2005, site web, www.one-neb.gc.ca, (Mai 2010).
- [15] P. Belov, Principes technologiques de synthèse pétrochimique, édition école supérieure Moscou,(1954).
- [16] Université kasdi marbah- ouargla Mémoire de Master en Génie des Procédés Spécialité Génie Chimique « GPL techniques et problématiques / raffinerie de SBAA (ADRAR) » présenté par DALIL Youssouf Année Universitaire : 2012 /2013 page 05-08.
- [17] M. Belatreche ; «Méthode d'adsorption de mercure au niveau du complexe GP1/Z» ;Mémoire de fin d'étude université de Mostaganem ; 2007,p:3-5.
- [18] M. Haslay, les gaz de pétrole liquéfiés dossier CFBP, édition comité français du butane et propane, (1996), p. 85.

Bibliographie

- [19] J. P. WAUQUIER Procèdes de séparation, tome II, Edition technip 1998. page :95-234.
- [20] Université Mohamed khider biskra Mémoire de Master en Génie des procédés option génie chimique « calcul des paramètres de fonctionnement du dépropaniseur unité 38 traitement de GPL „MOUDULE III à HASSI R'mel » présenté par chebli laid abbessi Youcef Année Universitaire : 2012 page 25-30
- [21] http://www.azprocede.fr/Cours_GC/rectification_profiles.html,(05Août2020), Heure 9:40.
- [22] Cours 4ème année « Opérations unitaires I », Mr. Hadjarab, IGCP/10.
- [23] V. KOSSIAKOV .Théorie et calcul de La rectification des mélanges complexes, Boumerdes 1976.page : 11-12 .
- [24] Université kasdi marbah- ouargla Mémoire de Master en Génie des Procédés Organiques et Macromoléculaires «Optimisation des paramètres de fonctionnement du dépropaniseur C302 de l'unité Gas-plant de la raffinerie d'Alger» présenté par GACEB Zineb .2016 ,page 43
- [25] « Génie chimique : opérations unitaires », Daniel Morvan, chimie Paris Ellipse 2009.
- [26] WUITHIER, J.P., Raffinage et génie chimique. Paris : Edition Technip, publication de l'institut français, (1972). Tome 1.

LES ANNEXES

LES ANNEXES

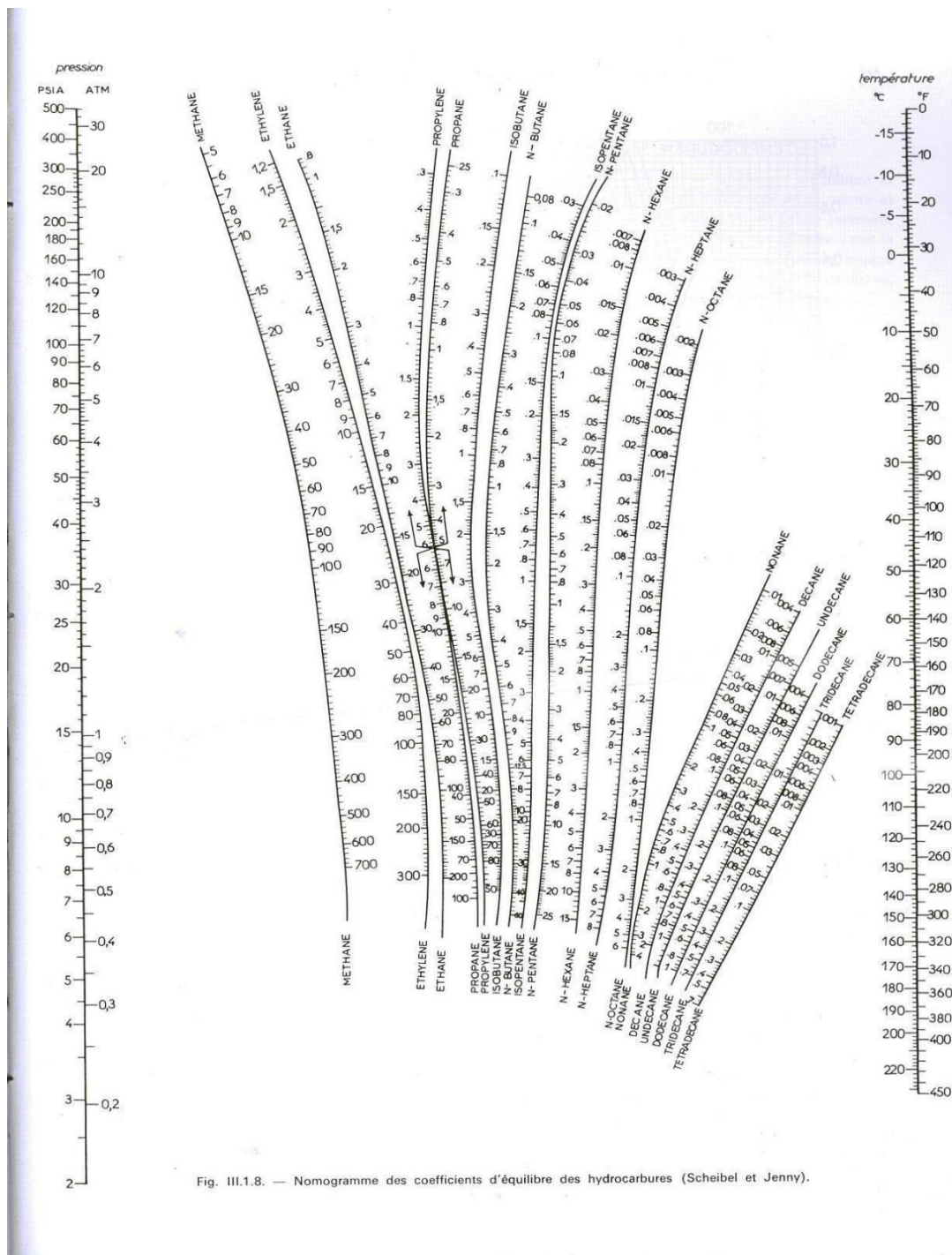


Fig. III.1.8. — Nomogramme des coefficients d'équilibre des hydrocarbures (Scheibel et Jenny).

DIAGRAMME DE SHEIBEL ET JONNY

ANNEXE N°01

LES ANNEXES

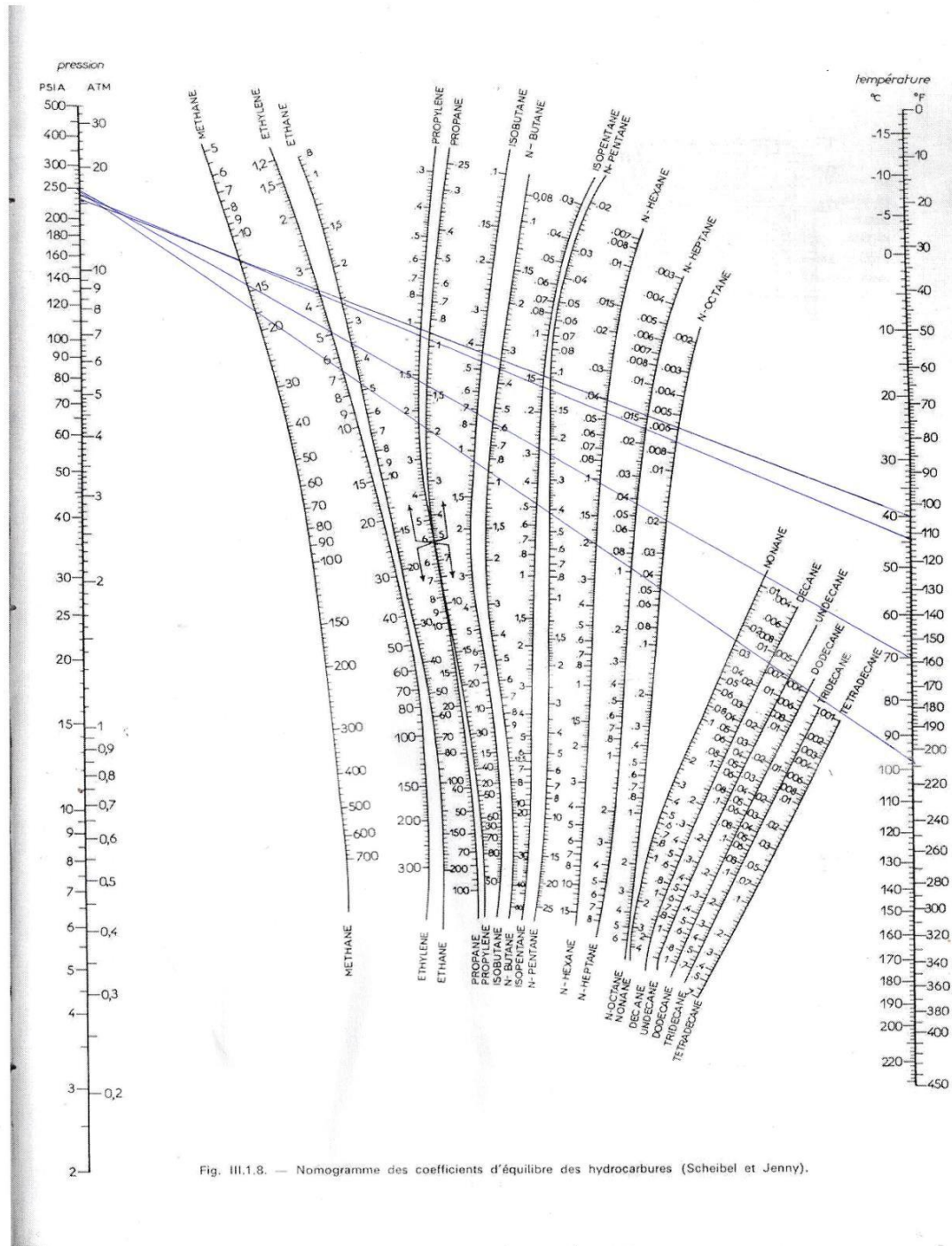


Fig. III.1.8. — Nomogramme des coefficients d'équilibre des hydrocarbures (Scheibel et Jenny).

DIAGRAMME DE SHEIBEL ET JONNY

ANNEXE 02

LES ANNEXES

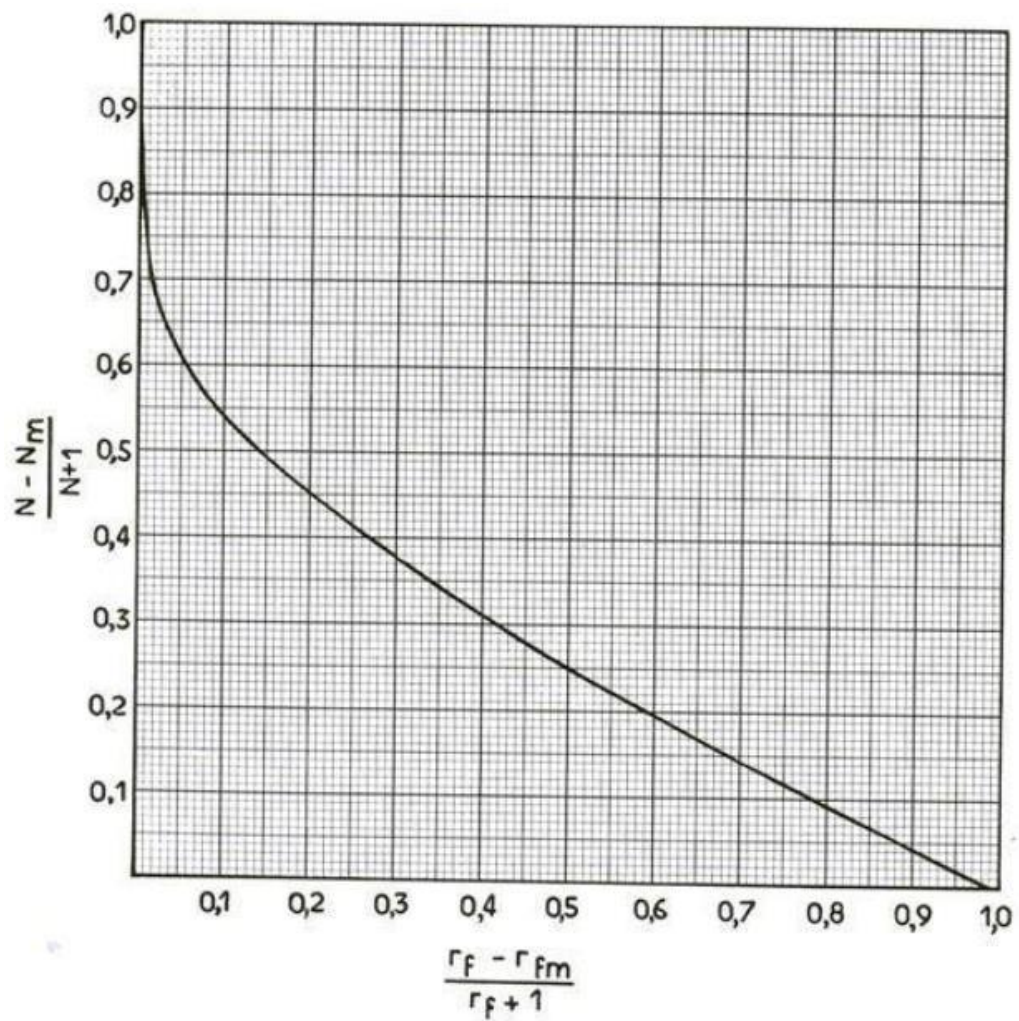


DIAGRAMME DE GILLILAND

ANNEXE N°03