



UNIVERSITE KASDI-MERBAH OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



## Mémoire

### MASTER ACADEMIQUE

**Domaine :** Sciences et technologies

**Filière :** Industries pétrochimique

**Spécialité :** GÉNIE PÉTROCHIMIQUE

**Présenté par:**

ALIAT Boubbaker . NAOUIHA Faycel

## Thème

**Optimisation des paramètres de fonctionnement  
de la colonne dééthaniseur**

Soutenu publiquement : le 14/06/2022

**Devant le jury composé de :**

KH .BOUZIANE	M.C.B	Président	UKM Ouargla
R .CHERRAYE	M.A.B	Examineur	UKM Ouargla
B .BENABIDI	M.A.B	Encadreur	UKM Ouargla

**Année universitaire : 2021/2022**

## **REMERCIEMENTS :**

Dieu soit loué, qui nous a éclairés sur le chemin de la science et de la connaissance, nous a aidés à accomplir ce devoir et nous a permis d'achever ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail, en particulier le Dr.BENABID Bilal, qui ne nous a pas épargné ses indications utiles et ses précieux conseils, ainsi que sa disponibilité constante à fournir une assistance chaque fois que cela est demandé. Faire cela.

Nous exprimons également nos sincères remerciements et notre respect aux honorables parents, qui ont joué un grand rôle pour nous amener à cette étape de la vie, et nous les remercions pour leur patience, et nous demandons à Dieu de les récompenser en notre nom.

Enfin, nous remercions également les amis de l'université, sans exception, pour les belles journées que nous avons passées avec eux.

# **SOMMAIRE**

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Abréviations	
<b>Introduction générale</b>	01
<b><u>Partie théorique</u></b>	
<b>Chapitre I : Généralités sur le gaz naturel</b>	
I.1.Définition du gaz naturel	03
I.2.Propriétés du gaz naturel	03
I.3.Types de gaz naturel	04
I.4.Une brève histoire du gaz naturel dans le monde et en Algérie	05
I.5.Sources de gaz naturel	05
I.6.Comment se forme la gaz naturel	06
I.7.Utilisations du gaz naturel	07
I.8.Réserves de gaz naturel	08
I.8.1.Le gaz naturel dans le monde	08
I.9.Gaz naturel en Algérie	09
I.10.Opérations de traitement et de liquéfaction	09
<b>Chapitre II : Généralités sur le gaz Sec, GPL et le condensât</b>	
II.1.Gaz sec	13
II.1.1.Définition	13
II.1.2.Composants de gaz sec	13
II.1.2.1.Méthane	13
II.1.2.1.1.Définition	13
II.1.2.1.2.Propriétés du gaz méthane	13
II.1.2.1.3.Utilisation du gaz méthane	15
II.1.2.2.Éthane	15
II.1.2.2.1.Définition	15
II.1.2.2.2.Propriétés du gaz éthane	15
II.1.2.2.3.Utilisation du gaz éthane	17
II.2.Gaz de pétrole liquéfient GPL	17
II.2.1.Définition	17

II.2.2.Sources des GPL	17
II.2.3.Caractéristique des GPL	18
II.2.4.GPL dans l'industrie pétrochimique	18
II.2.5. Domaines d'utilisation des GPL	19
II.2.6.La demande nationale en GPL	20
II.3.Condensat	20
II.3.1.Définition	20
II. 3.2.Caractéristique du condensat	21
II.3.3.Domaines d'utilisation du condensat	21
<b>Chapitre III : Généralités sur la rectification</b>	
III.1.Introduction	24
III.2.Définition	24
III.3.Description de la colonne de rectification	24
III.4.Fonctionnement d'une colonne de rectification	26
III.5.Types des colonnes de rectification	27
III.5.1.Colonnes à Plateaux	27
III.5.2.Colonnes à garnissage	27
III.6.Bilan matière de la colonne	28
III.6.1.Bilan matière de la zone de rectification	29
III.6.2.Bilan matière de la zone d'épuisement	30
III.6.3.Bilan matière de la zone d'alimentation	32
III.7.Choix de la pression dans la colonne	33
III.8.Régime de la température dans la colonne	34
III.9.Taux de vaporisation composition des phases liquide et vapeur de la charge	35
III.10.Choix du taux de reflux	36
III.10.1.Fonctionnement à reflux minimal	36
III.10.2.Taux de reflux optimal	37
III.10.3.Taux de rebouillage optimal	37
III.11.Bilan thermique de la colonne	38
III.12.Influences des paramètres	39
<b><u>Partie calcul</u></b>	

<b>Chapitre IV: La simulation et le simulateur HYSYS</b>	
VI.1.Généralités sur la simulation HYSYS	42
VI.2.Simulation des deux cas (design, actuel)	48
Conclusion générale et recommandation	57
Bibliographie	59

<b>Liste des figures</b>	
Figure I.1.Schéma montrant comment se forme le gaz naturel	07
Figure I.2.Schéma montrant les étapes de traitement du gaz naturel	11
Figure II.1.Demande nationale en GPL	20
Figure III.1.Synoptique de la colonne de rectification	26
Figure III.2 Schéma général du fonctionnement d'une colonne de rectification	28
Figure III.3.Schéma de la colonne de rectification	40
Figure IV.1.Organigramme des environnements dans la hiérarchie	44
Figure IV.2. Modèle de simulation de la colonne dééthaniseur	47

<b>Liste des tableaux</b>	
Tableau II.1.Montrant les propriétés chimiques du gaz méthane	14
Tableau II.2.Montrant les propriétés physiques du gaz méthane	14
Tableau II.3.Montrant les propriétés chimiques du gaz éthane	16
Tableau II.4.Montrant les propriétés physiques du gaz éthane	16
Tableau IV.1.Domaine d'application de l'équation PR	46
Tableau IV.2.Paramètres de sortie des charge froid,chaud et le ballon de reflux	48
Tableau IV. 3.Paramètres design d'exploitation du dééthaniseur	48
Tableau IV.4.Composition molaire d' alimentation de la colonne dééthaniseur	49
Tableau IV.5.Composition molaire du gaz sec d'après le design	49
Tableau IV.6.Quantité d'énergie au niveau de condenseur et de rebouilleur cas design	50
Tableau IV.7.Paramètres de sortie des charges froide, chaude et de ballon de reflux	54
Tableau IV.8.Composition molaire de gaz sec d'après la simulation du cas actuel	54
Tableau IV. 9.Quantité d'énergie au niveau de condenseur et de rebouilleur cas actuel	55



<b><u>ABBREVIATIONS</u></b>
-----------------------------

<b>GNL:</b> Gaz naturel liquéfié
----------------------------------

<b>GPL:</b> Gaz du pétrole liquéfié
-------------------------------------

<b>GNC:</b> Gaz naturel compressé
-----------------------------------

<b>RK:</b> REDLICH-K WONG
---------------------------

<b>SRK:</b> SOAVE-REDLICH-KWONG
---------------------------------

<b>PR:</b> PENG ROBINSON
--------------------------

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

# Introduction Générale

---

## Introduction générale

L'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humain. Les sciences et les progrès techniques ont permis à l'homme de découvrir de nouvelles ressources énergétiques, à savoir tous les produits à vocation énergétique dont nous citons le pétrole et le gaz naturel, capables de répondre à l'augmentation des besoins énergétiques. [1]

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 ( $\text{CH}_4$ ). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure.

Aujourd'hui, l'industrie gazière se repositionne et entame une nouvelle phase de croissance et fait émerger une « nouvelle économie » du gaz. Les progrès technologiques, les nouvelles approches économiques et commerciales, les stratégies les intervenants, la globalisation, les fusions et les alliances, se sont combinés pour donner au gaz le dynamisme nécessaire à la matérialisation de l'espoir qu'il nourrit pour devenir « l'énergie du 21<sup>ème</sup> siècle ». [1]

**L'objectif de note travail est :** l'étude vise de l'effet des paramètres (température, pression, débit) dans les conditions opératoires sur la colonne de rectification utilisation du logiciel HYSYS par amélioration des paramètres et contribution à la qualité du produit  $\text{C}^3+$ .

Le présent manuscrit constitue de quatre chapitres :

- **Chapitre I:** Généralités sur Le gaz naturel
- **Chapitre II:** Généralités sur le gaz sec , GPL et Le condensa
- **Chapitre III:** Généralités sur La rectification
- **Chapitre IV:** La simulation et le simulateur HYSYS

En finalisé ce travail par conclusion générale.

# **PARTIE THEORIQUE**

**Chapitre I :**  
Généralités  
Sur  
Le gaz naturel

## I.1 Définition du gaz naturel

Le gaz naturel, ou gaz fossile, est un mélange gazeux d'hydrocarbures constitué principalement de méthane, mais comprenant généralement une certaine quantité d'autres alcanes supérieurs, et parfois un faible pourcentage de dioxyde de carbone, d'azote, de sulfure d'hydrogène ou d'hélium. Naturellement présent dans certaines roches poreuses, il est extrait par forage et est utilisé comme combustible fossile ou par la carbochimie [2].

## I.2. Propriétés du gaz naturel

Lorsque vous posez une question, quelles sont les propriétés du gaz naturel ? Plusieurs caractéristiques apparaîtront, dont la plus importante est qu'il s'agit de l'une des sources d'énergie les plus sûres utilisées et qu'elle est moins nocive pour l'environnement, elle est donc considérée comme une source d'énergie respectueuse de l'environnement :[3]

- Outre le fait que le gaz naturel est l'une des sources d'énergie les moins nocives pour l'environnement, il se caractérise également comme étant la moins nocive pour les organismes vivants car il ne contient aucune substance toxique ni odeur désagréable.
- Il n'a pas non plus de couleur et est l'un des gaz les plus légers et on dit qu'il est plus léger que l'air lui-même.
- L'un des avantages du gaz naturel est que lorsqu'il est brûlé, il produit moins de dioxyde de carbone, contrairement aux autres sources d'énergie conventionnelles.
- Le gaz naturel est un gaz propre par nature, et même les impuretés qui peuvent y être présentes peuvent parfois être éliminées facilement et de manière très économique et peu coûteuse.
- Il convient également de noter que le gaz naturel ne peut pas brûler à basse température, mais pour sa combustion, une température très élevée est requise et, lorsqu'il est brûlé, il produit de l'oxyde d'azote non toxique en plus du dioxyde de carbone de fer mentionné précédemment.
- Il note que le gaz naturel n'est pas complètement exempt de pollution thermique, mais en contient plutôt un petit pourcentage, mais ce pourcentage est négligeable par rapport au reste des gaz naturels.

- Si ce gaz fuit de quelque manière que ce soit, il n'y a pas lieu de s'inquiéter, car il ne provoque aucun type d'incendie ou d'explosion, mais il volera dans les airs et disparaîtra comme s'il ne l'était pas.
- C'est dans le cas où une petite quantité fuit, mais si une grande quantité est due à la survenue de nombreuses catastrophes, étant incolore, inodore et difficile à détecter, elle doit donc être traitée très soigneusement.
- Bien que ce gaz soit l'un des meilleurs types de sources d'énergie, il est aussi le moins cher et meilleurs types.
- Il peut remplacer le reste des sources d'énergie qui polluent l'environnement et est très utilisable aujourd'hui.[3]

### I. 3. Types de gaz naturel

Le gaz naturel est composé de plusieurs composés dont les plus importants sont :

**Méthane :** Le gaz méthane est l'un des composants les plus importants du gaz naturel extrait pour l'usage des particuliers. Le gaz méthane est hautement inflammable et peut être utilisé dans de nombreux domaines. Comme la production d'électricité à l'aide de turbines à gaz et à vapeur, car elle est utilisée dans les maisons pour la cuisine, le chauffage et la climatisation.[4]

**Éthane :** Le gaz éthane est connu comme le deuxième composant le plus important du gaz naturel, et c'est un composé d'hydrocarbure formé d'hydrogène et de carbone, et l'éthane est connu pour être incolore et inodore et appartient à la famille de la paraffine, et l'éthane est le type le plus simple de composés d'hydrocarbures, et il a une liaison carbone-carbone et sa formule chimique est ( $C_2H_6$ ). Il apparaît généralement après le raffinage du pétrole et la combustion du charbon.[4]

**Propane :** Le gaz propane est l'un des types de gaz qui composent le gaz naturel, et sa formule chimique est ( $C_3H_8$ ), et il est célèbre pour être l'un des composés chimiques abondants classés dans la liste des alcanes ; L'alcanes est défini comme un composé constitué de molécules d'hydrogène et de carbone à liaison simple, et le gaz propane est utilisé après traitement sous forme de gaz ou de liquide dans de nombreux besoins. [4]

**Butane** : Le gaz butane est l'un des rares gaz d'hydrocarbures qui sont inclus dans les composants du gaz naturel, car il constitue 20 % du total des composants du gaz naturel. Briquets, gaz réfrigérant dans les réfrigérateurs et autres utilisations, gaz butane. Est classé parmi les gaz nocifs pour l'environnement.[4]

#### **I.4. Une brève histoire du gaz naturel dans le monde et en Algérie**

Le gaz naturel a été trouvé en 1626 après JC aux États-Unis d'Amérique, lorsque les explorateurs français ont remarqué que les Amérindiens allumaient les gaz qui fuyaient dans et autour du lac Érié. En 1821, William Hart a foré le premier puits pour extraire le gaz naturel dans le États-Unis d'Amérique, plus précisément dans la région de Fredonni au sein de l'État de New York, la première société américaine d'extraction et de distribution de gaz naturel a été créée sous le nom de Fredonnaigaz Light. [5]

Au cours de l'année 1953, la société d'exploration et d'exploitation dans le désert "Krebs" a été créée et, en 1954, le premier gisement de gaz a été découvert à Barca, au sud d'Ain Saleh. En 1956, le gisement de Hasse Messoud est découvert, à 850 km au sud-est de l'Algérie, d'une superficie de 2 500 km<sup>2</sup>.

#### **I.5. Sources de gaz naturel**

Le gaz naturel se trouve généralement à proximité des champs pétrolifères souterrains, où le gaz naturel peut être trouvé lors du forage à une plus grande profondeur que l'exploration pétrolière, et plus la profondeur est grande, plus les chances d'extraire le gaz naturel le plus pur sont grandes, et il convient de noter que les intestins humains et animaux contiennent un petit pourcentage de gaz naturel, le gaz naturel peut également être trouvé dans des endroits à faible teneur en oxygène près de la surface de la terre, et le gaz naturel peut être trouvé sous terre partout dans le monde, et parmi les pays les plus importants qui produisent gaz naturel sont les suivants : [6]

- Qatar.
- Iran.
- Turkménistan.
- Arabie Saoudite.
- USA.



## I.6. Comment se forme le gaz naturel

Le gaz naturel se forme comme les autres sources d'énergie fossiles ; Tels que le pétrole et le charbon, à partir des restes d'animaux, de plantes et de micro-organismes qui vivaient il y a des millions d'années, et il existe de nombreuses théories qui expliquent comment le gaz naturel s'est formé, et la théorie la plus courante indique que la formation du gaz naturel a commencé avec la mort des organismes vivants et des plantes dans le passé, puis après le passage du temps. Pendant longtemps, les couches de sol et de sédiments ont recouvert les restes de ces organismes, ce qui a conduit à leur exposition à de nombreux facteurs, dont le plus important qui sont à haute pression et chaleur jusqu'à ce qu'ils se décomposent et forment des combustibles fossiles. [7]

Avec des millions d'années, la pression et la chaleur, et avec l'augmentation de la profondeur atteinte par les restes de plantes et d'animaux, deviennent suffisantes pour rompre les liaisons entre les atomes de carbone de la matière vivante et produire du méthane thermo générateur (c'est-à-dire du gaz naturel). Le méthane, l'élément organique le plus abondant sur la Terre, est composé de quatre carbones. Le gaz naturel, lorsqu'il est présent dans un échantillon de combustible fossile, est souvent associé au pétrole.

La quantité relative de chaque un dépend de la profondeur de l'échantillon et de la pression et de la chaleur auxquelles il a été exposé, car les échantillons près de la surface contiennent plus de pétrole que de gaz naturel. Et plus la profondeur est grande; Le pourcentage de gaz a augmenté. À de grandes profondeurs, nous pouvons trouver des parcelles de combustibles(Figure I .1) fossiles qui ne contiennent que du gaz pur.

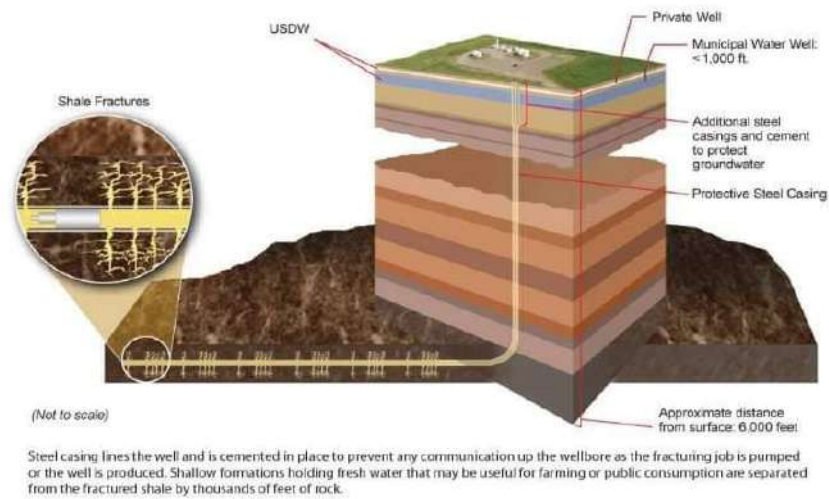


Figure I.1. Schéma montrant comment se forme le gaz naturel.

## I.7. Utilisations du gaz naturel

Le gaz naturel est un combustible propre et polyvalent, qui est utilisé efficacement dans un grand nombre d'applications, et parmi ces applications figurent les suivantes : [8]

**1. Production d'électricité** : l'utilisation du gaz naturel dans la production d'électricité est le domaine qui connaît la croissance la plus rapide, car il est souvent utilisé pour produire de l'énergie dans ses centrales de production, et les centrales qui dépendent du gaz naturel sont parmi les centrales électriques les moins chères, et ils ont une plus grande flexibilité opérationnelle que les usines qui dépendent du charbon, et selon une étude menée par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 2011 que l'augmentation de l'utilisation des usines qui dépendent du gaz naturel au lieu du charbon peut conduire à une réduction des émissions de carbone du secteur électrique jusqu'à 22 % bientôt.

**2. Chauffage** : le gaz naturel est largement utilisé dans de nombreux usages résidentiels et commerciaux. Par exemple, la proportion d'utilisations commerciales et résidentielles aux États-Unis d'Amérique a atteint plus d'un tiers de sa consommation, comme son utilisation dans le chauffage des bâtiments et l'eau et dans la cuisine.

**3.Transport :** Le gaz naturel est un carburant alternatif dans le secteur des transports, car il est utilisé comme carburant pour les véhicules depuis les années 1930, et il y a actuellement 150 000 voitures qui en dépendent aux États-Unis d'Amérique, selon le Natural Gas Vehicle Coalition, et son utilisation dans les systèmes de transport présente de nombreux avantages car il est considéré comme sûr compte tenu de sa volatilisation dans l'air au lieu de rester au sol en brûlant comme les autres types de carburant et en ne polluant pas les eaux souterraines en cas de fuite, les réseaux de gaz naturel sont plus stables et puissants que les réservoirs à essence, et les véhicules qui en dépendent sont 30 % moins chers que les véhicules qui dépendent du carburant, et la réduction des émissions nocives est l'environnement est l'une des principales raisons de travailler sur la technologie des véhicules au gaz naturel, et de nombreux obstacles s'opposent au déploiement généralisé de la nouvelle génération de véhicules, notamment leur coût initial élevé et l'infrastructure restreinte pour approvisionner ces véhicules en carburant. [9]

**4.Industrie :** Le gaz naturel entre dans un certain nombre d'utilisations industrielles, et le pourcentage d'utilisation du gaz naturel dans ce secteur représente 43 % pour en être le plus grand consommateur, et parmi les industries dans lesquelles le gaz naturel entre dans l'industrie du papier, des métaux, des produits chimiques, et le raffinage du pétrole, en plus de l'industrie du verre, des plastiques et de la transformation des aliments. [10]

## I.8. Réserves de gaz naturel

### I.8.1. Le gaz naturel dans le monde

La comparaison des taux d'épuisement des ressources d'hydrocarbures montre que le gaz naturel est une ressource énergétique relativement peu exploitée par rapport au pétrole brut.[11]

En janvier 2004 les réserves totales de gaz dans le monde sont estimées à 202,404 Gm<sup>3</sup> Plus de 2,2% par rapport à l'année de 2000 dont 146,800 Gm<sup>3</sup> de réserves récupérables prouvées. Les réserves prouvées de gaz représentent, en équivalent énergétique, plus de 95 %, des réserves prouvées de pétrole brut. La plus forte part (40%) des réserves totales se trouve en Europe de l'Est, Asie du Nord.[11]

En ce qui concerne les réserves prouvées, elles se situent pour 38% en Europe de l'Est, Asie Du Nord et 31% au Proche-Orient, les parts des autres régions étant toutes inférieures à 10%. Par comparaison avec le pétrole brut, dont les deux tiers des réserves prouvées se trouvent au Proche-Orient, le gaz naturel représente une diversification géographique des sources d'énergie dans le monde. Après trois années de production, les réserves estimées ont encore augmenté de 4% par rapport à celles de janvier 1999. [11]

L'augmentation est particulièrement importante dans les régions d'Europe de l'est Asie du Nord et d'Amérique du Nord.[11]

### **I.8.2. Gaz naturel en Algérie**

Les réserves algériennes prouvées en gaz sont de l'ordre de 4,550milliards de m<sup>3</sup>, l'Algérie est l'un des pays pilote exportateur de gaz naturel et de GNL dans le monde Le domaine minier algérien est particulièrement riche en gaz naturel. Les réserves gazières Algériennes représentent près de 3% du total des réserves mondiales. Près de 66% du gaz actuellement commercialisé par SONATRACH proviennent du gisement gazier géant de Hassi Ramel qui possède un gaz à condensât.[12]

D'un tiers de sa consommation, comme son utilisation dans le chauffage des bâtiments et l'eau et dans la cuisine.[12]

### **I .9. Opérations de traitement et de liquéfaction**

Les processus nécessaires pour produire du GNL peuvent être résumés comme suit:

- Dans un premier temps, le gaz extrait du sol est acheminé par des canalisations pour être acheminé vers le centre de traitement comme le montre le schéma (Figure I .2).
- Le traitement du gaz commence dans des conditions standard (souvent comprimé à des températures ambiantes normales) en éliminant les matériaux inutiles et les matériaux qui peuvent nuire à l'installation et à l'environnement. Ces substances sont l'eau, les huiles de pétrole, les gaz et les hydrocarbures condensés, le dioxyde de carbone car ces substances provoquent plus tard le colmatage des tuyaux de refroidissement (car ils vont tous geler et devenir solides avant d'atteindre le degré de refroidissement et de liquéfaction des gaz). , qui a été interdit au niveau international (un gaz toxique et provoque des pluies acides) et

le mercure car il provoque la corrosion et l'effondrement des pots et des tubes en aluminium.[13]

- Ensuite, le processus de refroidissement des gaz commence par étapes, et ici les méthodes de refroidissement diffèrent d'une entreprise à l'autre, selon la nature du site et la faisabilité économique. Le processus de refroidissement commence souvent avec des refroidisseurs au propane (qui sont refroidis d'abord avec de l'eau, puis avec le gaz propane lui-même). Certains des gaz qui composent le gaz naturel sont séparés en fonction de leur point d'ébullition, tels que le méthane, l'éthane, le propane, le butane, le pentane, etc. Certains d'entre eux sont utilisés dans le processus de refroidissement et d'autres sont utilisés comme combustibles dans l'établissement. Il convient de noter que le pentane et plus sont des gaz lourds et doivent être séparés afin de ne pas provoquer le processus de gel et de blocage. Le GNC est initialement comprimé à des températures d'environ 36 degrés en dessous de zéro.
- La deuxième étape du refroidissement vient et est la plus importante, où le gaz est de plus en plus refroidi avec des refroidisseurs de gaz extraits du même gaz naturel, généralement comme le réfrigérant mixte constitué d'un mélange d'éthane et de propane. À ce stade, le GNC devient relativement froid à des températures inférieures à 150 degrés en dessous de zéro.[13]
- Une fois que le gaz sous pression est libéré à travers la vanne dite Thomson, sa pression chute jusqu'à se rapprocher de la pression atmosphérique, et du fait de l'efficacité de l'isolation thermique, un déplacement d'énergie (loi des gaz parfaits) se produit et la température chute à environ 158 en dessous de zéro, ce qui est très proche du degré de liquéfaction. En effet, le gaz est devenu liquide à cette température car il est encore sous pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique. Enfin, le processus de liquéfaction naturelle se produit dans un récipient appelé récipient d'évaporation finale, où la pression du gaz chute à environ la pression atmosphérique et la température chute avec lui à -161,5, puis le gaz devient un liquide qui peut être pompé vers des réservoirs de refroidissement avec haute efficacité d'isolation thermique, et il peut également être pompé plus tard pour transporter des conteneurs plus tard (principalement des navires de mer).

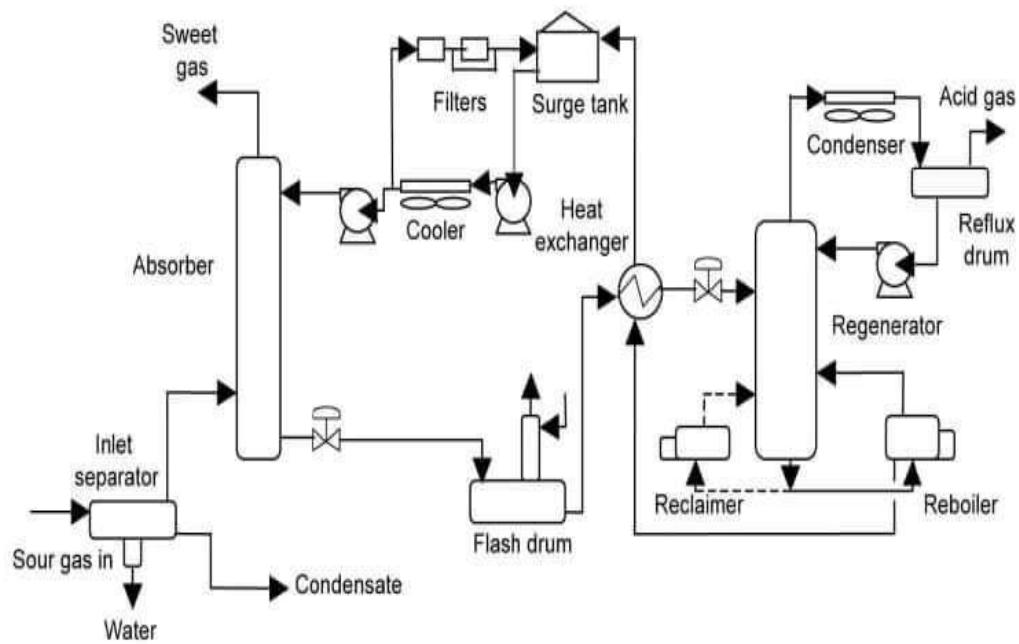


Figure I .2. Schéma montrant les étapes de traitement du gaz naturel.

# **Chapitre II :**

Généralités sur

Le gaz sec, GPL et

Le condensa

### II.1. Gaz sec

#### II.1. 1.Définition

Le gaz de séchage ne forme pas une phase liquide dans les conditions de production, c'est-à-dire disons que les points représentant les conditions de réservoir et de surface sont situés à en dehors du domaine biophysique. Lors de la production de ce gaz, une phase liquide ne se forme jamais, ce qui Cela reste le car la pression dans le réservoir diminue avec le temps. Pendant le fonctionnement pour les dépôts, cette condition implique un domaine diphasique relativement étroit Le gaz doit être concentré en méthane et contenir très peu d'hydrocarbures. [14]

#### II.1.2. Composants de gaz sec

##### II.1.2.1. Méthane

###### II.1.2.1 .1. Définition

Le méthane est un composé chimique de formule chimique  $\text{CH}_4$ , découvert et isolé par Alessandro Volta entre 1776 et 1778. C'est l'hydrocarbure le plus simple et le premier terme de la famille des alcanes. Comme fluide frigorigène, il porte la dénomination « R50 » dans la nomenclature des réfrigérants. [15]

###### II.1.2.1.2. Propriétés du gaz méthane

Dans les conditions normales de température et de pression, le méthane est un gaz incolore et inodore. Environ deux fois plus léger que l'air, il est explosif en milieu confiné (grisou). En milieu non confiné il se dilue dans l'air et s'échappe vers la haute atmosphère, où il a moins tendance à former des nuages explosifs que les gaz plus lourds que l'air (propane, butane) ; par contre c'est un puissant gaz à effet de serre.



Tableau1 : Propriétés chimiques du gaz méthane.

Formule	CH <sub>4</sub> (isomères)
Masse molaire	16.0425 ± 0.0011 g/mole  C 74.87%, H 25.13 %

Tableau2 : Propriétés physiques du gaz méthane.

T° fusion	-182,47 °C[17]
T° ébullition	-161,52 °C[17]
Solubilité	22 mg·l <sup>-1</sup> (eau, 25 °C)[18]
Masse volumique	422,62 kg·m <sup>-3</sup> (-161 °C, liquid) 0,6709 kg·m <sup>-3</sup> (15 °C, 1 bar,gaz)[17]
T° d'auto-inflammation	537 °C[16]
Point d'éclair	Gaz Inflammable[16]
Pression de vapeursaturante	2 atm (-152,3 °C);5 atm (-138,3 °C) 10 atm (-124,8 °C);20 atm (-108,5 °C); 40 atm (-86,3 °C); 4,66×10 <sup>5</sup> mmHg (25 °C)[18]
Point critique	4 600 kPa[19], -82,6 °C[20]

### II.1.2.1 .3. Utilisation du gaz méthane

- Le biogaz produit dans les décharges pourrait être (bien davantage) récupéré et valorisé sous forme d'électricité, de chaleur ou comme carburant automobile. Pour l'instant, seules quelques expériences isolées (dans des fermes, des déchetteries...) ont vu le jour, spécialement dans les régions les plus froides (nord de l'Allemagne, de la France, Scandinavie, etc.), mais la rentabilité économique de ces installations est loin d'être acquise.
- Le méthane est valorisable comme combustible mais d'autres usages en seraient possibles. Par exemple, des chercheurs ont réussi à transformer à température presque ambiante (40 °C) du méthane en un ester (propanoate d'éthyle) potentiellement valorisable. Pour ce faire, un carbène (composé très réactif) a été introduit dans une liaison du méthane via un catalyseur organométallique. [21]
- Dans les mines de charbon, afin de réduire les risques d'explosion, le méthane est extrait des mines souterraines.
- Il est utilisé en combustion pour obtenir de l'énergie, un kilogramme donne 13 300 kWh, ce qui équivaut à 55 594 joules.
- Il est utilisé dans la préparation de gaz de synthèse.[21]
- Le gaz de cuisson ou gaz naturel est composé à 90 % de gaz méthane avec un certain nombre d'autres gaz.

### II.1.2.2. Éthane

#### II.1.2.2 .1. Définition

L'éthane est un hydrocarbure de la famille des alcanes de formule brute  $C_2H_6$ . C'est un gaz combustible, incolore et inodore que l'on peut trouver dans le gaz naturel et aussi dans les gaz du pétrole.[22]

#### II.1.2.2.2. Propriétés du gaz éthane

L'éthane se décompose à partir d'une température de 500 °C. Sa solubilité dans l'eau et dans l'alcool est meilleure que celle du méthane puisque, à 20 °C, celle-ci est de 4,7 cm<sup>3</sup> pour 100 cm<sup>3</sup> d'eau et de 150 cm<sup>3</sup> pour 100 cm<sup>3</sup> d'alcool.

## CHAPITRE II Généralités sur le gaz Sec, GPL et le condensât

Tableau3 : Montrant les propriétés chimiques du gaz éthane.

Formule	[Isomères] $C_2H_6$
Masse molaire	$30,069 \pm 0,002$ g/mole C 79,89 %,H 20,11 %,

Tableau4 :Montrant les propriétés physiques du gaz éthane.

T° fusion	-183,3 °C[23]
T° ébullition	-88,6 °C[23]
Solubilité	60,2 mg·l <sup>-1</sup> (eau,25 °C). 460 ml·l <sup>-1</sup> (éthanol,4 °. Très sol dans le benzène .Sol dans l'éther[24]
Parameter de solubilité $\delta$	12,3 MPa <sup>1/2</sup> (25 °C)[25]
Masse volumique	1,3551 kg·m <sup>-3</sup> (0 °C, 1 013 mbar, gaz) 0,5441 kg·l <sup>-1</sup> (-88,6 °C, 1 013 mbar, liquide)[23]
T° auto-inflammation	515 °C[23]
Point d'éclair	-135 °C[23]
Limitesd'explosivité dans l'air	2,4-14,3 %vol .31-182 g·m <sup>-3</sup> [23]
Précision de vapeursaturante	37,8 bar à 20 °C .46,9 bar à 30 °C[23]
Point critique	32,15 °C .49 bar .0,147 l·mol <sup>-1</sup> [26]
Point triple	-182,15 °C .0,011 bar[26]

### II.1.2.2. 3.Utilisation du gaz éthane

L'éthane est un constituant du gaz de pétrole liquéfié qui est un combustible utilisé comme remplaçant du gaz naturel pour des applications particulières.

- L'éthane est le réactif de base pour la synthèse de l'éthylène via le vapocraquage, du monochlore, du 1,1-dichloro-éthane et du 1,1,1-trichloroéthane par chloration. En combinant la chloration avec l'oxychloration, le chlorure de vinyle peut être synthétisé et la réaction de l'éthane avec l'acide nitrique en phase gazeuse permet la formation de l'isométhane et de l'isométhane. [27]

## II.2. Gaz de pétrole liquéfient GPL

### II.2.1. Définition

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures ayant un poids moléculaire peu élevé. Contenant principalement le propane et le butane, ayant une température de vaporisation respectivement de -42°C et 0°C à pression normale permettant de les maintenir liquides à une température ordinaire sous une pression modérée 14 et 5 KPa respectivement, contrairement au méthane et l'éthane qui ne peuvent être liquéfiés qu'à des températures très basses. C'est pourquoi le méthane et l'éthane produits en raffineries sont utilisés sur Place comme combustible interne puisque leur transport est très coûteux.

Le stockage de GPL se fait à l'état liquide. C'est l'un des meilleurs combustibles avec le gaz naturel en ce qui concerne le contrôle de l'environnement. Les GPL sont utilisés dans les secteurs tertiaires et industriels en tant que combustibles, dans la pétrochimie en tant que charge, dans le secteur de transport en tant que carburant et pour la production d'électricité. [28]

### II.2.2. Sources des GPL

Le GPL est extrait à partir de diverses sources qui peuvent être :

- De la récupération à partir de la liquéfaction des gaz associés (champs pétroliers).

- Comme sous-produit à partir des unités de liquéfaction du gaz naturel GNL.
- Du pétrole brut après raffinage comme sous-produit
- De la récupération à partir des champs gaziers. [28]

### II.2.3. Caractéristiques de GPL

- Le GPL était autrefois considéré comme un résidu de l'extraction du pétrole et directement brûlé au sommet de torchères. Il est dorénavant récupéré par distillation, les fractions les plus nobles et le reste servent généralement de carburant, mais pour des appareils différents. Le GPL-c (GPL-carburant), utilisé comme carburant pour véhicules, est un mélange de butane et de propane. [29]
- Le GPL étant plus dense que l'air, contrairement au gaz naturel, il risque, en cas de fuite, de s'accumuler au niveau du sol et dans les parties basses, comme les caves. Cela entraîne un danger d'explosion lorsque l'accumulation permet un mélange GPL/air adéquat et qu'il y a une source d'inflammation. Cela entraîne également un danger d'asphyxie, le GPL remplaçant l'air et diminuant donc la concentration en oxygène. La réglementation impose donc que tout local dans lequel se trouve un appareil à gaz (naturel ou GPL) soit bien ventilé. Pour faciliter la détection des fuites, un gaz odorant est ajouté aux gaz (naturel ou GPL) : cette odeur caractéristique d' « œuf pourri » permet de détecter à l'odeur une concentration de gaz dans l'air très en deçà de la limite inférieure d'explosibilité (L.I.E).[29]

### II.2.4. GPL dans l'industrie pétrochimique

Plus de 18% des GPL sont consommés comme charge pétrochimique (production de L'éthylène qui est un produit phare de la pétrochimie). La demande globale pétrochimique de GPL enregistre un taux de croissance de 10%. L'utilisation du butane est liée essentiellement à la fabrication du MTBE utilisé Comme booster des essences en substitution au PTE. [30]

### II.2.5. Domaines d'utilisation des GPL

- Les GPL, en plus de leur utilisation domestique, ils sont utilisés comme carburants dans les véhicules. La consommation mondiale du GPL comme carburant s'élevait à près de 10 million tonne en 1993, un pourcentage de 7 à 8 % des GPL consommé mondialement l'est sous forme de carburant.[31]
- L'avantage majeur du GPL est d'être très facilement stockable et transportable. C'est, en France, l'industrie qui exploite le plus grand parc d'équipements sous pression, à savoir environ 57 millions de bouteilles et 1 million de citernes. Disponibles partout en France, les GPL jouent un rôle clé dans l'aménagement énergétique du territoire. Ils représentent ainsi une alternative intéressante à l'utilisation de l'électricité, notamment dans le domaine du chauffage.
- L'utilisation du GPL Carburant a démarré en Algérie en 1983 par NAFTAL qui, au cours des années, a réussi à mettre en place plus d'une vingtaine de centres de conversion et réalisé un peu plus de 400 stations de distribution. En 1995, l'activité conversion s'est overate au secteur privé.[31]
- En effet, en Europe principalement, le GPL fournit, pour le chauffage rural, une alternative aux énergies traditionnelles telles que l'électricité ou le fioul (en étant partiellement moins polluant). Malgré une croissance des zones urbaines, les zones rurales représentent toujours 90 % du territoire de l'Union européenne et abritent environ la moitié de sa population. Un nombre restreint de ces zones peut profiter du gaz naturel ; le GPL est donc une source d'énergie idéale pour une population rurale, utilisé comme énergie unique ou en association avec des sources d'énergies renouvelables.
- Récemment, le GPL est utilisé pour la production combinée de chaleur et d'énergie électrique : c'est ce que l'on appelle la cogénération. Elle est fondée sur le fait que la production électrique dégage une grande quantité de chaleur à température moyenne, habituellement dissipée dans l'environnement. Cette technique a permis au GPL d'être utilisé dans les zones rurales non seulement pour chauffer et cuisiner, mais également pour décentraliser la production d'électricité des maisons individuelles. La cogénération peut produire 1 kW d'électricité et peut être utilisée partout dans la maison, en fournissant jusqu'à 24 kW de production thermique pour le chauffage et l'eau chaude (basé sur Baix Ecogen).

- Les GPL ont aussi d'autres utilisations en tant que combustibles. Ils sont en effet largement utilisés dans les secteurs de l'aviculture, de l'horticulture ainsi que pour le séchage des céréales avant leur stockage en silos.[31]

### II.2.6. La demande nationale en GPL

Le niveau de la demande nationale en GPL est de l'ordre de 1.4 millions de tonnes (sources NAFTAL) dont 90% de butane, 5% de propane et 5% de GPL carburant(G.P.L/c).

Elle est répartie comme suit :

336.000 tonnes dans la région Ouest (24%) ,516.000 tonnes dans la région Est (37%) et enfin 401.000 tonnes dans la région Centre (29%). [31]

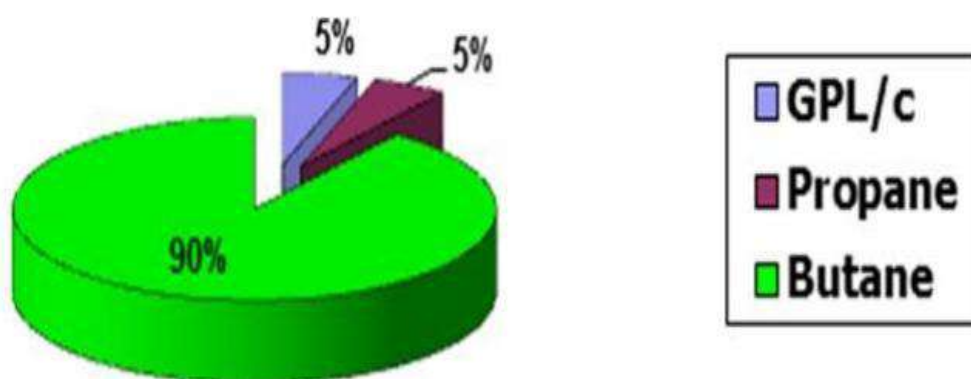


Figure II.1. Demande nationale en GPL.

## II.3. Condensat

### II.3.1. Définition

Le condensat de gaz naturel est un mélange liquide « d'hydrocarbures légers » obtenu par la condensation d'une partie du gaz naturel brut (gaz brut, dit gaz brut en anglais). Le condensat est un mélange d'hydrocarbures de type C<sub>5</sub> à C<sub>8</sub> (soit 5 à 8 atomes de carbone par molécule).

C'est un produit volatil, léger (densité API proche d'environ 80) et instable ; selon les pays, si ces condensats sont pris en compte dans les statistiques de production de pétrole, même s'ils sont généralement similaires et classés comme « légers ». Pétrole" à vendre. [32]

### II. 3.2. Caractéristiques du condensat

- **Aspect** : C'est un liquide incolore, avec une odeur d'essence.
- **Poids spécifique** : Poids spécifique du condensât est compris entre 0,7 à 0,8
- **Explosivité et d'inflammabilités** : Le condensât est un fluide hautement inflammable et évaporable à une température et pression normales, du fait qu'il n'est pas électro-conducteur, présente un danger d'inflammation ou explosion du fait de l'étincelage électrostatique amorcé par coulage, filtration, chute ,Pulvérisation, ...etc. On devra faire attention car les vapeurs du condensât constituent un mélange gazeux explosif se répandant par terre du fait de sa densité plus élevée que celle de l'air. [33]
- **Toxicité physiologique** : Les vapeurs du condensât sont toxique. Lorsqu'un Homme s'y expose le premier symptôme constaté sera l'irritation des yeux ce qui sera suivie de symptômes névropathies (étourdissement). La victime peut Éventuellement se mettre à crier, rire stupidement et finir à avoir du mal à marcher. Lorsque la concentration des vapeurs du condensât est de l'ordre de 0,025% à 0,05% volumique dans l'air, elle ne peut pas causer des symptômes heures d'inhalation [34].
- **Densité de vapeur** : Les vapeurs du condensât sont plus lourdes que l'air, Densité de ces vapeurs est de 3 à 4 plus grande que celle de l'air [34].
- **Point d'éclair** : Son point d'éclair est inférieur à  $-40^{\circ}\text{C}$ .
- **Limites d'inflammabilités** : Il est très inflammable, car il a un point d'éclair Inférieur à zéro, ses limites d'inflammabilités sont approximativement : 1,4 et 7,6% (dans l'air).

### II.3.3. Domaines d'utilisation du condensa

- Certains des premiers moteurs à combustion interne ont été utilisés, comme les premiers modèles construits par Karl Benz et les premiers moteurs d'avion des frères Wright.[35]



- Utilisation du Condensât dans la pétrochimie. La valorisation du condensât, se fait principalement dans le domaine de la pétrochimie où la demande est très importante. Il est principalement utilisé pour la production des oléfines par le vapocraquage.
- Utilisation du Condensât dans le raffinage : Le condensât est utilisé dans la production des carburants notamment les essences, leurs prix de revient est plus bas que les essences produites partir du pétrole brut car la Séparation et la transformation du condensât sont moins coûteuses, et sa composition chimique riche en éléments légers.
- Il est utilisé dans le procédé d'isomérisation pour produire l'essence « isomérisée », en transformant les normales paraffines en iso-paraffine qui ont un haut indice octane utilisé également dans le reforming catalytique. [35]

# **Chapitre III :**

Généralités

Sur

La rectification

### III .1. Introduction

Les procédés de traitement, basés sur les transferts de matière sont très importants pour la séparation des produits composés tels que le pétrole et le gaz naturel. Ainsi par rectification on obtient à partir des produits (par exemple le pétrole brut) une gamme très variée de mélanges hydrocarbures (l'essence, kérosène, fuel-oil...etc.).

Par ce procédé également on fractionne les produits issus de diverses opérations en obtenant à partir de mélanges des sous-produits (gaz liquéfié, butane, propane ...etc.).[36]

### III .2. Définition

La rectification est un procédé physique de séparation d'un mélange composé en constituants pratiquement purs de composition dérivée et se base sur la mise en contact d'une phase liquide et d'une phase vapeur qui tendent à s'équilibrer mutuellement. Cela implique de part, l'équilibre de température et de pression et une redistribution des constituants entre les phases d'autre part.

Le transfert de matière d'une phase à une autre s'effectue par diffusion moléculaire. La force motrice de transfert d'une substance est la différence de « concentration de l'élément dans les deux phases.

Tous les phénomènes de transfert de matière sont réversibles, le sens de transfert est déterminé par les paramètres suivants :

- Les concentrations de l'élément dans la phase vapeur et la phase liquide-
- La température et la pression. [36]

### III .3. Description de la colonne de rectification

La colonne de rectification est un appareil cylindrique vertical, qui peut être constitué de plateaux successifs ou de garnissages, dont le rôle consiste à assurer un contact intime entre les deux phases.

Dans chaque plateau il y'a barbotage de la vapeur dans la phase liquide et ceci permettra le transfert de matière et d'énergie entre les deux phases, pour cela les plateaux seront munies d'éléments spéciaux comme les calottes...etc. Le liquide se déplace par gravité de haut en bas, et la vapeur de bas en haut, grâce à l'énergie de pression utilisée pour qu'il y'est un bon barbotage.[30]

Le liquide arrivant au fond de la colonne est partiellement vaporisé dans le rebouilleur qui crée la phase vapeur nécessaire à la distillation, le liquide non évaporé est extrait du fond de la colonne est constitué le résidu.

La vapeur arrivant en tête de la colonne est condensée, une partie du produit condensée est envoyée en tête de la colonne en qualité de reflux, le reste est soutiré en tant que distillat (produit de tête).

La colonne est devisée en trois zones :

- **Zone d'alimentation** : c'est l'entrée du mélange à fractionner.
- **Zone de rectification** : se situe au-dessus de la zone d'alimentation.
- **Zone d'épuisement** : se situe au-dessous de la zone d'alimentation. [36]

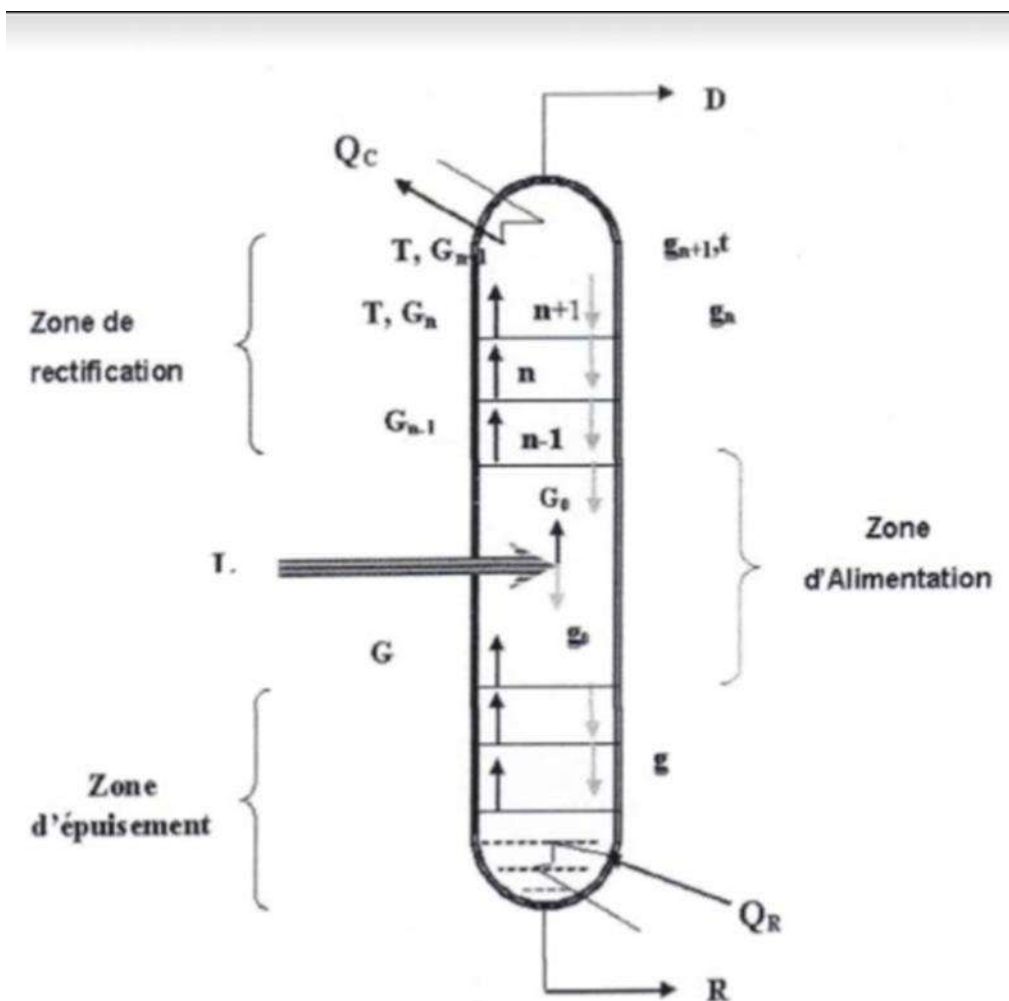


Figure III .1.Synoptique de la colonne de rectification.

### III .4. Fonctionnement d'une colonne de rectification

La charge alimente la partie médiane de la colonne. Elle peut être admise sous forme liquide, de vapeur, ou d'un mélange liquide-vapeur. La partie de la colonne où s'effectue l'alimentation s'appelle zone de flash. La partie supérieure à la zone de flash s'appelle zone de rectification ou de concentration et son but est de rendre plus grande, la concentration de l'élément le plus volatil dans le distillat. La partie au-dessous de la zone de flash s'appelle zone d'épuisement et son rôle est de récupérer le constituant le plus volatil entraîné par la phase liquide.[36]

Le principe de fonctionnement d'une colonne à distiller est simple tout en travaillant à pression constante, il consiste à déplacer les équilibres de phase à l'aide d'un gradient de température créé par une source froide (le condenseur), qui crée un flux

de liquide froid descendant dans la colonne, et une source chaude (rebouilleur), générant un flux de vapeur chaud montant. 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 les plateaux ; dont le principe de base est de faire barboter la vapeur dans une rétention liquide provoquée par un barrage coupant la phase liquide, soit par des garnissages, constitués le plus souvent d'un treillis métallique dispersant les deux phases et assurant une bonne surface d'échange entre les fluides circulant à contre-courant.

### **III .5. Types des colonnes de rectification**

Les colonnes utilisées pour la rectification des mélanges binaires ou d'ordre supérieur (complexe) divisé en deux types distincts :

- Les colonnes à éléments séparés (plateaux- grilles- cascade).
- Les colonnes à garnissage.[36]

#### **III .5.1. Colonnes à Plateaux**

Le transfert de matière entre les phases vapeur et liquide résulte du contact intime de ces deux phases circulant à contre-courant Ce contact s'effectue en discontinue Les paramètres opératoire (T, P) ainsi quel nombre de plateau théoriques et les quantités de chaleur à mettre en couvre, sont fonction des bilans massiques (matière) et thermiques et des équations d'équilibres.[36]

#### **III .5.2. Colonnes à garnissage**

Elles sont utilisées dans la distillation et l'absorption. Ces colonnes réalisent à contre-courant continu. L'échange de matière croit en régime turbulent. [36]

III .6. Bilan matière de la colonne

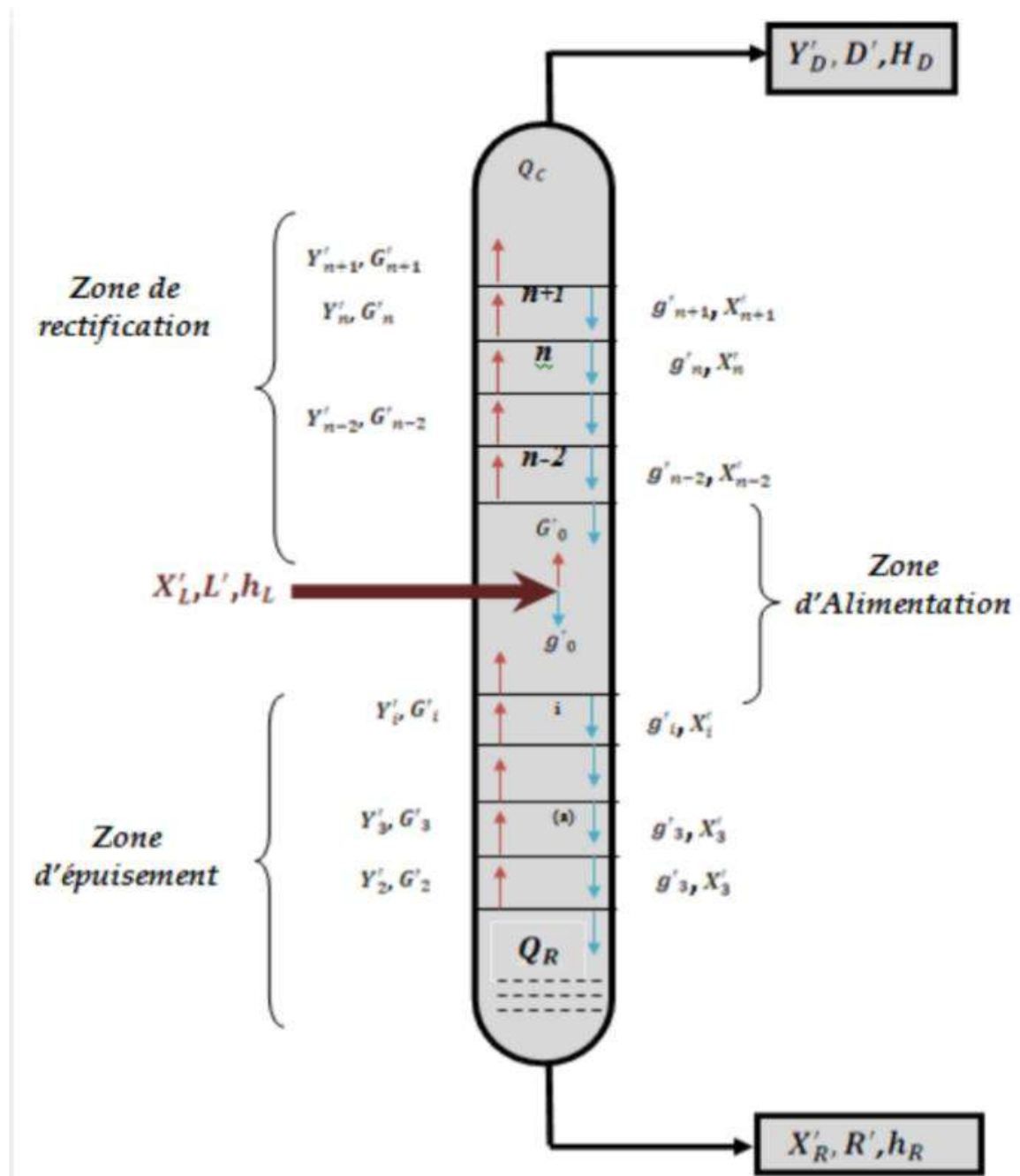


Figure III .2. Schéma général du fonctionnement d'une colonne de rectification.[36]

• Bilan matière global :

$$L = D + R \quad \dots(\text{III.1})$$

• Bilan matière partielle :

$$LX'_{L,I} = DY'_{D,I} + RX'_{R,I} \quad \dots (\text{III.2})$$

Avec :

$L, D, R$  : Sont respectivement les débits de la charge, du distillat et du résidu (Kg / h).

$X'_L, Y'_D, X'_D$  : Concentrations molaires du constituant le plus volatil respectivement dans la charge, dans le distillat et dans le résidu. (Figure III -2)

### III.6.1. Bilan matière de la zone de rectification

$$G = g + D \quad \dots(\text{III.3})$$

$$LY'_{n,i} = gX'_{n-1,i} + DY'_{D,i} \quad \dots(\text{III.4})$$

La résolution de cette équation par rapport à  $Y'_{D,i}$ , donne l'équation de concentration (opérateur) de la zone de rectification :

$$Y'_{n,i} = mX'_{n-1} + (1 - m)Y'_{D,i} \quad \dots(\text{III.5})$$

Avec :

$$m = g/G = r_f / (r_f + 1) \quad \dots(\text{III.6})$$

Où :  $r_f$  : est le taux de reflux.[36]



## III .6.2. Bilan matière de la zone d'épuisement

$$\mathbf{g}' = \mathbf{G}' + \mathbf{R} \quad \dots(\text{III.7})$$

$$\mathbf{G}'\mathbf{X}'_{n+1,i} = \mathbf{G}'\mathbf{Y}'_{n,i} + \mathbf{R}\mathbf{X}'_{R,i} \quad \dots(\text{III.8})$$

La résolution de l'équation (III .8) par rapport à  $X_{n+1, i}$  permet d'obtenir l'équation de concentration de la zone d'épuisement :[36]

$$\mathbf{X}'_{n+1,i} = \frac{\mathbf{Y}'_{n,i}}{\mathbf{m}'} + [(\mathbf{m}' - 1)/\mathbf{m}']\mathbf{X}'_{R,i} \quad \dots(\text{III.9})$$

Avec :

$$\mathbf{m}' = \mathbf{g}'/\mathbf{G}' = (\mathbf{r}_b + 1)/\mathbf{r}_b \quad \dots(\text{III.10})$$

Où :  $\mathbf{r}_b$  : est le taux de rebouillage.

Il y a lieu de procéder au bilan matière de la zone d'alimentation. On a donc le bilan matière effectué juste au-dessous du plateau supérieur de cette zone.

$$\mathbf{G}_m = \mathbf{g}_K + \mathbf{g}_D = \mathbf{G}_K + \mathbf{R} \quad \dots(\text{III.11})$$

$$\mathbf{g}_m\mathbf{X}'_{m,i} = \mathbf{G}_K\mathbf{Y}'_{K,i} + \mathbf{R}\mathbf{X}'_{R,i} \quad \dots(\text{III.12})$$

De même, la vapeur  $G_m$  alimentant la zone de rectification est la somme de vapeur  $G_K$  et de la phase  $G_D$ . Ainsi, le bilan matière effectué juste au- dessous du plateau inférieur de la zone de rectification donne :[36]

$$G_m = G_K + G_D = g_K + D \quad \dots(\text{III.13})$$

$$G_m Y'_{m,i} = G_K Y'_{K,i} + G_D X'_{D,i} \quad \dots(\text{III.14})$$

Dans le cas de la rectification des mélanges complexes, on sera amené à effectuer des séries de calculs d'équilibre sur chaque plateau. Pour éviter le travail long et fastidieux des approximations successives, on peut utiliser une méthode simplifiée rapide donnant une précision souvent suffisante. Cette méthode fait intervenir la notion de volatilité  $\alpha_i$  qui est le rapport du coefficient d'équilibre de constituant  $i$  à celui d'un constituant de référence  $r$ .

$$a_i = \frac{k_i}{k_r} \quad \dots(\text{III.15})$$

En qualité de constituants de référence, on peut choisir n'importe quel constituant (habituellement le constituant moins volatil du mélange).[36]

En tenant compte de (III.15), l'équation d'équilibre peut être écrite sous la forme :

$$Y'_i = k_i X'_i = \alpha_i k_r X'_i \quad \dots(\text{III.16})$$

$$X'_i = \frac{Y'_i}{\alpha_i k_r} \quad \dots(\text{III.17})$$

La somme des équations (III.16) et (III.17) nous donne :

$$k_r = 1 / \sum \alpha_i X'_i \quad \dots(\text{III.18})$$

$$k_r = \sum Y'_i / \alpha_i \quad \dots(\text{III.19})$$

$$Y'_i = \frac{\alpha_i X'_i}{\sum \alpha_i X'_i} \quad \dots(\text{III.20})$$

### III.6.3. Bilan matière de la zone d'alimentation

On voit qu'il faut mélanger le liquide  $g_k$  avec la phase  $g_o$  pour obtenir le liquide  $g_m$  alimentant la zone d'épuisement, le bilan matière sera effectué juste au-dessus du plateau supérieure cette zone.

$$g_m = g_k + g_o = G_k + R \quad \dots(\text{III.21})$$

$$g_m X'_{mi} = g_o \cdot X'_{oi} + g_k \cdot X'_{Ki} \quad \dots(\text{III.22})$$

$$G_m X'_{mi} = G_k \cdot Y'_{Ki} + R \cdot X'_{ri} \quad \dots(\text{III.23})$$

De même la valeur  $G_m$  alimentant la zone de rectification est la somme de la valeur  $G_k$  et de la phase  $G_o$ , ainsi le bilan matière sera effectuer juste au-dessous du plateau inférieur de la zone de rectification.[36]

$$G_m = G_k + G_o = g_k + D \quad \dots(\text{III.24})$$

$$G_o \cdot Y'_{oi} + G_k \cdot Y'_{Ki} \dots(\text{III.25})$$

$$G_m Y'_{mi} = g_k \cdot X'_{Ki} + D \cdot Y'_{Di} \quad \dots(\text{III.26})$$

### III .7. Choix de la pression dans la colonne

Quel que soit la complexité du mélange à séparer, le choix de la pression est avant tout un problème économique. On sait qu'à faible pression la sélectivité de la séparation sera meilleur et que l'on évitera l'altération thermique des produits, mais on contrepartie, à faible pression il faut condenser à basse température les vapeurs de tête pour obtenir le reflux liquide à sa température de bulle, donc c'est le choix du fluide réfrigérant qui va imposer la pression dans la colonne. En générale, on utilise une source froide, bon marché et abondante (eau douce, eau Demer ou l'air) qui permet d'obtenir un condensât de 30 à 45°C environ.[36]

La pression dans la colonne sera alors au moins égale à la pression de bulle à ces températures.

Lorsque le distillat est constitué de constituants très légers, il est nécessaire de faire appel à une réfrigération artificielle pour travailler à basse température quel que soit la pression des service.

La température de la condensation totale des vapeurs du distillat doit être prise moins 15 à 20°C plus grande que celle du fluide réfrigérant, ainsi la pression dans le ballon de reflux  $P_b$  est déterminée d'après l'équation de l'isotherme de la phase liquide, par approximation successive.[36]

$$\sum K_i \cdot x_i = 1 \quad \dots(\text{III.27})$$

La pression au sommet, au fond et dans la zone d'alimentation de la colonne sera respectivement :

$$P_s = P_b + \Delta P_1 \quad \dots(\text{III.28})$$

Avec :

$\Delta P_1$  : (0,2 : 0,4) atm, perte de charge due aux résistances des conduites de condenseur.

Pb : c'est la pression dans le ballon de reflux.

$$P_F = P_S + \Delta P_2 \dots (\text{III.29})$$

Avec:

$\Delta P_2$  : (0,3 : 0,5) atm, perte de charge due aux résistances des plateaux

Par conséquent, la pression dans la zone d'alimentation sera :

$$P_L = \frac{(P_S + P_F)}{2} \dots (\text{III.30})$$

### III .8. Régime de la température dans la colonne

A la pression de service  $P_S$ , la température au sommet de la colonne est déterminée par approximation successive à partir de l'équation de l'isotherme de la phase vapeur : [36]

$$\sum \left( \frac{Y_i}{k_i} \right) = 1 \dots (\text{III.31})$$

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.

$$\sum (k_i \cdot X_{i,i}) = 1 \dots (\text{III.32})$$

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

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

$$\sum (k_i \cdot X_{l,i}) = 1 \dots (\text{III.33})$$

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

$$\sum \left( \frac{Y_{Li}}{k_i} \right) = 1 \dots (\text{III.34})$$

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

$$\sum X_i = \sum \left[ \frac{X_{Li}}{1+e(K_{i-1})} \right] = 1 \quad \dots(\text{III.35})$$

$$\left( \frac{y_i}{X_i} \right) = K_i \quad \dots(\text{III.36})$$

Avec :

$e$  : Taux de vaporisation massique.

$X'_{0,i}$  : Concentration molaire du constituant (i) dans la phase liquide.

$Y'_{0,i}$  : Concentration molaire du constituant (i) dans la phase vapeur.

$X'_{L,i}$  : Concentration molaire du constituant (i) dans la charge. [36]

### III.9. Taux de vaporisation et composition des phases liquide et vapeur de la charge

Dans le calcul de la zone d'alimentation, il est nécessaire de disposer du débit et de la composition des phases liquide et vapeur de la charge.[36]

$$\text{-Taux de vaporisation : } \bar{e} = \frac{G'_0}{L} \quad \dots(\text{III.37})$$

$$\text{-Taux de condensation : } \mathbf{r}'_0 = \frac{\mathbf{g}'_0}{L} \quad \dots(\text{III.38})$$

D'où :

$$\mathbf{G}'_0 = \bar{e} + L \quad \dots(\text{III.39})$$

Où :

$$\mathbf{g}'_0 = \mathbf{r}'_0 \cdot L \quad \dots(\text{III.40})$$

$\bar{e}$ : Taux de vaporisation molaire de la charge.

$r'_o$ : Taux de condensation molaire.

$g'_o$ : Débit molaire de la phase liquide de la charge.

$G_o$ : Débit molaire de la phase vapeur de la charge. [36]

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** :

$$\sum x'_{o,i} = \sum \left[ \frac{x'_{L,i}}{1+e(K_i-1)} \right] = 1 \quad \dots \text{(III.41)}$$

OU :

$$r'_o + e_o = 1 \quad \dots \text{(III.42)}$$

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

### III.10. 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.[37]

#### III .10.1. Fonctionnement à reflux minimal

Le fonctionnement à reflux minimal correspond à un nombre infini de plateau pour la séparation spécifiée, donc d'après la formule d'UNDER WOOD généralement, on détermine le taux de reflux minimal suivant l'équation :[37]

$$(r_F)_{min} = \Phi \sigma \left( \frac{Y_{Di}}{\alpha_{Li-\varphi}} \right) \quad \dots \text{(III.43)}$$

Où :

$$(\mathbf{r}_b)_{\min} = \sum (\alpha_{L,i} \cdot \frac{X'_{R,i}}{\alpha'_{R,i} - \phi}) \quad \dots(\text{III.44})$$

-  $\alpha_{L,i}$  : Le coefficient de volatilité d'un constituant « i » quelconque par rapport au

constituant clés lourd déterminé à la température d'entrée de la charge.

-  $\phi$  : Paramètre conventionnel déterminé par approximations successives.

La relation entre  $(\mathbf{r}_f)_{\min}$  et  $(\mathbf{r}_b)_{\min}$  est donnée par la formule suivante :

$$(\mathbf{r}_b)_{\min} = \left[ \left( \frac{D(\mathbf{r}_f)_{\min}}{L} \right) + (1 - e'_{\phi}) - \left( \frac{R}{L} \right) \right] / \left( \frac{R}{L} \right) \quad \dots(\text{III.45})$$

### III .10.2. Taux de reflux optimal

Ensuite, 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 plateau théorique et que ce nombre diminue quand le taux de reflux s'accroît).[37]

Pour ces calculs approximatifs, on peut utiliser la formule proposée par **GILLILAND** :

$$\frac{[(\mathbf{r}_f)_{\text{opt}} - (\mathbf{r}_f)_{\min}]}{[(\mathbf{r}_f)_{\text{opt}} + 1]} = \frac{0.1}{0.33} \quad \dots(\text{III.46})$$

Donc on aura :

$$(\mathbf{r}_f)_{\text{opt}} = 1.3. (\mathbf{r}_f)_{\min} + 0.30 \quad \dots(\text{III.47})$$

### III .10.3. Taux de rebouillage optimal

Avec :



$(r_b)_{opt}$  : le taux de rebouillage optimal est défini par :

$$(r_b)_{opt} = (r_f)_{opt} \cdot \frac{D}{R} + (1 - \bar{e}_o) \cdot \frac{L}{R} - 1. \quad \dots \text{(III.48)}$$

### III .11. Bilan thermique de la colonne

La réalisation de bilan thermique de la colonne est nécessaire pour vérifier le débit du reflux liquide provenant de condenseur et pour déterminer les charges thermiques du condenseur et du rebouilleur.[38]

L'équation de bilan thermique de la colonne entière s'écrit :

$$L \cdot h_L + Q_R = D \cdot h_D + R \cdot h_R + Q_C \quad \dots \text{( III.49)}$$

Avec :

$$h_L = e_D \cdot H_D + (1 - e_D) \cdot h_o \quad \dots \text{( III.50)}$$

$$Q_R = G_R \cdot (H_R - h_i) + R \cdot (h_R - h_i) \quad \dots \text{(III.51)}$$

Où:

$$Q_C = (D + g_x) \cdot (H_D - h_D) \quad \dots \text{(III.52)}$$

L, D, R : débits molaires respectivement de la charge, du distillat et du résidu (K mol / h) ;

$Q_R$  : Charge thermique du rebouilleur (Kcal / h) ;

$Q_C$  : Charge thermique du condenseur (Kcal / h) ;

$h_L$  : Enthalpie de la charge liquide (Kcal / Kmol) ;

$e_D$ : Taux de vaporisation de la charge ;

$H_D$ : Enthalpie de la phase vapeur de la charge (Kcal / Kmol) ;

$h_D$  : Enthalpie de distillat en état liquide (Kcal / Kmol) ;

$h_0$  : Enthalpie de la phase liquide de la charge (Kcal / Kmol) ;

$h_R$  : Enthalpie du résidu (Kcal / Kmol) ;

$h_i$  : Enthalpie du liquide alimente le rebouilleur (Kcal / Kmol) ;

$H_R$  : Enthalpie de la vapeur provenant du rebouilleur (Kcal / Kmol) ;

$g_x$  : Débit de reflux liquide (Kmol / h) ;

$G_R$  : Débit de la vapeur provenant du rebouilleur.

### III .12. Influences des paramètres

- **Taux de reflux** : les éléments les plus volatils entrent en tête de colonne par échauffement, les vapeurs sont évacuées en partie haute de la colonne. Pendant que les éléments lourds sont éliminés par le fluide caloporteur, ils passent en phase liquide et sont soutirés en pied de colonne, et c'est la répartition des éléments entre les deux étages extraits entre les deux étages de tête et de fond de colonne, au moyen d'une gradation chromatique de la température garantie par le taux de reflux, et cela permet d'ajuster la température en tête de colonne à une certaine valeur, pour diminuer la concentration en éléments lourds dans le gaz sec tel que GPL.[38]
- **Température de la charge** : elle permet d'obtenir deux phases (liquide-vapeur) dans la zone de flash.
- **Taux de Rebouillage** : à l'aide du rebouilleur, on apporte au fond de la colonne une certaine quantité de chaleur, où le liquide provenant du plateau supérieur se vaporise partiellement ce qui permet d'éliminer les constituants les plus volatils dans le condensat, afin de diminuer la TVR (tension de vapeur Reid). La présence des C<sub>4</sub>- dans le condensat provoque l'augmentation de la tension des vapeurs de condensat, ce qui présente un danger permanent lors du stockage et transport des produits finis.

- **Pression** : une augmentation de la pression dans la colonne se traduit par une augmentation de la capacité de chauffe, donc une consommation plus élevée de l'énergie. [38]

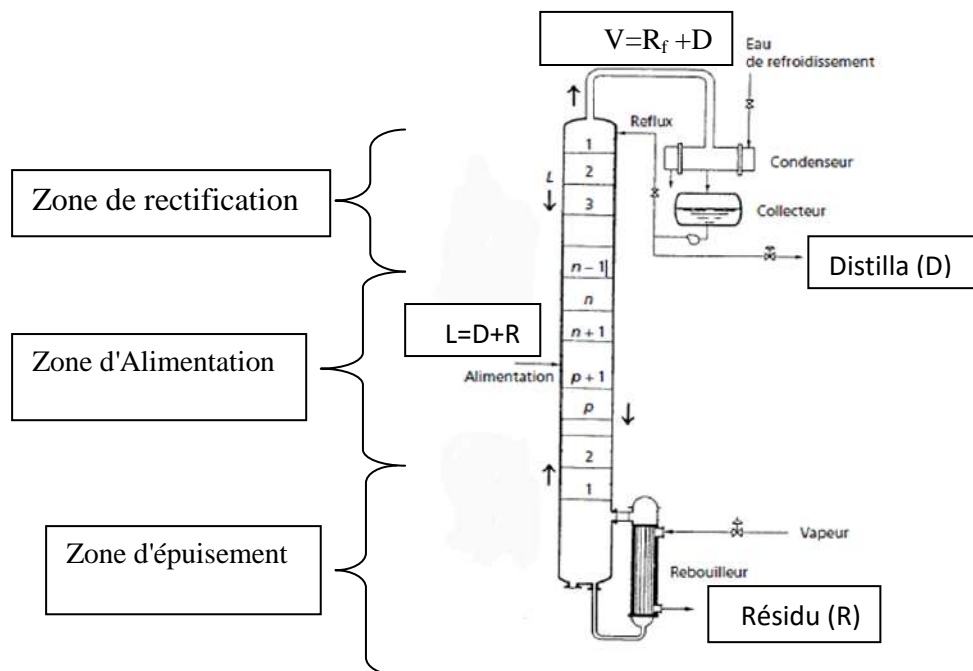


Figure III .3.Schéma de la colonne de rectification.

# **PARTIE CALCUL**

# **Chapitre IV :**

La simulation et le  
simulateur HYSYS

### ❖ **Problématique**

Pendant l'étude du comportement de la colonne dééthaniseur vis-à-vis des paramètres d'exploitation et les spécifications des produits obtenus. Nous avons remarqué qu'il ya un entrainement assez important du propane  $C_3H_6$  au sommet de la colonne dééthaniseur, alors il nous a été proposé de réduire la teneur du propane dans le distillat.

### **VI.1. Généralités sur la simulation HYSYS**

La simulation est un outil utilisé dans différents domaines de l'ingénierie et de la recherche en général dans le secteur hydrocarbure, permettant d'analyser le comportement d'un système avant de l'implémenter et n d'optimiser son fonctionnement en testant différentes solutions et différentes conditions opératoires. Elle s'appuie sur l'élaboration d'un modèle du système, et permet de réaliser des scénarios et d'en déduire le comportement du système physique analysé. [39]

La simulation peut être classée comme une méthode commode qui ne coûte pas chère et sans intervention sur le procédé réel en cours de fonctionnement, les simulateurs disponibles pour la conception des nouvelles unités ou pour l'optimisation des procédés réels sont : **ASPENS PLUS, PRO-II, HYSIS**. [40]

Le logiciel de simulation HYSIS, développé par la société canadienne HYPROTECH, est spécifique pour les procédés de génie chimique, séparation bi-phasiques et tri-phasiques, la distillation et la transformation chimique.

- **Il existe plusieurs types de modèle d'un système physique :**

Allant du modèle de Représentation qui ne s'appuie que sur des relations mathématiques traduisant les grandes caractéristiques de son fonctionnement, jusqu'au modèle de connaissance complexe issu de l'écriture des lois physiques régissant les phénomènes mis en jeu. Le choix du type de modèle dépend principalement des objectifs poursuivis.[40]

### ❖ **Caractéristiques principales de HYSYS**

Cette partie décrit brièvement les caractéristiques importantes qui font de HYSYS une plate-forme de simulation et de développement très puissant:[41]

- **(The Intégrates Engineering Environnent) :** Toutes les applications nécessaires sont utilisées dans un environnement de simulation commun.

- **Il intègre la possibilité de modélisation en régime stable ou stationnaire et en régime dynamique :** la modélisation en régime stable et l'optimisation étant utilisées lors de la conception du procédé ; la simulation en mode dynamique est réservée aux études de contrôlabilité du procédé et à l'élaboration de la stratégie de contrôle.
- **Programmation HYSYS :** HYSYS contient un moteur de macro interne qui prend en charge la même syntaxe que Microsoft Visual Basic. On peut automatiser différentes tâches dans HYSYS sans avoir besoin d'un autre programme.[41]
- **Gestion des événements (Event Driver) :** HYSYS combine le calcul interactif (calcul automatique à chaque fois que de nouvelles informations sont fournies) avec un accès instantané aux informations (les informations sont accessibles à tout moment depuis n'importe quel environnement de simulation).
- **Gestion intelligente de l'information (Built-in Intelligence):** Les calculs des propriétés thermodynamiques s'effectuent instantanément et automatiquement dès qu'une nouvelle information est disponible.
- **Opérations modulaires :** chaque flux ou unité d'opération peut effectuer tous les calculs nécessaires à l'aide des informations spécifiées dans l'opération ou transmises par le flux. Les informations sont transmises dans les deux sens via des organigrammes.
- **Algorithme de résolution non séquentielle :** on peut construire des Flowsheets dans n'importe quel ordre.[41]
- **Voici les caractéristiques de HYSYS sur comment opèrent les environnements :** Lorsque l'on effectue des développements dans un Flowsheet particulier, seul ce Flowsheet et les autres situés au-dessous dans la description hiérarchique, seront modifiés. Par exemple, si l'on considère la (Figure. IV.1) et que l'on suppose que l'on désire faire des changements dans le SubFlowsheet D, on se place dans son environnement pour y effectuer ces changements.

Puisque D est au-dessus de E dans la hiérarchie, tous les Flowsheets autres que D et E resteront inchangés. Dès que les calculs dans D seront effectués, il est possible alors de se déplacer dans l'environnement Main Flowsheet pour recalculer toutes les autres parties du modèle contenues dans les autres SubFlowsheets.

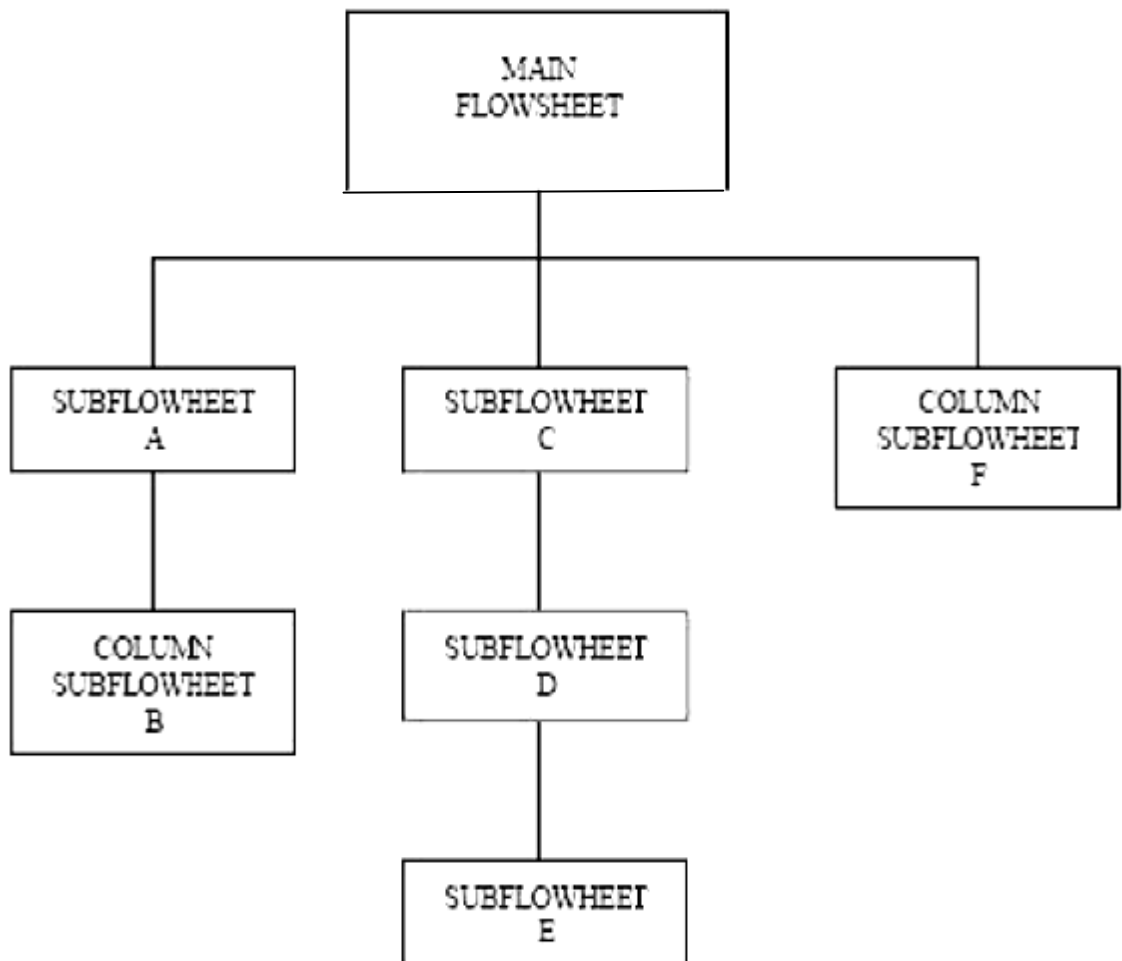


Figure. IV.1 : Organigramme des environnements dans la hiérarchie. [41]

### ❖ Le choix de modelé thermodynamique

Modèles basés sur des équations d'état (RK, SRK, PR... etc.) couramment utilisés pour les calculs de systèmes d'hydrocarbures et de systèmes quasi idéaux. Leur avantage par rapport aux autres modèles est l'utilisation de coefficients d'interaction binaires. En général, l'équation d'état peut calculer toutes les propriétés d'un produit en fonction de la température et de la fraction molaire.[41]

- Equation de REDLICH-K WONG (RK)

$$P = \left( \frac{RT}{v-B} \right) - a/\sqrt{T} \left( \frac{1}{v(v+b)} \right) \quad \dots\dots\dots(IV.1)$$



- **Equation de SOAVE-REDLICH-KWONG (SRK)**

- L'équation de SOAVE est de la même forme générale que l'équation.[41]

$$P = \left(\frac{RT}{v-P}\right) - \frac{a(T)}{v(v+b)} \quad \dots\dots(\text{IV.2})$$

-SOAVE a introduit les relations suivantes pour exprimer la fonction  $a(T)$ :

$$a(T) = aca(TR) \quad \dots\dots(\text{IV.3})$$

Avec:

$$a(TR) = [1 + m(1 - \sqrt{TR})]^2 \quad \dots\dots(\text{IV.4})$$

-Le coefficient  $m$  est calculé en fonction du facteur acentrique  $\omega$ : [41]

$$m = 0.480 + 1.574 \omega - 0.17 \omega \quad \dots\dots(\text{IV.5})$$

- **L'équation d'état de Peng robinson (PR)**

L'équation de PENG-ROBINSON diffère de l'équation de SOAVE par l'expression du terme d'attraction. Elle a été introduite en vue d'améliorer les résultats obtenus par l'équation de SAOVE, notamment en ce qui concerne le calcul des densités en phase liquide, sans modifier le nombre de paramètres : [41]

$$P = \left(\frac{RT}{V} - b\right) - \left(\frac{a(T)}{v(v+b)} + b(V-b)\right) \quad \dots\dots(\text{IV.6})$$

Les termes  $a(T)$  et  $b$  sont définis comme suit :

$$a = 0.45724 \frac{R^2 * T_C^2}{PC} a(TR) \quad \dots\dots(\text{IV.7})$$

## CHAPITRE IV La simulation et le simulateur HYSYS

---

Le terme ( $T_R$ ) présente la même forme générale que dans le cas de l'équation de SOAVE. Il suit la relation (II.4), mais la fonction reliant le paramètre  $m$  au facteur acentrique  $\omega$  est différente : [41]

$$m = 0.37464 + 1.54226\omega - 0.26992\omega^2 \quad \dots\dots(\text{IV.8})$$

Ces équations sont très largement utilisées dans les modèles de simulation, en production et traitement de gaz. L'équation la plus recommandée pour les systèmes d'hydrocarbures est l'équation de **PENG ROBINSON**, car elle résout correctement les problèmes d'équilibre et permet de prédire des densités liquides plus en accord avec les valeurs réelles que les autres équations.

### ❖ Domaines d'applications de l'équation de PENG ROBINSON

Tableau IV.1. Domaine d'application de l'équation PR.[41]

Equation	Température °C	Pression en Kpa
PR	>-271	100000

### VI.2. Simulation des HYSYS deux cas (design, actuel)

#### ❖ . Présentation du modèle de simulation de la colonne dééthaniseur

Nous avons inclus un modèle dans logiciel de conception orientée objets HYSYS ;après les différents opérations effectuées à savoir les base des données et l'introduction des équations d'états thermodynamique ainsi que la construction des équipements dans le but de confirmer l'exactitude de notre modèle et de connaître l'influence des différents paramètres sur le procédé , on a procédé a la simulation du cas de fonctionnement selon le cas DESIGN, puis on a effectué une étude comparative des résultats obtenu par la simulation dans notre modèle et ceux du cas DESIGN.

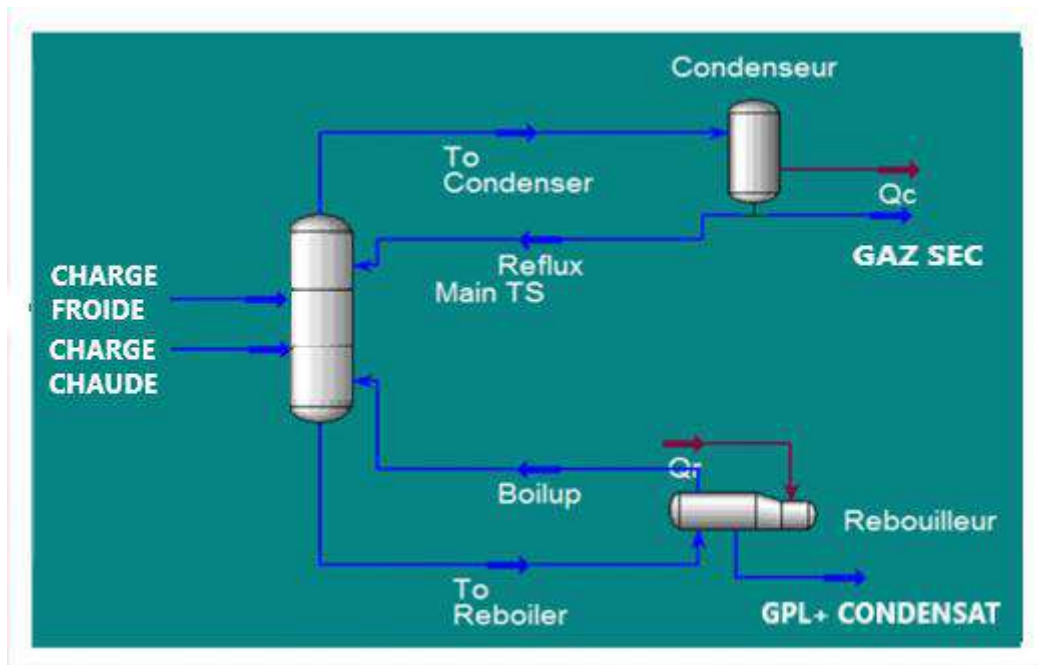


Figure IV .1. Modèle de simulation de la colonne dééthaniseur.

## CHAPITRE IV La simulation et le simulateur HYSYS

Ces données ont été obtenues à partir : SONATRACH division production, présentation de la direction régionale STAH 1979 Alrar /STAH /In Aminas.

### ❖ Cas design

Les conditions et les paramètres design adaptés sont représentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau IV.2. Paramètres de sortie des charge froide, chaude et de ballon de reflux.

Conditions	Alimentation froid	Alimentation chaud	Ballon de reflux
Température [°C]	-58	24	-40
Pression [bar]	29.3	30.1	25.3
Débit moléculaire [K mole/h]	2492.19	881.40	/

❖ Les paramètres à l'intérieur de la colonne dééthaniseur :

#### ▪ **Données de la colonne**

Description de colonne dééthaniseur.

La colonne de dééthaniseur est une colonne à 30 plateaux, 25 plateaux pour la zone de rectification et 5 plateaux pour la zone d'épuisement, la charge d'alimentation chaude entre au niveau de 6<sup>ème</sup> plateau de la colonne, par contre la charge d'alimentation froide entre au niveau de 19<sup>ème</sup> plateau de la colonne dééthaniseur.

Tableau IV. 3. Paramètres design d'exploitation de dééthaniseur.

Paramètres	Dééthaniseur
Nombre de plateaux	30
Plateau d'alimentation froid	19
Plateau d'alimentation chaud	6
Température d'alimentation froid [°C]	-56
Température d'alimentation chaud [°C]	140
Pression d'alimentation froid [bar]	29.3
Pression d'alimentation chaud [bar]	30.1
Température de sommet [°C]	-29
Température de fond [°C]	104
Température de rebouilleur [°C]	128
Pression du sommet [bar]	26.0
Pression du condenseur [bar]	35.3
Pression du fond [bar]	26.1

## CHAPITRE IV La simulation et le simulateur HYSYS

Les compositions molaires des alimentations de la colonne dééthaniseur sont données par le design.

Tableau IV.4.Composition molaire d' alimentation de la colonne dééthaniseur.

Constituants	Alimentation Froid	Alimentation Chaud
N <sub>2</sub>	0.0008	0.0002
CH <sub>4</sub>	0.4977	0.1513
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.2037	0.1091
CO <sub>2</sub>	0.0594	0.0164
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.1358	0.1415
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.0249	0.0386
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.0418	0.0978
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.0129	0.0456
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.0102	0.0470
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.0085	0.0762
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.0029	0.0633
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0.0010	0.0603
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0.0003	0.0457
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0.0001	0.0339
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	0.0000	0.0219
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0.0000	0.0511
Total	1.0000	1.0000

La composition molaire de gaz sec d'après le design est comme suit :

Tableau IV. 5. Composition molaire du gaz sec d'après le design.

CONSTITUANT	Gaz sec	
	X <sub>i</sub> mol%	X <sub>i</sub> mol
N <sub>2</sub>	0.11	0.001
CH <sub>4</sub>	64.21	0.6421
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	27.66	0.2766
CO <sub>2</sub>	7.59	0.0759
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.43	0.0043
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.00	0.0000
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.00	0.0000
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.00	0.0000
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.00	0.0000
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.00	0.0000
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.00	0.0000
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0.00	0.0000
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0.00	0.0000
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0.00	0.0000
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	0.00	0.0000
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0.00	0.0000
Total	100.00	1.0000

Simulation de la quantité de chaleur fournie au niveau de condenseur et de rebouilleur.

## CHAPITRE IV La simulation et le simulateur HYSYS

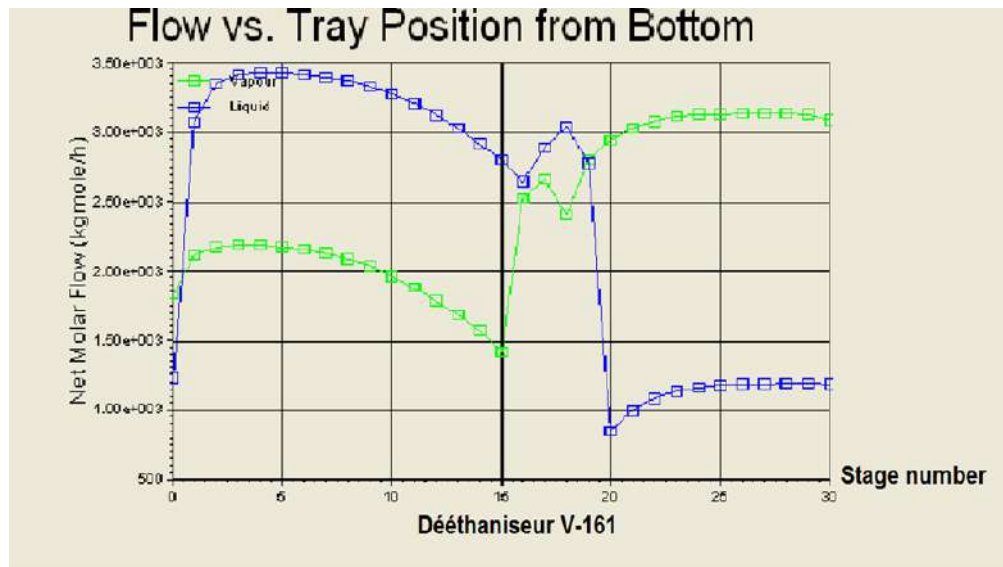
---

Tableau IV.6. Quantité d'énergie au niveau de condenseur et de rebouilleur cas design.

Equipements	Condenseur	Rebouilleur
Quantité d'énergie DESIGN [MM Kcal/h]	0.9021	6.147

✓ Les profils des paramètres dans la colonne.

❖ **Profile de débit :**



La figure(IV.1) :montre le débit molaire de liquide et vapeur dans la colonne.

**Interpretation de la courbe :**

La figure (IV.1) montre que le profil des débits molaires liquide et vapeur présent une variation parallèle cela prouve une stabilité dans le fonctionnement de la colonne.

❖ **Profile de température:**

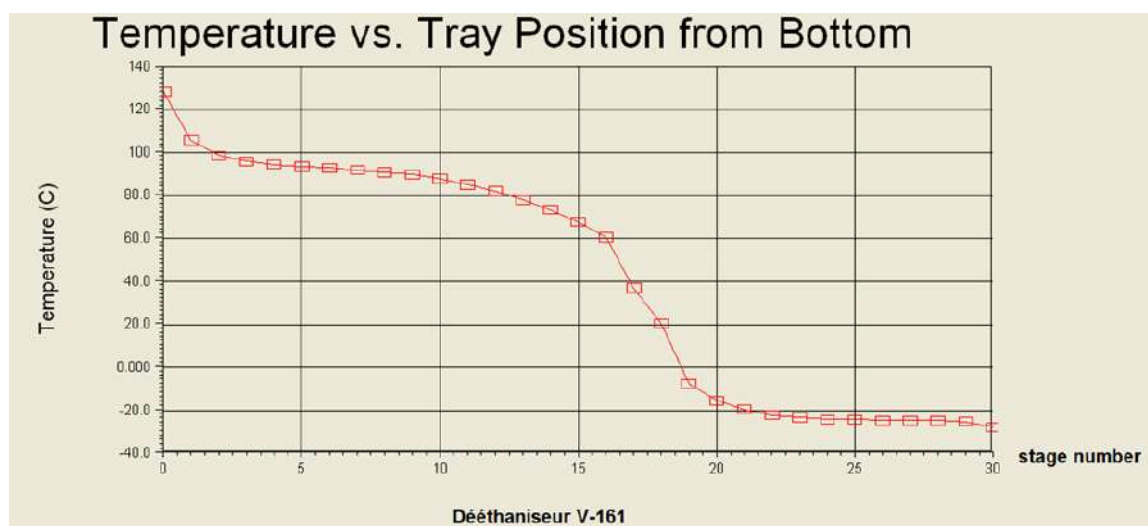


Figure (IV.2): la variation de la température ( $C^0$ ) en fonction de numéro du plateau dans le dééthániseur.

### Interpretation de la courbe :

la figure(IV.2) montre que le profil de température présente une évolution normale le long de la colonne, sauf une présence des pics au niveau des plateaux d'alimentation ( au niveau du 6<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> plateaux), ces pics s'expliquent par la différence entre les températures d'alimentations et celle du 6<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> plateaux.

### ❖ Profil de fraction de C1, C2, C3, iC4 :

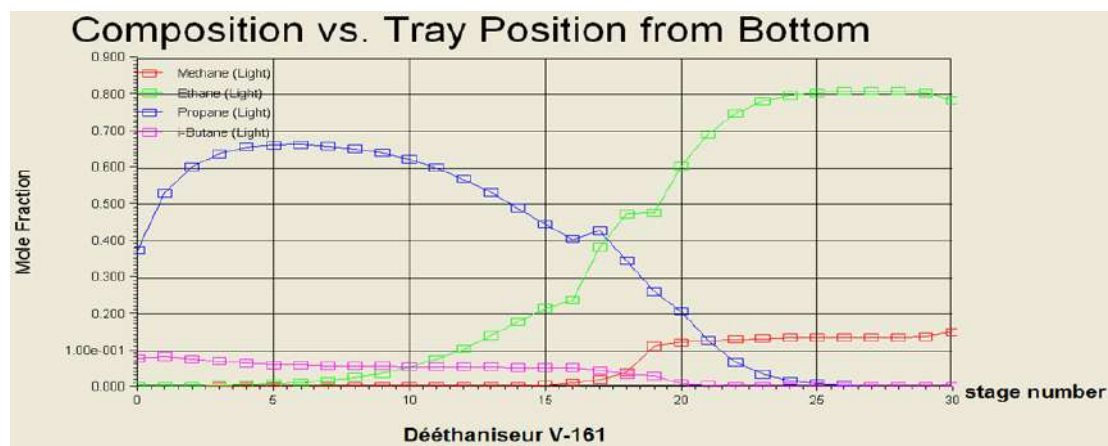


Figure (IV.3) : profil de de la composition au sommet de la colonne cas design.

### Interprétation de la courbe :

La figure (IV.3) montre que le profil de la composition présente une variation normale du Méthane et du Ethane.(diminution de la teneur de Propane au sommet de la colonne ).

### ❖ Profil de pression :

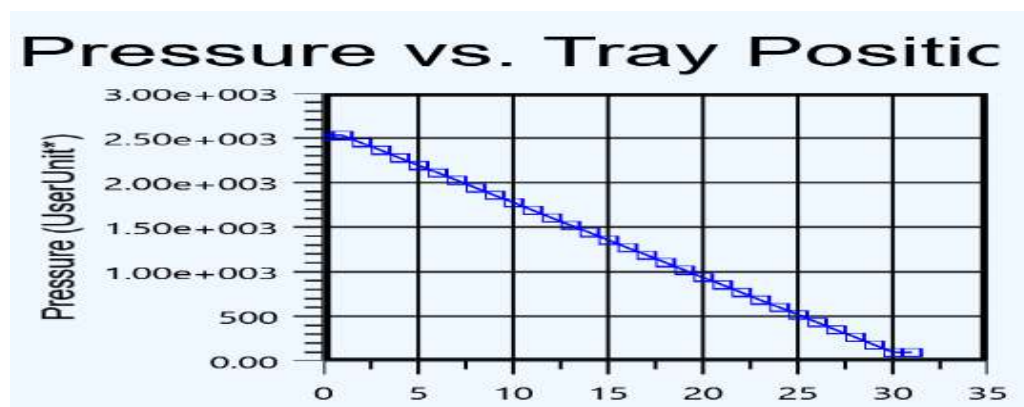


Figure IV.4 :Profil de pression dans la colonne.

### Interprétation de la courbe :



## CHAPITRE IV La simulation et le simulateur HYSYS

Le profil (Figure IV.4) de pression présente une évolution normale le long de la colonne (diminution de la pression du premier plateau au fond, jusqu'au dernier plateau en tête). Il reste à noter que la pression au niveau du condenseur et rebouilleur reste constante.

Ces données ont été obtenues à partir : SONATRACH division production, présentation de la direction régionale STAH 1979 Alrar /STAH /In Aminas.

### ❖ Cas actuel:

Les conditions et les paramètres actuel sont représentés dans les tableaux ci- dessous  
Tableau IV.7. Paramètres de sortie des charges froide, chaude et de ballon de reflux.

Conditions	Alimentation froid	Alimentation chaud	Ballon de reflux
Température [°C]	-58	28	-15
Pression [bar]	29.3	30.1	25.3
Débit moléculaire [K mole/h]	2492.19	881.40	/

Simulation du cas actuel selon l'équation **PENG ROBINSON** :

Tableau IV. 8 .Composition molaire de gaz sec d'après la simulation du cas actuel.

CONSTITUANT	Gaz sec	
	X <sub>i</sub> mol%	X <sub>i</sub> mol
N <sub>2</sub>	0.000102	0.0102
CH <sub>4</sub>	0.622916	62.2916
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.261895	26.1895
CO <sub>2</sub>	0.080609	8.0609
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.029690	2.9690
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.001755	0.1755
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.001854	0.1854
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.000164	0.00164
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.000081	0.0081
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.000011	0.0011
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.000001	0.0001
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0.000000	0.0000
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0.000000	0.0000
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0.000000	0.0000
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	0.000000	0.0000
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0.000000	0.0000
Total	1.0000	100.0000

Simulation de la quantité de chaleur fournie au niveau de condenseur et de rebouilleur:

## CHAPITRE IV La simulation et le simulateur HYSYS

Tableau IV. 9. Quantité d'énergie au niveau de condenseur et de rebouilleur cas actuel.

Equipements	Condenseur	Rebouilleur
Quantité d'énergie selon Actuel [MM Kcal/h]	1.209	5.644

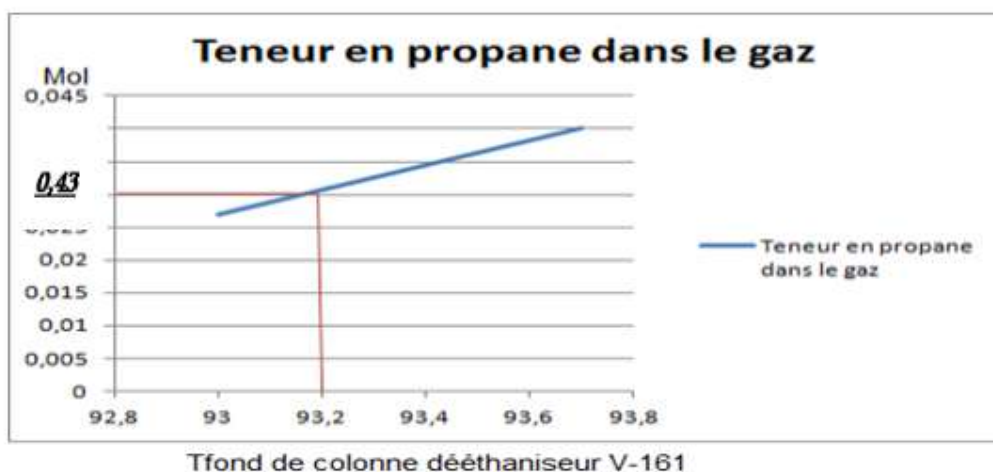
### L'optimisation des paramètres

L'objectif de cette partie est de voir la possibilité d'optimiser la production du gaz sec afin de réduire l'écart de la production actuelle par rapport au design.[42].

Les variables à optimiser sont les températures du fond et de ballon de reflux de la colonne dééthaniseur.

La teneur en propane dans le gaz sec ne doit pas dépasser la valeur de 0.43 %. Pour voir la diminution de la teneur en propane dans le gaz sec, on fait:

varier la température du fond et enregistrer cette teneur.[42]



Figure(IV.5): Variation de la teneur du propane dans le gaz sec en fonction de la température du fond de Dééthaniseur.

### Interprétation de la courbe :

- D'après cette courbe on remarque que l'évolution de la température du fond de la colonne dééthaniseur influe proportionnellement sur la teneur de propane dans le gaz sec.
- Comme cette teneur doit ne pas dépasser la valeur de 0,43 %, donc la  $T_{\text{fondmaximale}}$  de cette colonne ne doit pas dépasser 93.2°C.
- L'augmentation de la température de ballon du reflux pour enrichir la tête de la colonne en éléments de propane, ce qui demande un refroidissement supplémentaires pour condenser ces derniers.

**CONCLUSION GÉNÉRALE**

**ET**

**RECOMMANDATION**

## CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATION

---

### ▪ Conclusion générale:

Suite aux différents résultats donnés par le diagnostic de dééthaniseur qui est basé sur l'étude du comportement de cette dernière vis - à - vis des paramètres d'exploitation et Les spécifications des produits obtenus, nous pouvons déduire que :

- La nature de la charge actuelle et les spécifications requises des produits finis définissent le choix des paramètres de fonctionnement optimal des équipements.
- La variation de la composition du gaz brut ainsi que pression à l'entrée du module, influent directement sur les paramètres d'exploitation des différents équipements composants le procédé de traitement.
- L'augmentation de la température de ballon du reflux enrichie la tête de la colonne en éléments de propane, ce qui demande un refroidissement supplémentaire pour condenser ces derniers.
- L'augmentation de la température des deux charges froide et chaude de la colonne dééthaniseur permet d'augmenter la température au sommet et réduire celle du Fond, tout en conservant le gradient de température et la qualité des produits finis.

### • **Recommandations :**

- Remédier à augmenter la température du ballon de reflux en cas de présence d'une quantité indésirable d'éléments lourd (C<sub>3</sub>) , et cela réalisable qui contrôle la température et le niveau de ballon de reflux .
- Le maintien de rythme de production actuel par le mise en œuvre et le démarrage à court terme d'une unité de **BOOSTING**, C.-à-d.une unité de séparation sur champ et de compression des gaz en amont du complexe de traitement du gaz pour faire face à la déplétion du gisement.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## Bibliographie :

- [1] : Mémoire fin de formation préparé par SAADA TAREK AMIR. Thème : «étude d'optimisation des paramètres de récupération de GPL de la colonne dééthaniseur de l'unité CPF de GASSI TOUIL » :année (2018) ,pages 1.
- [2] : «Natural gas explained», [www.eia.gov](http://www.eia.gov), Retrieved ,année:(2021). Edited.
- [ 3] : Processes , Hydrocarbon Processing, schematic flow diagrams and descriptions of the Nitrogen Rejection and Nitrogen Removal processes année:(2002),pages 84-86.
- [4] : Kiley Mitchell « Types d'énergie au gaz naturel » , [www.sciencing.com](http://www.sciencing.com), récupéré, année:(2021). Édité.
- [5] : « Une brève histoire du gaz naturel », [www.apga.org](http://www.apga.org), récupéré année:(2021). Édité.
- [6] : « D'où vient le gaz naturel »?, [www.naturalgassolution.org](http://www.naturalgassolution.org), récupéré anèe:(2021). Édité.
- [7] : « Gaz naturel», [www.nationalgeographic.org](http://www.nationalgeographic.org), récupéré, année:(2021).
- [8] : «Uses of Natural gaz»,[www.Ucsusa.org](http://www.Ucsusa.org) .Retrived année(2018).
- [9] :«NaturalGazintheTransportationSector»,[www.gas.org](http://www.gas.org),Retrieved.Edite.année:(2018).
- [10] : «Uses in industry»[www.naturlgas.org](http://www.naturlgas.org) ,Retrieved.Edited,année:(2013).
- [11] : Mémoire fin de formation préparé par Mr .cheblilide et abbassiyousef, thème: «calcul des paramétré de fonctionnement du dépropaniseur ( untel (38): traitement de GPL) ; module III à hassi r'mel »,année: (2012).
- [12] : Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCHEF Boudjemaa, thème : «Optimisation des paramètres de fonctionnement de débutaniseur GPL» :année (2019),pages11.
- [13] : Processes , Hydrocarbon Processing, thème: «schematic flow diagrams and descriptions of the Nitrogen Rejection and Nitrogen Removal processes» annee:( 2002), pages 84-86.

[14] : Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCHEF Boudjemaa, thème : «Optimisation des paramètres de fonctionnement de débutaniseur GPL» :année (2019),pages04.

[15] : «Régie par la norme » d'ANSI/ASHRAE,année:(1992).

[16] : «METHANE» archive, fiche (s) de sécurité du Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques [archive], consultée(s)année: (2009).

[17] : Entrée « Méthane »dans la base de données de produits chimiques GESTIS de la IFA (organisme allemand responsable de la sécurité et de la santé au travail) (allemand, anglais), année:( 2009) .

[18] : «METHANE» archive, sur Hazardous Substances Data Bank .

[19] : en IwonaOwczarek et KrystynaBlazej, « Recommended Critical Pressures. Part I. Aliphatic Hydrocarbons» , Journal of Physical and Chemical Reference Data, vol. 35, no année:(2006),page 1461.

[20] : en IwonaOwczarek et KrystynaBlazej, « Recommended Critical Temperatures. Part I. Aliphatic Hydrocarbons », J. Phys. Chem. Ref. Data, vol. année:(2003), pages.1411.

[21] : «Brève d'Actualité Pour la science», no année:(2011), pages7.

[22] : «International Union of Pure and Applied Chemistry Nomenclature of Organic Chemistry»,IUPAC Recommendations and Preferred The Royal Society of Chemistry.année:(2013) pages. 133.

[23] : Entrée « Ethane » dans la base de données de produits chimiques GESTIS de la IFA (organisme allemand responsable de la sécurité et de la santé au travail) (allemand, anglais), année:(2019).

[24] : « ETHANE » archive, sur Hazardous Substances Data Bank ,année:( 2009).

[25] : en James E. Mark, « Physical Properties of Polymer Handbook » , année:( 2007), pages.1076.



- [26] : en « Ethane » archive, sur NIST/WebBook archive, consulté année:(2010).
- [27] : Karl Griesbaum, Arno Behr, Dieter Biedenkapp, Heinz-Werner Vosges, Dorothea Garbe, Christian Paetz, Gerd Collin, Dieter Mayer, HartmutHöke, « Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry», Hydrocarbons, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co,année:(2000).
- [28] : Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCHEF Boudjemaa, thème : «Vérification des paramètres de fonctionnement du sécheur de gaz lourd au niveau de ROURDE NOUSS »,année( 2014), Page(20).
- [29] : «Comité français du et propane» archive année:(2006).
- [30] : Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCHEF Boudjemaa, thème : «Optimisation des paramètres de fonctionnement de débutaniseur GPL» ,année :(2019). Pages 20.
- [31] : Mémoire fin de formation préparé par Mr .cheblilide et abbassyousef, thème: «calcul des paramétré de fonctionnement du dépropaniseur ( untel (38): traitement de GPL) ; module III à hassi r'mel »:anne 2012.page21.
- [32] : CGES Center for global energy studies, What are OPEC NGLs? CGES archive « Copie archivée », d'après Global Oil Insight, consulté, année:(2012).
- [33] : Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCHEF Boudjemaa, thème : «Vérification des paramètres de fonctionnement du sécheur de gaz lourd au niveau de ROURDE NOUSS» année (2014).pages 22.
- [34] : «Résumé des journées scientifique et techniques» . Alger.année(1998).
- [35] : Mémoire fin de formation préparé par Mr .cheblilide et abbassyousef, thème: «calcul des paramétré de fonctionnement du dépropaniseur ( untel (38): traitement de GPL) ; module III à hassi r'mel » :année :(2012).page25,26,29,30,34
- [36] : P.WUITHIER «Le pétrole, raffinage et génie chimique 2» ; Edition Technip-Paris ;année:( 1972).page35.

[37] : Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER Prepare par : Mr.SEROUTI Younes et Mr.LAGGOUN Ahmed. Thème : «Dimensionnement du débutaniseur afin de maximiser la récupération de C5+,Université d'El Oued». Année : (2014).

[38] : Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCEF Boudjema, thème : «Optimisation des paramètres de fonctionnement de débutaniseur GPL» année(2019).pages56.

[39] : Mémoire fin de formation préparé parDJEBBARI Abdel basset, thème: «SIMULATION D'UNE UNITÉ DEPRODUCTION DE MÉTHANOL A L'AIDE DEL'ASPEN PLUS-HYSYS».année:(2014).page 18.

[40] : IOTHMANI ; « Optimisation des paramètres de fonctionnement du turbo-expander» ; Mémoire de fin d'étude université de BOUMERDES ;année :(2007).

[41] : Mémoire fin de formation préparé parDJEBBARI Abdel basset, thème: « SIMULATION D'UNE UNITÉ DEPRODUCTION DE MÉTHANOL A L'AIDE DEL'ASPEN PLUS-HYSYS».année:(2014).pages.24.26.28.

[42] : UNIVERSITE HAMMALAKHDAR ELOUEDMémoire présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER, préparé par : Mr.Baci Abderrahmane. Thème : Optimisation des paramètres de fonctionnement des deux colonne (dééthaniseur et débutaniseur) pouraméliorer la quantité et la qualité du condensât et deGPL.Année Universitaire : 2015/2016.

## Résumé:

Lors de la séparation des composants du gaz naturel et l'étude du comportement de la colonne dééthaniseur vis - à - vis des paramètres d'exploitation et les spécifications des produits obtenus, nous avons remarqué qu'il y a un entrainement assez important du propane  $C_3H_6$  au sommet de la colonne dééthaniseur.

Dans la présente étude, nous avons utilisé le simulateur HYSYS pour trouver les paramètres optimum de la section fractionnement. afin d'améliorer la production. Les résultats obtenus montrent la possibilité d'améliorer la production tout en ajustant les températures de fond des colonnes de fractionnement, qui ne doit pas dépasser  $93,2\text{ }^\circ\text{C}$ .

**Mots Clés:** Paramètres de fonctionnement, Optimiser, Colonne DEETHANISEUR, Simulation, GPL.

## المخلص :

أثناء فصل مكونات الغاز الطبيعي ودراسة سلوك عمود مزيل الإيثان فيما يتعلق بعوامل التشغيل ومواصفات المنتجات التي تم الحصول عليها، لاحظنا زيادة كبيرة في كمية البروبان  $C_3H_6$  على مستوى الجزء العلوي من عمود مزيل الإيثان.

في هذه الدراسة، استخدمنا محاكي HYSYS للعثور على العوامل المثلى لتحسين الإنتاج والحصول على مركبات نهائية وفق المقاييس العالمية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها إمكانية تحسين الإنتاج مع ضبط درجات الحرارة السفلية لعمود التشغيل والتي يجب ألا تتجاوز  $93.2$  درجة مئوية.

**الكلمات المفتاحية:** اعدادات التشغيل، تحسين، المحاكاة، برج التقطير، DEETHANISEUR، غاز البترول المميع.

## ABSTRACT:

During the separation of natural gas and the study of the behavior of the deethanizer column with respect to the operating parameters and the specifications of the products obtained, we noticed that there is a fairly significant entrainment of propane  $C_3H_6$  at the top of the deethanizer column.

In this study, we used the HYSYS simulator to find the optimum parameters of the fractionation section to improve production. The results show the potential to improve production while adjusting the bottom temperatures fractionators. , which should not exceed  $93.2\text{ }^\circ\text{C}$ .

**Key words:** Operating parameters, Optimize, Simulation, DEETHANIZER column, LPG.