



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



N°d'ordre : M ..... /GPM/2019

## MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

### MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Option : GENIE CHIMIQUE

#### Intitulé du sujet

*Optimisation du débit de reflux du fractionnateur de la section  
de séparation au niveau du complexe GP1Z*

Présentée par :

- HAMIDA Khadouma
- OULD TATA Chaimaa

Soutenue le : 24/06/2019

devant le jury composé de :

Président :	Mme MELLOUK Senia	Grade : MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	Mme BOUBEGRA Naima	Grade : MCA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Mme BOULAKOUD Manel	Grade : MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019



# Remerciement

*Tout d'abord, Nous tenons à remercier notre Dieu tout puissant de nous avoir donné la patience et le courage pour réaliser ce travail avec succès.*

*Nos grands remerciements à notre encadreur madame **Boulakoud manel** pour sa participation et ses conseils prodiges à la réalisation de ce travail,*

*Nous remercions également les membres du jury Mr **MELOUK Senia** et **BOUBEGRA Naima** qui nous ferons l'honneur de juger notre travail.*

*Merci à tous les employés du complexe GP1/Z, les ingénieurs et les opérateurs qui nous ont bien accueilli et bien aidé lors de notre stage.*

*En fin Nous adressons aussi un très grand remerciement à tous nos enseignants qui ont contribué de près ou de loin à notre étude*

# *Sommaire*

## **Abréviation**

## **Liste des figures**

## **Liste des tableaux**

## **Introduction générale** 01

## **Chapitre I: Présentation du complexe GP1/Z**

I.1.Introduction 03

I.2. Situation 03

I.3. Capacité 03

I.4. Organisation du complexe 03

I.5. Principales installations 04

I.6.Alimentation de l'usine 05

I.7.Les utilités 05

I.8.Description du procédé de fabrication 06

I.8.1.Introduction 06

I.8.2 Section déshydratation 06

I.8.3. Section séparation 07

I.8.4. Section réfrigération 08

I.8.5. Section d'huile chaude 09

I.9.Zone stockage de produits finis 09

I.10.Zone de chargement des produits finaux 10

I.10.1.Chargement par navires 10

I.10.2.Chargement par camion citerne sous pression 11

I.11. Section BOG (Boil- Off- Gas) 11

## **Chapitre II: Description de la section de separation**

II.1 Introduction 12

II.2.Fractionnateur 12

II.2.1.Colonne à plateaux 12

II.3.description de la séparation 13

II.4.Dé-éthaniseur 14

II.5. Dépentaniseur	15
---------------------	----

## **Chapitre III : Partie simulation**

<b>Problématique</b>	16
----------------------	----

III. Introduction	17
-------------------	----

III.1. Généralités sur la simulation	17
--------------------------------------	----

III.1.1. définition de la simulation	17
--------------------------------------	----

III.1.2. Intérêt de l'utilisation de la simulation	17
--	----

III.2. Présentation du logiciel « HYSYS	18
---	----

III.3. Modèle mathématique	18
----------------------------	----

III.4. Etablissement du schéma du procédé (PFD)	19
---	----

III.4.1 Méthode suivie	19
------------------------	----

III.5. Vérification des performances du logiciel HYSYS	20
--	----

III.5.1. Paramètres de service	20
--------------------------------	----

III.5.2. Les résultats de simulation	21
--------------------------------------	----

III.6. Vérification du cas actuel	22
-----------------------------------	----

III.6.1. Paramètres du cas actuel	22
-----------------------------------	----

III.6.2 Les résultats de la simulation	23
--	----

III.7. Optimisation du taux de reflux	25
---------------------------------------	----

III.7.1 L'influence du taux de reflux sur le distillat et résidu	29
--	----

III.7.2. L'influence du taux de charge sur la consommation d'énergie à reflux fixe	30
--	----

III.7.2.1 L'énergie consommée au niveau de l'aérocondenseur	30
---	----

III.7.2.2 L'énergie consommée au niveau du rebouilleur	31
--	----

III.7.2.3 Nombre d'aérocondenseurs en service	32
---	----

III.7.3. L'influence du taux de charge sur la consommation d'énergie à reflux optimisé	33
--	----

III.7.3.1 L'énergie consommée au niveau d'aérocondenseurs	33
---	----

III.7.3.2 L'énergie consommée au niveau du rebouilleur	34
--	----

III.7.3.3 Nombre d'aérocondenseurs en service à débit de reflux optimisé	35
--	----

III.8 Comparaison entre l'énergie consommée au niveau de l'aéros à reflux fixe et celle consommée à reflux optimisé	36
---	----

III.9 Comparaison entre l'énergie consommée au niveau de rebouilleur à reflux fixe et celle consommée à reflux optimisé	37
---	----

## **Chapitre IV : Calculs de gain énergétique**

IV.1 Introduction	38
-------------------	----

IV.2 Calcul du gain d'énergie	38
IV.2.1 Le gain énergétique dans les aérocondenseurs	38
IV.2.2. Le gain de nombre aérocondenseurs	39
IV.2.3 Gain énergétique dans le rebouilleur	40
<b>Conclusion et Recommandation</b>	42
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexes</b>	

# ***Abréviation***

**SONATRACH** : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le **T**ransport, la Transformation, et la Commercialisation des **H**ydrocarbures

**GP1/Z** : Complexe de séparation du gaz pétrolier liquéfié (Béthioua).

**GPL** : gaz pétroliers liquéfié.

**GNL** : Gaz naturel liquéfié.

**GN** : Gaz Naturel.

**TFT** : Tinfouye Taban Kort.

**RTO** : Région Transport Ouest.

**PPM** : Partie Par Million.

**V-N101** : Fractionnateur De Train N°100.

**E-N004** : Préchauffeurs N°1.

**E-N005** : Préchauffeurs N°2.

**E-N013** : Préchauffeurs N°3.

**E-N002** : Aéro-condenseurs.

**P-N002** : Pompe de Reflux A/B.

**V-N003** : la vanne N°3.

**E-N011** : aérorefrigerants.

**E-X027** : aéro-réfrigérant.

**BP** : Basse Pression.

**MP** : Moyenne Pression.

**HP** : Haut Pression.

**H-X501** : Le four.

**D1** : jetée concernant les petits navires.

**M6** : jetée concernant les grands navires.

**BOG** : Boil- Off- Gas.

**LCR** : Local Control Room.

**JCR** : Jetty Control Room.

**E-N003** : Rebouilleurs A/B.

**V-N102** : le dé-éthaniseur.

**NGPA** : Natural Gas Processing Association (mondiale).

**NGP1/Z** : Natural Gas Processing Association (pour complexe GP1/Z)

**PR** : Peng – Robinson.

**PFD** : Process Flow Diagram.

**T (C°)** : Température en degré celsius.

**P** : Pression.

**Q<sub>c</sub>** : quantité de chaleur de condenseur.

**Q<sub>reb</sub>** : quantité de chaleur de rebouilleur.

**N<sub>aéro</sub>** : le nombre d'aéros.

**F** : le débit d'aspiration de la pompe.

**D** : débit volumique de distillat.

**R** : débit volumique de reflux.

**W** : Débit de Résidu.

**L** : débit volumique d'alimentation.

**N<sub>avant</sub>** : nombre d'aéro avant l'optimisation.

**N<sub>après</sub>** : nombre d'aéro après l'optimisation.

# *Liste des figures*

<b>Figure I.1</b> organigramme du complexe	04
<b>Figure I.2</b> colonnes d'adsorption à tamis moléculaires	07
<b>Figure I.3</b> colonne de séparation (Fractionnateur)	08
<b>Figure I.4</b> Les équipements de la section de réfrigération	09
<b>Figure I.6</b> Sphères de stockage	10
<b>Figure I.7</b> bacs de stockage	10
<b>Figure.II.1.</b> Colonne à plateaux	13
<b>Figure.II.2</b> schéma représentatif du Fractionnateur	14
<b>Figure II.3.</b> Schéma représentatif du Dééthaniseur	14
<b>Figure II.4</b> schéma représentatif du Dépetaniseur	15
<b>Figure III.1.</b> Choix du modèle thermodynamique (Peng-Robinson)	19
<b>Figure III.2</b> Schéma représentatif de la simulation de la colonne de fractionnement	19
<b>Figure III.3</b> Débits de distillat et de résidu en fonction de l'alimentation	30
<b>Figure III.4</b> Variation de l'énergie d'aéros à reflux constant	31
<b>Figure III.5</b> Variation de l'énergie de rebouilleur à reflux constant	32
<b>Figure.III.6</b> Variation de l'énergie d'aéros à reflux optimisé	34
<b>Figure.III.7</b> Variation de l'énergie d'aéros à reflux optimisé	35
<b>Figure.III.8</b> Variation de l'énergie d'aéros en fonction de la charge	36
<b>Figure.III.9</b> Variation de l'énergie de rebouilleur en fonction de la charge	37
<b>Figure IV.1</b> l'énergie consommée au niveau des aérocondenseurs dans le cas actuel et optimisée et leur gain en fonction de taux de charge	39
<b>Figure IV.2</b> l'énergie consommée au niveau de rebouilleur dans le cas actuel et optimisée et leur gain en fonction de taux de charge	41

# *Liste des tableaux*

<b>Tableau III.1</b> Paramètres de design	20
<b>Tableau III.2</b> Résultats de simulation	21
<b>Tableau III.3</b> calcul des erreurs en pourcentage du distillat dans le cas design et design simulé	21
<b>Tableau III.4</b> calcul des erreurs en pourcentage du résidu dans le cas design et design simulé	22
<b>Tableau III.5</b> Paramètres de service	23
<b>Tableau III.6</b> Résultats de simulation	23
<b>Tableau III.7</b> calcul des erreurs en pourcentage du distillat dans le cas Actuel et Actuel simulé	24
<b>Tableau III.8</b> calcul des erreurs en pourcentage du résidu dans le cas actuel et actuel simulé	24
<b>Tableau.III.9</b> Les normes de NGPA	26
<b>Tableau.III.10</b> Les normes de NGP <sub>1</sub> /Z	26
<b>Tableau III.11</b> Optimisation de débit de reflux a 180m <sup>3</sup> /h	27
<b>Tableau III.12</b> Optimisation de débit de reflux a 210m <sup>3</sup> /h	27
<b>Tableau III.13</b> Optimisation de débit de reflux a 240m <sup>3</sup> /h	28
<b>Tableau III.14</b> Optimisation de débit de reflux a 264m <sup>3</sup> /h	28
<b>Tableau III.15</b> Optimisation de débit de reflux a 288m <sup>3</sup> /h	29
<b>Tableau III.16</b> Optimisation de débit de reflux a 336m <sup>3</sup> /h	29
<b>Tableau III.17</b> Débits de distillat et de résidu calculés par le logiciel HYSYS	30
<b>Tableau III.18</b> Energies d'aéroréfrigérant consommées à débit de reflux constant	31
<b>Tableau III.19</b> Energies consommées au niveau du rebouilleur à débit de reflux constant	32
<b>Tableau.III.20</b> Nombre d'aéros pour débit de reflux contant (400 m <sup>3</sup> /h)	33
<b>Tableau III.21</b> Energies d'aéroréfrigérant consommées à débit de reflux optimisé	33
<b>Tableau IV.22</b> Energies de rebouilleur consommées à débit de reflux optimisé	34
<b>Tableau IV.23</b> Nombre d'aéros à débit de reflux optimisé	35
<b>Tableau.III.24</b> Comparaison entre l'énergie actuelle et optimise	36
<b>Tableau.III.25</b> comparaison entre l'énergie de rebouilleur pour le cas actuel et optimisé	37
<b>Tableau IV.1</b> Gain énergétique dans les aérocondenseurs	38
<b>Tableau IV.2</b> calcule de nombre d'aérocondenseur gagné	40
<b>Tableau IV.3</b> Gain énergétique dans les rebouilleurs	40

The background features a white page with three large, overlapping blue circles of varying sizes. Each circle is composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect. Two thin, light blue lines intersect at the top left corner, forming a large 'V' shape that frames the central text.

***Introduction  
Générale***

# Introduction générale

---

## **Introduction:**

Vu la richesse de l'Algérie en gaz et en pétrole, l'économie nationale se base essentiellement sur l'industrie des hydrocarbures. Cette industrie nécessite l'implantation de diverses unités de traitement avec l'installation d'équipements coûteux. Dans ces conditions, les progrès techniques permettant de réduire ces coûts devraient jouer dans l'avenir un rôle majeur dans le développement du commerce international des combustibles.

De nos jours, la consommation du gaz de pétrole liquéfié (GPL) augmente de manière significative, ce dernier représente une source importante d'énergie considérant son bas taux de pollution comparé à celui des autres combustibles classiques. Il peut être facilement condensé, stocké et utilisé, ce qui fait de lui une énergie idéale pour une large gamme d'applications.

Les substances existent en général sous forme de mélanges parfois très complexes, les hydrocarbures extraits par forage sont des mélanges composés de plusieurs constituants. Ces derniers ne présentent pas d'intérêt industriel et économique sous forme de mélange. Afin de mieux les utiliser, on sépare les composants du mélange si riche en énergie tout en contrôlant cette séparation pour obtenir les proportions désirées.

Notre projet de fin d'étude a été réalisé au niveau de complexe GP1/Z dénommé Jumbo ce dernier a été construit pour le traitement du GPL brut en provenance des différents champs situés au Sud Algérien afin de produire du propane et du butane destinés pour la consommation local et l'exportation.

L'objectif de notre travail qui s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'étude qui consiste à l'optimisation du débit de reflux du fractionnateur de la section de séparation, car une consommation excessive d'énergie à été observée au niveau de cette dernière.

Nous devons essayer de trouver les sources de ce problème, de trouver les causes et de rechercher les solutions, en dehors de toute perturbation du fonctionnement normal du complexe d'une part, et d'investissement d'autre part.

Notre démarche de travail comprend deux parties :

La première partie porte sur une présentation du complexe GP1Z et des généralités sur les GPL, suivi par une description du procédé de séparation du GPL, et enfin des généralités sur les colonnes de distillation.

La seconde partie est consacrée à l'étude pratique basée sur la simulation de

# Introduction générale

---

différents cas, avec une comparaison, interprétation des résultats, et calcul du gain énergétiques dans les aérocondenseurs et les rebouilleurs.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion dans laquelle les résultats trouvés sont récapitulés, suivie de quelques recommandations.

The background features three large, overlapping blue circles of varying sizes, each with a lighter blue ring around its center. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the text.

# *Chapitre I*

*Présentation du complexe  
GP1/Z et Description des  
procédés*

### **I.1.Introduction :**

Le complexe GP1/Z de l'entreprise nationale SONATRACH dénommé (jumbo GPL) pour ses grandes capacités et le dernier-né des ensembles industriels de la zone d'ARZEW.

Construit avec le consortium japonais IHI-C-HTOH, dans le cadre d'un contrat clé en main, le complexe à été réceptionné le 02-09-1984.

Le complexe GP1/Z conçu dans le but de traiter le mélange brut de GPL venant de plusieurs sources du sud algérien, et de produire du propane et du butane comme produits finis pour les commercialisés, soit par navires ou par camions citernes. La capacité annuelle de la production de quatre trains de l'usine est de 4 millions tonnes par an.

Durant l'année 1998, le complexe à vue sa production augmenter à 6 millions de tonnes Par ans avec l'extension de sa première phase en construisant deux autres trains par le même constructeur.

Actuellement la production du complexe GP1/Z à été produit 10.2 millions de tonnes par an grâce à la performance de ces capacités.

Durant l'année 2010, le complexe à vu sa production augmenter avec la réception de sa troisième phase de 3 trains par le même constructeur. [1]

### **I.2.Situation:**

D'une superficie de 120hectares, le complexe GP1.Z est situe dans la zone industrielle d'ARZEW, entre la centrale thermique (MERS EL HADJAJ) à l'EST et le complexe GNL.Z à l'OUEST, entre la mer méditerranée et la route nationale N°1.1 [9]

### **I.3.Capacité:**

A partir d'un traitement du GPL brut Algérien en provenance des champs gaziers et pétroliers du sud, la production du complexe est de 10.800.000 tonne/an de GPL : propane, butane commerciaux et pentane.

### **I.4.Organisation du complexe:**

L'organisation du complexe GP1/Z est étudiée de façon à avoir une coordination complète entre les différentes structures de l'usine afin de permettre une exploitation optimale des ressources disponibles. Le suivi est assuré par quatre équipes dont une au repos ainsi que par le personnel de maintien travaillant en journées normales.

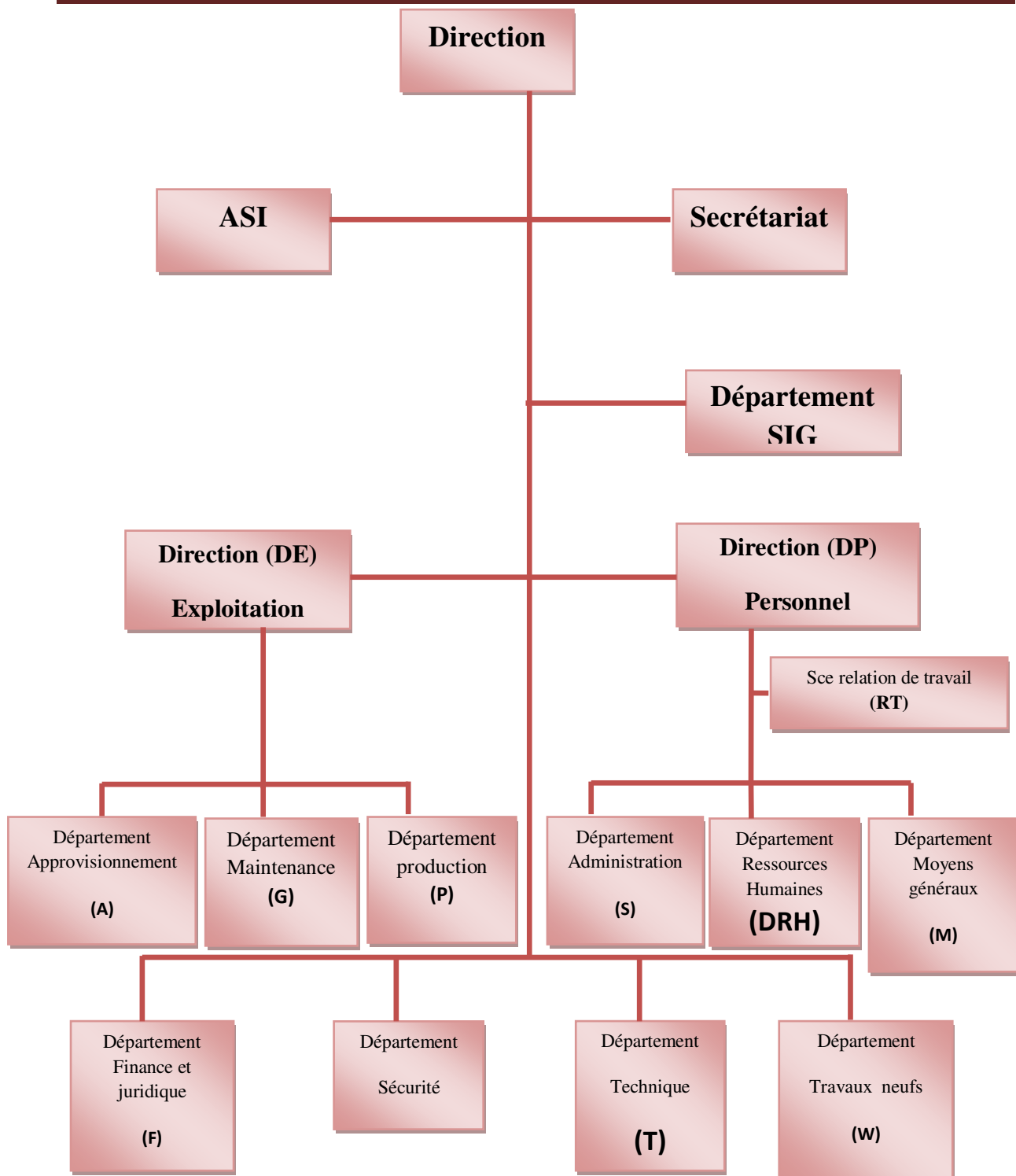


Figure I.1: organigramme du complexe [9]

### I.5.Principales installations:

- 22 Sphères de stockage de la charge d'alimentation de 1100 m<sup>3</sup> chacune.
- 09 Trains de traitement du GPL.
- 02 Unités de reliqufaction du gaz évaporé.
- 04 Bacs de stockage de propane basse température de 70000 m<sup>3</sup> chacun.

## Chapitre I : *Présentation du complexe GP1/Z et Description des procédés*

- 04 Bacs de stockage de butane basse température de 70000 m<sup>3</sup> chacun.
- 04 Sphères de stockage de produits à température ambiante (propane et Butane) de 500 m<sup>3</sup> chacune.
- 01 Sphère de stockage gazoline.
- 04 Salles de contrôle.
- 01 Sous-station électrique alimentée par la SONELGAZ.
- 04 Générateurs assurant l'énergie électrique de secours du complexe en cas de coupure de courant.
- 02 Quais de chargement pouvant recevoir des navires d'une capacité variante entre 4000 et 10000 tonnes.
- Une rampe de chargement de camions.
- Une station de pompage d'eau de mer pour le réseau d'incendie.
- Un système de télésurveillance. [9]

### **I.6. Alimentation de l'usine:**

#### ○ **Les sources d'alimentation:**

L'usine reçoit son alimentation de GPL des sources suivantes : Hassi Messaoud, Hassi R'mel, In amenas, Tinfouye Taban Kort (TFT), Rhourde Nouss, Gassi Touil

### **I.7. Les utilités:**

Elle alimente les divers zones de production en :

- Fuel (gaz naturel) : utilisé comme combustible.
- Air : elle est divisée en deux :
  - ✓ Air instrument : C'est de l'air séché après enlèvement de l'humidité, cet air aide pour ouvrir les vannes et la manipulation des boucles de régulation (vanne pneumatique).
  - ✓ Air service : C'est du l'air qui sert pour le nettoyage et l'entretien.
- Vapeur : On utilise le dessaleur pour avoir l'eau distillée et à partir de la chaudière on produit de la vapeur.
- Eau :
  - ✓ L'eau distillée.
  - ✓ L'eau de refroidissement.
  - ✓ L'eau potable.

- Méthanol : Il est utilisé pour le dégivrage.
- Gasoil : Il est utilisé pour les générateurs de secours.
- Azote : il est utilisé pour l'inertie des équipements, il y'a deux circuits :
  - ✓ Circuit Gazeux (HELIOS) ;
  - ✓ Circuit l'azote liquide : On le transforme en vapeur pour l'inertage des équipements suivants :
    - Un générateur électrique de secours d'une capacité de 25.617 KW.
    - Un système de sécurité vide-vite (Blow-down).
    - Les torches : Trois hautes pressions et deux basses pressions servent à brûler la quantité de gaz provoquée par un dysfonctionnement des trains. [5]

### **I.8.Description du procédé de fabrication :**

#### **I.8.1.Introduction :**

La charge G.P.L représente l'alimentation principale des trains et provient directement de (R.T.O). Elle est stockée au niveau de 22 réservoirs sphériques d'une capacité unitaire 1100m<sup>3</sup>. Ces derniers sont devisés en 5 blocs et chaque bloc contient 4 sphères dans la phase I et II et pour la phase III il y a 6 sphères, 3 blocs alimentent les trains de la phase (I) et un bloc pour la phase (II) et l'autre groupe pour la phase (III). Le G.P.L est acheminé vers les trains à une pression 30kg/cm<sup>2</sup>. En passant par le collecteur commun pour que chaque train prélève son débit de traitement nécessaire a l'aide de contrôleur de débit. Une fois le GPL introduit dans le train, il doit passer à travers 3 sections. [5]

#### **I.8.2 Section de déshydratation:**

Le but de cette section est de réduire la teneur en eau de 100 ppm à 5 ppm dans le déshydrateur de charge et de 5 ppm à environ 1 ppm dans le déshydrateur de garde (dans la section réfrigération) et cela pour éviter la formation du givre dans les équipements.

Cette section comprend trois colonnes d'adsorption à tamis moléculaires, à tout instant on a une colonne en service (en adsorption), l'autre en régénération et la dernière en attente. Le GPL passe dans le sécheur du bas vers le haut, l'humidité est extraite lors du passage du GPL à travers les tamis moléculaires pendant 36 heures, une fois cette durée est dépassée le sécheur passe automatiquement en régénération. [6]



**Figure. I.2.** colonnes d'adsorption à tamis moléculaires

### **I.8.3. Section de séparation:**

C'est la section qui assure la séparation du GPL en deux produits finis, propane et butane en plus de très faibles quantités d'éthane et de pentane.

Le GPL déshydraté avant de passer au splitter, il doit être porté à sa température d'ébullition (71°C), en passant à travers trois préchauffeurs, le premier est chauffé par le produit de fond du dé-éthaniseur, le second par les produits de fond la colonne de distillation et le dernier par l'huile chaude provenant du four. Le GPL ainsi préchauffé à 71°C passe directement dans le splitter (plateaux à clapets) où il est séparé en (propane + éthane) en tête de colonne et en (butane + pentane) au fond de la colonne.

Les produits de tête de colonne sont condensés et récupérés au niveau du ballon de reflux.

Le pentane recueilli du fond du dépentaniseur sera refroidi par aéro-réfrigérant, et envoyé vers le stockage ambiant. [10]



**Figure I.3:** colonne de séparation (Fractionnateur)

### **I.8.4. Section de réfrigération:**

Cette section reçoit le propane et le butane de la section séparation, les réfrigère jusqu'aux basses températures correspondantes aux points de saturation liquide au voisinage de la pression atmosphérique ( $-38 \sim -42^{\circ}\text{C}$  pour le propane et  $-8 \sim -10^{\circ}\text{C}$  pour le butane). Les produits passent par un deuxième déshydrateur appelé déshydrateur de garde, qui réduit la teneur en eau de 5 ppm à 1 ppm, ensuite réfrigérés par trois (03) échangeurs suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération, le fluide utilisé comme réfrigérant est le propane pur. Ce dernier est évaporé dans les échangeurs de chaleur. Cette évaporation provoque l'abaissement de température du produit à réfrigérer

Les vapeurs résultantes de l'évaporation du propane réfrigérant dans les stillers et les condenseurs de têtes du dé-éthaniseur sont collectées dans les trois ballons d'aspiration HP, MP et BP pour être aspirées par le compresseur centrifuge entraîné par une turbine à gaz dans la phase I et par un moteur électrique dans la phase II et phase III, puis elles sont condensées dans les condenseurs de type aéro-réfrigérant (E-X027).[6]

Les produits finis sont ensuite canalisés vers les bacs de stockage.[6]



**Figure I.4** Les équipements de la section de réfrigération

### **I.8.5. Section d'huile chaude:**

La section du fluide caloporteur est utilisée comme source de chaleur pour les rebouilleurs des colonnes de fractionnement et pour le préchauffeur final de la charge.

Le fluide caloporteur circulant dans la boucle est l'huile TORADA TC 32.

La température du fluide caloporteur à la sortie du four représente la température d'entrée pour chaque utilisation, est maintenue à 180°C.

Le four (H-N501) fournit également la chaleur nécessaire au gaz naturel pour la régénération des tamis moléculaire de la section déshydratation tout en chauffant ce dernier dans un petit serpentin par convection à une température constante de 280°C à un débit de 2000 m<sup>3</sup>/h. [6]

### **I.9.Zone stockage de produits finis :**

Cette zone assure la manutention des produits commerciaux; on distingue deux types de stockage de produits finis :

#### **➤ Stockage à température ambiante:**

Prévu pour la commercialisation du gaz à l'échelle nationale ; le chargement camions se fait à partir des 4 sphères ayant une capacité de 500 m<sup>3</sup> chacune dans lesquelles sont stockés le propane et le butane sous pression. [8]



Figure I.5 Sphères de stockage

➤ **Stockage à basses températures:**

Les gaz réfrigérés sont véhiculés aux bacs où ils seront stockés dans les conditions de basse température sachant que la capacité de chacun est 70.000 m<sup>3</sup> et sont munis de pompes immergées pour la circulation du gaz et le chargement navires. [8]



Figure I.6 bacs de stockage

**I.10.Zone de chargement des produits finaux:**

**I.10.1.Chargement par navires :**

L'usine dispose de deux jetées D1 et M6, pour le chargement des bateaux à basse température ayant une capacité de :

10.000 m<sup>3</sup>/h pour M6.

4.000 m<sup>3</sup>/h pour D1.

D1 : concernant les petits navires.

M6 : concernant les grands navires.

### **I.10.2.Chargement par camion citerne sous pression :**

Les installations de chargement par camion sont conçues de manière à permettre le chargement simultané du propane et du butane.

### **I.11. Section BOG (Boil- Off- Gas)**

La section de reliquéfaction des vapeurs (BOG), a pour but le contrôle de la pression dans les réservoirs de stockage à basse température, aussi bien pendant le stockage que pendant les opérations de chargement les vapeurs excédentaires récupérées sont comprimées pour qu'elle puissent être reliquéfiées sous forme de condensats réfrigérés aux réservoirs à basse température, le contrôle est assuré par deux salles :

- **LCR (Local Control Room) :** s'occupe de la gestion des opérations de stockage des produits finis, section récupération BOG (gaz évaporé).
- **JCR (Jetty Control Room) :** s'occupe de la supervision des opérations de chargement par navire. [8]

The background features three large, overlapping blue circles of varying sizes, each with a gradient from light to dark blue. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the central text.

# *Chapitre II*

*Description de la section de  
séparation*

## *Chapitre II : Description de la section de séparation*

---

### **II.1 Introduction**

Etant donné l'importance de la section séparation du GPL dans le présent travail, nous avons jugé utile de procéder à une description détaillée de cette section.

Après son entrée dans un train de fonctionnement, le GPL brut est d'abord déshydraté dans la section de déshydratation de la charge ; la teneur en eau à la sortie de l'unité étant fixée à 5ppm au maximum. Le GPL entre ensuite dans la section de séparation comme alimentation du fractionnateur (V-N101).

Le GPL récupère d'abord la chaleur du propane, produit sortant du fond du dé-éthaniseur dans le préchauffeur (E-N004), ensuite il y a une autre récupération de chaleur dans le préchauffeur (E-N005 A/B/C/D), cette fois-ci sur le produit du fond de fractionnateur.

Le GPL brut est finalement amené à son point de bulle dans le préchauffeur (E-N013) à partir de l'huile chaude. [10]

### **II.2.Fractionnateur :**

C'est une colonne de fractionnement équipée de 55 plateaux à clapets. Et dans cette colonne que l'on effectue la récupération de l'Ethane et du Propane en tête, tandis que le butane et le pentane seront récupérés en fond. Le produit de tête du fractionnateur est envoyé vers le dé-éthaniseur au moyen d'une pompe de reflux qui assure en même temps la charge de dé-éthaniseur et le reflux du fractionnateur. Le butane sortant du fond est dirigé vers la section de réfrigération. [2]

Lorsque le rapport  $C_2 / (C_2 + C_3)$  est égal ou supérieur à 4,8% mole, le dééthaniseur doit être en service. De même, lorsque le rapport de  $C_5 / (C_4 + C_5)$  est égal ou supérieur à 1,75 % mole, il faut que le de-pentaniseur soit en service.[10]

#### **II.2.1.Colonnes à plateaux :**

Les colonnes à plateaux sont très utilisées dans le procédé de distillation. Elles servent à réaliser un contact entre une phase gazeuse et une phase liquide de façon à amener celles-ci le plus près possible de l'état d'équilibre. Le transfert de matière entre les phases vapeur et liquide résulte du contact directe entre ces deux phases circulant à contre-courant. Donc les plateaux sont conçus pour assurer une dispersion de la phase vapeur au sein du liquide. [3]

## Chapitre II : Description de la section de séparation

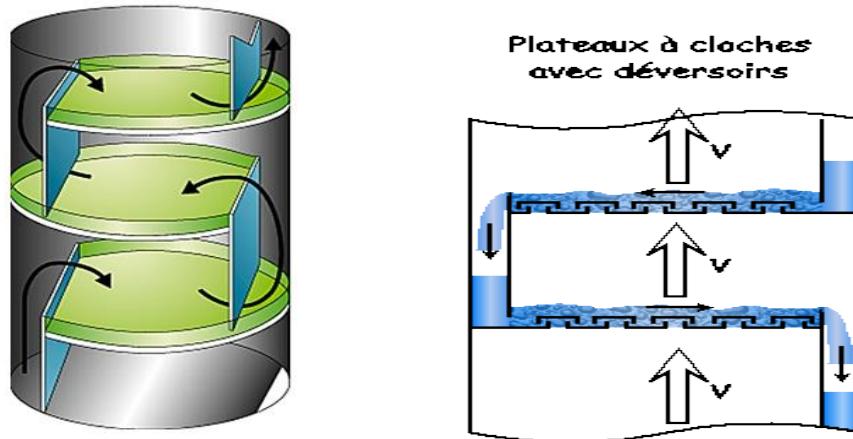


Figure.II.1. Colonne à plateaux

### II.3.Description de la séparation :

Dans le fractionnateur, le GPL brut est séparé en produit de butane au fond et de propane liquide en tête. La colonne comprend 55 plateaux à clapets.

La pression en tête du fractionnateur est maintenue constante par action de la vanne placée dans la longe des vapeurs de tête vers l'aéro-condenseur E-N002.

La pression dans le ballon de reflux est maintenue par un contrôleur de la différence de pression. La température des condensats sortant d'E-N002 est maintenue constante par le réglage du pas des pales du ventilateur.

Les vapeurs de tête du V-N101 sont complètement condensées dans E-N002. Une partie des condensats récupéré au V-N003 est repris par la pompe de reflux P-N002 et renvoyée au V-N101 comme reflux froid, sous contrôle du débit de liquide à la sortie de P-N002, à savoir le produit de tête, et l'autre partie envoyé vers dé-éthaniseur V-N102 sous contrôle du débit piloté par le contrôleur de niveau de V-N003.

Le liquide au fond du fractionnateur représente essentiellement un butane à teneur variable en pentane. En fonction de la teneur en pentane dans la charge, le butane peut subir une dépentanisations ou non. En fonctionnement normal, le dépentaniseur n'est pas nécessaire. Ce qui explique le nombre faible des colonnes prévues (02) pour les neuf trains.[12,10]



## Chapitre II : Description de la section de séparation

### II.5. Dépentaniseur:

C'est une colonne de fractionnement équipée de 50 plateaux à clapets. Cette colonne est utilisée pour éliminer le pentane contenu dans le butane et ceci selon la teneur en pentane de la charge d'alimentation doit être supérieur à 1.75 % mole, le pentane recueilli du fond du Dépentaniseur sera refroidi par aéroréfrigérant, et envoyé vers le stockage ambiant. Cette opération est souvent by-passée, car la charge de GPL arrive avec une très faible teneur en pentane. [10]

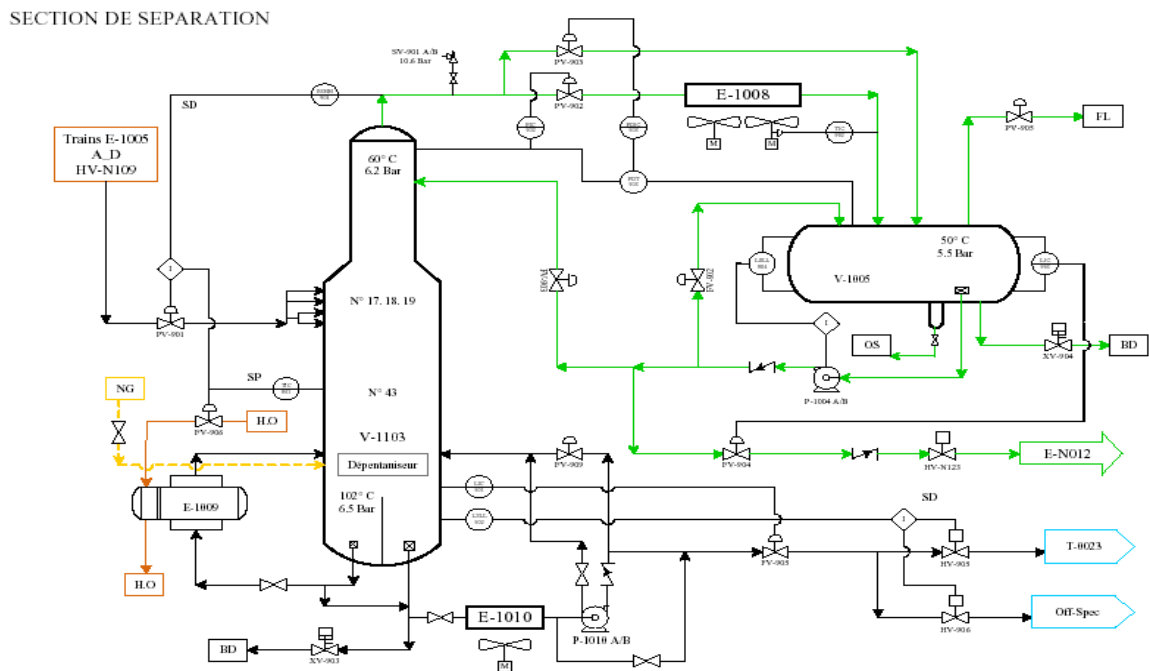


Figure II.4 schéma représentatif du Dépentaniseur

The background features a white page with three large, overlapping blue circles of varying sizes. Each circle is composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the central text.

# *Chapitre III*

*Partie simulation*

# Problématique

Ce mémoire a pour objectif d'avoir une consommation d'énergie moindre au niveau de la section de séparation « train 100 complexe GP1/Z ».

La consommation de l'énergie, soit électrique ou calorifique au niveau des aérocondenseurs et des rebouilleurs du fractionnateur est très importante pendant le fonctionnement de ces équipements.

Donc dans ce volet pratique, nous avons essayé d'étudier un cas concret dans le milieu industriel, il s'agit d'une étude sur la possibilité de diminuer le débit de reflux a un reflux optimisé.

La colonne de fractionnement (V-X101) fonctionne à débit de reflux fixé à 400 m<sup>3</sup>/h. Sachant que ce débit est prévu pour un taux de charge de 140 % équivalent de 336 m<sup>3</sup>/h.

En effet, cette colonne fonctionne à un taux de charge variable qui peut descendre jusqu'à 75 % impliquant une consommation importante de l'énergie au niveau de l'aérocondenseur et le rebouilleur.

La problématique de ce travail consiste à vérifier cette supposition concernant la cause de la surconsommation de l'énergie.

### **III. Introduction**

Dans ce chapitre on va optimiser le débit de reflux par deux méthodes :

- Une simulation par le logiciel HYSYS pour vérifier la validité du model HYSYS utilisé.
- Une méthode approximative qui consiste à optimiser le débit de reflux pour avoir un gain énergétique dans les aéros et les rebouilleurs.

#### **III.1. Généralités sur la simulation:**

En général la simulation est un outil utilisé dans les différents domaines de l'ingénierie et de la recherche. Elle permet d'analyser le comportement d'un système avant de l'implanter et d'optimiser son fonctionnement en testant différentes solutions et conditions opératoires.

Les simulateurs des procédés chimiques utilisés classiquement dans l'industrie chimique ou para-chimique, peuvent être considérés comme des modèles de connaissance. Ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibres thermodynamiques et sont apte à fournir des informations de base pour la conception.

##### **III.1.1.définition de la simulation :**

La simulation est définie comme étant la représentation d'un phénomène physique à l'aide de modèles mathématiques simples.

Elle permet en particulier d'étudier l'évolution du système faisant varier un ou plusieurs facteurs et en confrontant les valeurs observées.

Autrement dit, la simulation permet de représenter par des modèles mathématiques les différents phénomènes de transfert de masse, d'énergie et de quantité de mouvement qui se produisent dans les différentes opérations unitaires.

##### **III.1.2.Intérêt de l'utilisation de la simulation :**

Le logiciel HYSYS a été conçu afin de permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant de la séparation simple jusqu'à la distillation et la transformation chimique. Ce qui nous simplifie de plus en plus la tâche et réduit les coûts de l'engineering.

Les simulateurs existants tels que : **Aspen Plus, ChemCAD, Hysim, Hysys, Pro-II**

Sont les plus vendus et qui deviennent de plus en plus indispensables pour concevoir de nouvelles unités et pour optimiser les procédés industriels qui fonctionnent parfois loin de leur optimum. Cela dit, le simulateur HYSYS est l'un des plus performants logiciels de simulation

### **III.2. Présentation du logiciel « HYSYS » :**

Le logiciel HYSYS est un outil de dimensionnement utilisé pour assurer que les conceptions optimales sont identifiées. Il est aussi utilisé pour modéliser les unités existantes et assurer que les équipements sont conformes aux spécifications prescrites, ainsi que évaluer et améliorer les procédés existants.[13]

### **III.3. Modèle mathématique :**

Le modèle mathématique est composé d'une série d'équations développées dans l'objectif de décrire le comportement d'un système donné (opération unitaire: séparation des phases, compression, échange de chaleur ou autre).

Ce sont des équations de conservation de masse, d'énergie et de quantité de mouvement. Ces équations peuvent être algébriques ou différentielles.

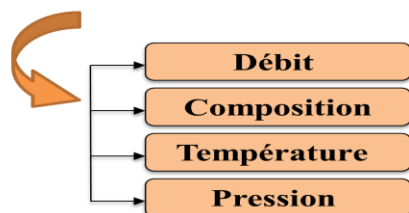
#### **➤ Choix du modèle thermodynamique :**

Les logiciels de simulation donnent accès à plusieurs modèles thermodynamiques pour la prédiction de l'équilibre liquide-vapeur, d'enthalpie et d'entropie ainsi que des propriétés de transport. La réussite de la simulation dépend du choix du modèle thermodynamique, parce que ce dernier est établi pour une classe de fluides et un domaine de conditions de pression et de température recommandés en utilisant des hypothèses et des suppositions pratiques. L'équation la plus recommandée pour les systèmes d'hydrocarbures est l'équation de Peng – Robinson, car elle permet de résoudre correctement les problèmes d'équilibre liquide-vapeur en donnant l'erreur la plus faible.[13]



### III.4.1 Méthode suivie :

#### ❖ Données de l'alimentation



#### ❖ Données de la colonne



#### ❖ Pour Obtenir



### III.5. Vérification des performances du logiciel HYSYS :

Nous avons donc commencé notre travail de simulation en validant nos données, nos hypothèses, le modèle thermodynamique choisi ainsi que le schéma de procédé **PFD** en introduisant les données du design. On ne pourra considérer notre modèle comme satisfaisant que si les résultats obtenus après simulation sont proches de ceux prévus par le design.

#### III.5.1. Paramètres de service :

Tableau III.1 Paramètres de design

Paramètre	Alimentation	Distillat	Résidu
T (C)	74,500	57,1	110,9
P (kg/cm <sup>2</sup> )	25	21,1	21,6
Débit (Kgmol/h)	2541,80	1376,73	1164,87
C <sub>1</sub> (% molaire)	0,0000	0,0000	0,0000
C <sub>2</sub> (% molaire)	0,0201	0,0371	0,0000
C <sub>3</sub> (% molaire)	0,5251	0,9610	0,0099
iC <sub>4</sub> (% molaire)	0,1675	0,0017	0,3635
nC <sub>4</sub> (% molaire)	0,2836	0,0002	0,6164
iC <sub>5</sub> (% molaire)	0,0031	0,0000	0,0067
nC <sub>5</sub> (% molaire)	0,0016	0,0000	0,0035
Somme des fraction	1,0000	1,0000	1,0000

### III.5.2. Les résultats de simulation :

Les résultats obtenus par simulation sont dans le tableau III.2 qui regroupe les principaux paramètres d'exploitation que nous avons comparés aux valeurs du design.

Rappelons que cette série de calculs a été effectuée en prenant compte une charge d'alimentation de type average (charge 13) ; sa composition est donnée dans le tableau III.1

**Tableau III.2** Résultats de simulation

Paramètre	Distillat	Résidu
T (C)	57,27	110,99
P (kg/cm <sup>2</sup> )	21,2	21,5
Débit (Kg mol/h)	1369,3	1172,5
C <sub>1</sub> (%molaire)	0,00000	0,0000
C <sub>2</sub> (%molaire)	0,03731	0,0000
C <sub>3</sub> (%molaire)	0,96263	0,014137
iC <sub>4</sub> (%molaire)	0,000061	0,36345
nC <sub>4</sub> (%molaire)	0,000001	0,61263
iC <sub>5</sub> (%molaire)	0,00000	0,00672
nC <sub>5</sub> (%molaire)	0,00000	0,00347
Somme des fractions	1,00000	1,0000

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons la différence entre les valeurs de design et les résultats de la simulation ainsi que l'erreur relative obtenue selon la relation suivante :

$$\text{Erreur} = \frac{|(V_{\text{Désigne}} - V_{\text{Désigne.simulé}})|}{V_{\text{Désigne}}} \times 100 \quad (\text{III.1}) [2]$$

**V désigné** : les valeurs de désigné

**V désigné simulé** : les valeurs de désigné qui obtenus par la simulation

- **Distillat**

**Tableau III.3** calcul des erreurs en pourcentage du distillat dans le cas design et design simulé

Paramètre	Design	Design simulé	Erreur%
T <sub>tête</sub> (C)	57,1	57,27	0,298
Débit (kg mol/h)	1376,73	1369,3	0,540
Q <sub>c</sub> (kcal/h)	19,95×10 <sup>6</sup>	19,70×10 <sup>6</sup>	1,253
CH <sub>4</sub> (%molaire)	0,0000	0,00000	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%molaire)	0,0371	0,03731	0,566
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (%molaire)	0,9610	0,96263	0,169
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,0017	0,000061	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,0002	0,000001	-
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0,0000	0,00000	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0,0000	0,00000	-
Total	1,0000	1,00000	

Les valeurs du distillat calculée par simulation est proche de celle donnée par le constructeur

- **Résidu**

**Tableau III.4** calcul des erreurs en pourcentage du résidu dans le cas design et design simulé

Paramètre	Design	Design simulé	Erreur %
T(C)	110,9	110,99	0,081
Débit (kg mol/h)	1164,87	1172,5	0,655
Q <sub>reb</sub> (kcal/h)	21,08×10 <sup>6</sup>	20,45×10 <sup>6</sup>	2,988
CH <sub>4</sub> (%molaire)	0,0000	0,0000	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%molaire)	0,0000	0,0000	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (%molaire)	0,0099	0,014137	-
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,3635	0,36345	0,014
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,6164	0,61263	0,611
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0,0067	0,00672	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0,0035	0,00347	-
Total	1,0000	1,0000	

## Chapitre III: Partie simulation

L'erreur obtenue pour tous les paramètres est inférieure à 3 % ce qui signifie que les données de sortie de la colonne obtenues par le simulateur sont très proches de celles prescrites par le constructeur, et que l'utilisation du modèle thermodynamique Peng-Robinson (PR) est avantageuse, ce qui confirme la validité de la simulation utilisée.

### **III.6. Vérification du cas actuel:**

#### **III.6.1. Paramètres du cas actuel :**

**Tableau III.5** Paramètres de service

Paramètre	Alimentation	Distillat	Résidu
T (C)	71	56,22	112,3
P (kg/cm <sup>2</sup> )	21,3	20,5	21,5
Débit (Kg mol/h)	2594	1580	980
C1 (%molaire)	0,0025	0,0042	0
C2 (%molaire)	0,0136	0,0216	0
C3 (%molaire)	0,6184	0,9615	0,0044
iC4 (%molaire)	0,1218	0,0117	0,3224
nC4 (%molaire)	0,2403	0,0006	0,6723
iC5 (%molaire)	0,003	0	0,0094
nC5 (%molaire)	0,0004	0	0,0015
SOMME	1,00	1,00	1,00

### III.6.2 Les résultats de la simulation :

**Tableau III.6** Résultats de simulation

Paramètre	Distillat	Résidu
T (C)	56,093	112,03
Débit (Kg mol/h)	1645,3	948,75
C1 (%molaire)	0,00000	0,00000
C2 (%molaire)	0,03726	0,00000
C3 (%molaire)	0,96261	0,00104
iC4 (%molaire)	0,000013	0,33267
nC4 (%molaire)	0,000003	0,65700
iC5 (%molaire)	0,00000	0,00820
nC5 (%molaire)	0,00000	0,00109
Somme des fractions	1,00000	1,0000

Les données du cas actuel, les résultats de sa simulation et l'erreur relative obtenue à partir de la relation (III.1) sont récapitulés dans les tableaux suivants :

- **Distillat**

**Tableau III.7** calcul des erreurs en pourcentage du distillat dans le cas Actuel et Actuel simulé

Paramètre	Actuel	Actuel simulé	Erreur %
T(C)	56,22	56,093	0.002
Débit (kg mol/h)	1580	1645,3	4,133
Qc (kcal/h)	$18,1 \times 10^6$	$18,7 \times 10^6$	3,314
CH <sub>4</sub> (molaire %)	0,0042	0,00000	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%molaire)	0,0216	0,0372	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (%molaire)	0,9615	0,9626	0.114
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,0117	0,00001	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,0006	0,00000	-
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0	0,00000	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0	0,00000	-
Total	1,00	1,00000	

- **Résidu**

**Tableau III.8** calcul des erreurs en pourcentage du résidu dans le cas actuel et actuel simulé

Paramètre	Actuel	Actuel simulé	Erreur %
T(C)	112,3	112,03	0,240
Débit (kg mol/h)	980	948,75	3.189
Qreb (kcal/h)	18,9×10 <sup>6</sup>	19,7×10 <sup>6</sup>	4.233
CH <sub>4</sub> (%molaire)	0,0000	0,00000	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%molaire)	0,0000	0,00000	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (%molaire)	0,0044	0,00104	-
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,3224	0,33267	3.185
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (%molaire)	0,6723	0,65700	2,276
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0,0094	0,00820	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (%molaire)	0,0015	0,00109	-
Total	1,000	1,00000	

Nous remarquons que les résultats de la simulation sont proches des données réelles de fonctionnement de la colonne ce qui confirme la validité de cette simulation et nous permet d'optimiser le débit de reflux pour différentes charges.

### **III.7.Optimisation du débit de reflux:**

On fixe les débits volumiques des charges d'alimentation suivantes :

180m <sup>3</sup> /h	→	75%
210m <sup>3</sup> /h	→	87,5%
240m <sup>3</sup> /h	→	100%
264m <sup>3</sup> /h	→	110%
288m <sup>3</sup> /h	→	120%
336m <sup>3</sup> /h	→	140%

Et dans chaque charge on fait varier le débit de reflux de 400 jusqu'à 220 avec un pas 20 (m<sup>3</sup>/h)

➤ **Nombre d'aérocondenseurs en service :**

Le nombre des aérocondenseurs utilisés pour la condensation des vapeurs de tête de la colonne de fractionnement dépend du débit de reflux.

## Chapitre III: Partie simulation

Nous allons calculer pour chaque taux de traitement le nombre «aérocondenseurs qu'il faudrait mettre en service en partant de 75 % à 140 % de taux de charge

La capacité d'échange d'un aérocondenseur (moteur électrique)

$Q_C$  (globale)= $21,5 \times 10^6$ (kcal/h)  $\longrightarrow$  pour 28 aéro

$Q_C$  (un aéro)= $7,6786 \times 10^5$ (kcal/h)  $\longrightarrow$  pour 1 aéro

Donc le nombre d'aéros :

$$N_{\text{aéro}} = \frac{Q_C (\text{Globale})}{Q_C (\text{aéro})} \quad \text{III.2}$$

$N_{\text{aéro}}$  : le nombre d'aéros

$Q_C$  (**Globale**): la quantité de chaleur consommée par les aéros en (Kcal/h)

$Q_C$  (**Aéro**): la quantité de chaleur consommée par un aéro en (Kcal/h)

➤ **Débit d'aspiration de la pompe de reflux ( $F \text{ m}^3/\text{h}$ ) :**

$$F = D + W \quad \text{III.3 [8]}$$

Avec  $F \geq 370 \text{ (m}^3/\text{h)}$

**F** : le débit minimal de la pompe de reflux.

**D** : le débit de distillat.

**W** : le débit de résidu.

➤ **Qualité des produits finis**

Le propane et le butane comme produits finis doivent correspondre aux normes du marché représenté par la publication internationale NGPA (Natural Gas Processing Association) qui prescrit les fractions maximales de chaque élément dans les produits finaux (propane, butane), ces normes sont représentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau.III.9** Les normes de NGPA [1]

Les normes	La teneur (% molaire)
La teneur maximale de l'éthane dans le propane	4,8
La teneur maximale de butane dans le propane	2,2
La teneur maximale de propane dans le butane	25
La teneur maximale de pentane dans le butane	1,75
La teneur maximale de propane dans l'éthane	12

## Chapitre III: Partie simulation

A noter que la SONATRACH exige des normes plus rigoureuses que celles de NGPA appeler les normes de NGP<sub>1</sub>/Z telles que :

**Tableau.III.10** Les normes de NGP<sub>1</sub>/Z [1]

Les normes	La teneur (% molaire)
La teneur maximale de l'éthane dans le propane	2%
La teneur maximale de butane dans le propane	2.5%
La teneur maximale de propane dans le butane	25
La teneur maximale de pentane dans le butane	1,75
La teneur maximale de propane dans l'éthane	12

➤ **Les conditions pour le choix de  $R_{optimal}$  :**

➤ If faux que :

1. le pourcentage molaire de  $C_3H_8$  dans le distillat doit supérieur ou égal 96% ( $C_3\%$  dans  $D \geq 96\%$ ).
2. le pourcentage molaire de  $C_4H_{10}$  dans le distillat doit inferieur ou égal 1% ( $C_4$  dans  $D \leq 1\%$ ).
3. le pourcentage molaire de  $C_3H_8$  dans le résidu doit inferieur ou égal 1% ( $C_3$  dans  $W \leq 1\%$ ).
4. Débit volumique d'aspiration de la pompe de reflux doit être supérieur ou égal à 370 m<sup>3</sup>/h ( $F \geq 370$  m<sup>3</sup>/h), là dans le bon fonctionnement, et ne pas être inferieur a 350 m<sup>3</sup>/h ( $F < 350$  m<sup>3</sup>/h) car la pompe s'arrête.

Maintenant on va commencer à trouver le reflux optimal :

➤ Pour  $L=180\text{m}^3/\text{h}$  —————➔ **75**

Tableau III.11.Optimisation de débit de reflux a  $L=180\text{m}^3/\text{h}$

Débit de reflux ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220
Nombre d'aéro	20	19	18	17	16	16	15	14	13	12
F ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	504,03	481,62	461,62	441,62	421,62	401,00	381,00	<b>361,65</b>	341,66	321,80
$C_3(\%)$ dans D	97,4572	97,4583	97,4574	97,4555	97,4524	97,4470	97,4365	<b>97,4134</b>	97,3491	97,2006
$C_4(\%)$ dans D	0,0053	0,0041	0,0051	0,0069	0,0101	0,0156	0,0264	<b>0,0501</b>	0,1159	0,2683
$C_3(\%)$ dans W	0,0130	0,0143	0,0155	0,0170	0,0187	0,0208	0,0233	<b>0,0265</b>	0,0306	0,0353
$Q_c$ (Kcal/h)	$1,545 \times 10^7$	$1,476 \times 10^7$	$1,415 \times 10^7$	$1,353 \times 10^7$	$1,292 \times 10^7$	$1,231 \times 10^7$	$1,170 \times 10^7$	<b><math>1,109 \times 10^7</math></b>	$1,048 \times 10^6$	$9,879 \times 10^6$
$Q_{reb}$ (Kcal/h)	$1,575 \times 10^7$	$1,507 \times 10^7$	$1,446 \times 10^7$	$1,385 \times 10^7$	$1,324 \times 10^7$	$1,263 \times 10^7$	$1,202 \times 10^7$	<b><math>1,141 \times 10^7</math></b>	$1,080 \times 10^7$	$1,021 \times 10^7$

Le reflux optimal dans cette charge est :  $260\text{ m}^3/\text{h}$  car le débit d'aspiration de la pompe est entre  $370$  et  $350\text{ m}^3/\text{h}$ .

➤ Pour  $L=210\text{m}^3/\text{h}$  —————➔ **87,5%**

Tableau III.12.Optimisation de débit de reflux a  $L=210\text{m}^3/\text{h}$

Débit de reflux ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220
Nombre d'aéro	20	19	19	18	17	16	15	15	14	13
F ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	518,75	498,75	478,75	458,76	438,77	418,78	398,82	378,88	<b>359,30</b>	340,13
$C_3(\%)$ dans D	97,4516	97,4522	97,4440	97,4429	97,4332	97,4035	97,3642	97,2233	<b>96,9487</b>	96,1965
$C_4(\%)$ dans D	0,0030	0,0084	0,0187	0,0198	0,0298	0,0602	0,1005	0,2450	<b>0,5267</b>	1,2984
$C_3(\%)$ dans W	0,0168	0,0182	0,0197	0,0219	0,0242	0,0269	0,0305	0,0348	<b>0,0391</b>	0,0426
$Q_c$ (Kcal/h)	$1,590 \times 10^7$	$1,528 \times 10^7$	$1,467 \times 10^7$	$1,406 \times 10^7$	$1,345 \times 10^7$	$1,284 \times 10^7$	$1,223 \times 10^7$	$1,163 \times 10^7$	<b><math>1,105 \times 10^7</math></b>	$1,052 \times 10^7$
$Q_{reb}$ (Kcal/h)	$1,626 \times 10^7$	$1,565 \times 10^7$	$1,504 \times 10^7$	$1,443 \times 10^7$	$1,382 \times 10^7$	$1,322 \times 10^7$	$1,261 \times 10^7$	$1,204 \times 10^7$	<b><math>1,143 \times 10^7</math></b>	$1,087 \times 10^7$

Le reflux optimal dans cette charge est :  $240\text{ m}^3/\text{h}$  car le débit d'aspiration de la pompe est entre  $370$  et  $350\text{ m}^3/\text{h}$ .

## Chapitre III: Partie simulation

**➤ Pour  $L=240\text{m}^3/\text{h}$  → 100%**

**Tableau III.13.**Optimisation de débit de reflux a  $L=240\text{m}^3/\text{h}$

Débit de reflux ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220
Nombre d'aéro	21	20	19	19	18	17	16	16	15	14
F ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	537,73	517,65	497,58	477,51	457,47	437,45	417,71	<b>398,27</b>	379,85	362,06
C <sub>3</sub> (%) dans D	97,4489	97,4408	97,4304	97,4117	97,3735	97,2749	97,2141	<b>96,5770</b>	95,6374	94,2514
C <sub>4</sub> (%) dans D	0,0067	0,0201	0,0318	0,0518	0,0909	0,1920	0,2444	<b>0,908</b>	1,8721	3,2942
C <sub>3</sub> (%) dans W	0,0207	0,0226	0,0248	0,0274	0,0304	0,0341	0,0384	<b>0,0419</b>	0,0439	0,0445
Q <sub>c</sub> (Kcal/h)	$1,641 \times 10^7$	$1,580 \times 10^7$	$1,519 \times 10^7$	$1,458 \times 10^7$	$1,397 \times 10^7$	$1,337 \times 10^7$	$1,277 \times 10^7$	<b><math>1,223 \times 10^7</math></b>	$1,174 \times 10^7$	$1,131 \times 10^7$
Q <sub>reb</sub> (Kcal/h)	$1,683 \times 10^7$	$1,623 \times 10^7$	$1,562 \times 10^7$	$1,501 \times 10^7$	$1,440 \times 10^7$	$1,380 \times 10^7$	$1,320 \times 10^7$	<b><math>1,264 \times 10^7</math></b>	$1,212 \times 10^7$	$1,164 \times 10^7$

Le reflux optimal dans cette charge est :  $260 \text{ m}^3/\text{h}$  car le pourcentage molaire de la fraction C<sub>4</sub> dans le distillat entre 0.2444 et 1.8721.

**➤ Pour  $L=264\text{m}^3/\text{h}$  → 110%**

**Tableau III.14.**Optimisation de débit de reflux a  $L= 264\text{m}^3/\text{h}$

Débit de reflux ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220
Nombre d'aéro	22	21	20	19	18	<b>18</b>	17	16	16	15
F ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	551,37	531,29	511,23	491,21	471,25	<b>451,53</b>	432,49	414,26	496,49	379
C <sub>3</sub> (%) dans D	97,4454	97,4213	97,3935	97,3401	97,2084	<b>96,9244</b>	96,3643	95,4330	94,1442	92,6766
C <sub>4</sub> (%) dans D	0,0173	0,0420	0,0705	0,1251	0,2603	<b>0,5516</b>	1,1263	2,0818	3,4044	4,90100
C <sub>3</sub> (%) dans W	0,0243	0,0266	0,0293	0,0323	0,0359	<b>0,0396</b>	0,0426	0,0441	0,0446	0,0449
Q <sub>c</sub> (Kcal/h)	$1,683 \times 10^7$	$1,622 \times 10^7$	$1,561 \times 10^7$	$1,500 \times 10^7$	$1,441 \times 10^7$	<b><math>1,383 \times 10^7</math></b>	$1,330 \times 10^7$	$1,283 \times 10^7$	$1,240 \times 10^7$	$1,200 \times 10^7$
Q <sub>reb</sub> (Kcal/h)	$1,730 \times 10^7$	$1,669 \times 10^7$	$1,609 \times 10^7$	$1,548 \times 10^7$	$1,488 \times 10^7$	<b><math>1,430 \times 10^7</math></b>	$1,375 \times 10^7$	$1,323 \times 10^7$	$1,276 \times 10^7$	$1,230 \times 10^7$

Le reflux optimal dans cette charge est :  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  car le pourcentage molaire de la fraction C<sub>4</sub> dans le distillat entre 0.2603 et 1.1263.

## Chapitre III: Partie simulation

**➤ Pour  $L=288\text{m}^3/\text{h}$  —————> 120%**

**Tableau III.15.**Optimisation de débit de reflux a  $L= 288\text{m}^3/\text{h}$

Débit de reflux( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220
Nombre d'aéro	22	21	21	20	19	18	18	17	17	16
F ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	565,39	544,96	524,98	505,09	485,57	466,79	448,72	430,93	413,45	396,21
C <sub>3</sub> (%) dans D	97,3878	97,3671	97,2976	97,1304	96,7957	96,1826	95,2169	94,0244	92,6737	91,2294
C <sub>4</sub> (%) dans D	0,0763	0,0975	0,1688	0,3404	0,6836	1,3127	2,3035	3,5271	4,9130	6,3950
C <sub>3</sub> (%) dans W	0,0282	0,0310	0,0340	0,0374	0,0407	0,0431	0,0439	0,0446	0,0449	0,0450
Q <sub>c</sub> (Kcal/h)	1,726×10 <sup>7</sup>	1,664×10 <sup>7</sup>	1,604×10 <sup>7</sup>	1,545×10 <sup>7</sup>	1,489×10 <sup>7</sup>	1,437×10 <sup>7</sup>	1,391×10 <sup>7</sup>	1,348×10 <sup>7</sup>	1,309×10 <sup>7</sup>	1,270×10 <sup>7</sup>
Q <sub>reb</sub> (Kcal/h)	1,778×10 <sup>7</sup>	1,716×10 <sup>7</sup>	1,656×10 <sup>7</sup>	1,597×10 <sup>7</sup>	1,539×10 <sup>7</sup>	1,485×10 <sup>7</sup>	1,436×10 <sup>7</sup>	1,388×10 <sup>7</sup>	1,341×10 <sup>7</sup>	1,296×10 <sup>7</sup>

Le reflux optimal dans cette charge est : 320 m<sup>3</sup>/h car le pourcentage molaire de la fraction C<sub>4</sub> dans le distillat entre 0.3404 et 1.3127.

**➤ Pour  $L=336\text{m}^3/\text{h}$  —————> 140%**

**Tableau III.16.**Optimisation de débit de reflux a  $L=336\text{m}^3/\text{h}$

Débit de reflux ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220
Nombre d'aéro	23	22	22		21	20	19	19	18	18
F ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	590,55	570,94	551,96	533,66	515,80	498,18	480,82	463,67	446,67	429,79
C <sub>3</sub> (%) dans D	97,2831	96,9634	96,5012	95,8131	94,8708	93,8040	92,6414	91,4083	90,1365	88,8471
C <sub>4</sub> (%) dans D	0,1790	0,56133	0,9855	1,6917	2,6586	3,7532	4,9461	6,2113	7,5163	8,8393
C <sub>3</sub> (%) dans W	0,0367	0,0399	0,0422	0,0436	0,0442	0,0447	0,0449	0,0450	0,0450	0,0449
Q <sub>c</sub> (Kcal/h)	1,812×10 <sup>7</sup>	1,756×10 <sup>7</sup>	1,703×10 <sup>7</sup>	1,654×10 <sup>7</sup>	1,610×10 <sup>7</sup>	1,568×10 <sup>7</sup>	1,528×10 <sup>7</sup>	1,490×10 <sup>7</sup>	1,452×10 <sup>7</sup>	1,413×10 <sup>7</sup>
Q <sub>reb</sub> (Kcal/h)	1,872×10 <sup>7</sup>	1,815×10 <sup>7</sup>	1,760×10 <sup>7</sup>	1,708×10 <sup>7</sup>	1,660×10 <sup>7</sup>	1,612×10 <sup>7</sup>	1,566×10 <sup>7</sup>	1,521×10 <sup>7</sup>	1,475×10 <sup>7</sup>	1,428×10 <sup>7</sup>

Le reflux optimal dans cette charge est : 360 m<sup>3</sup>/h car le pourcentage molaire de la fraction C<sub>4</sub> dans le distillat entre 0.56133 et 1.6917.

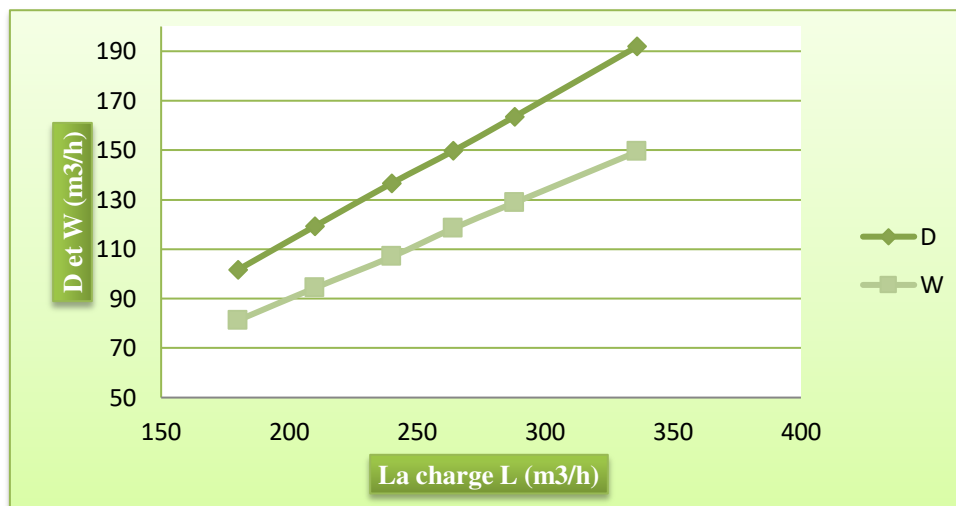
### **III.7.1 L'influence du débit de reflux sur le distillat et résidu:**

Dans le tableau suivant on donne les valeurs des débits de distillat et de résidu correspondent aux différentes charges

**Tableau III.17.** Débits de distillat et de résidu calculés par le logiciel HYSYS

Traitement		D (m <sup>3</sup> /h)	R (m <sup>3</sup> /h)
%	(m <sup>3</sup> /h)		
75	180	101,64	81,192
87,5	210	119,22	94,288
100	240	136,58	106,87
110	264	149,62	118,35
120	288	163,52	128,73
140	336	191,9	149,35

Les résultats obtenus par la simulation sont représentés dans la figure ci-après



**Figure III.3** Débits de distillat et de résidu en fonction de l'alimentation

On observe que les débits de distillat et de résidu augmentent proportionnellement avec l'augmentation du débit d'alimentation.

### **III.7.2.L'influence du taux de charge sur la consommation d'énergie à reflux fixe :**

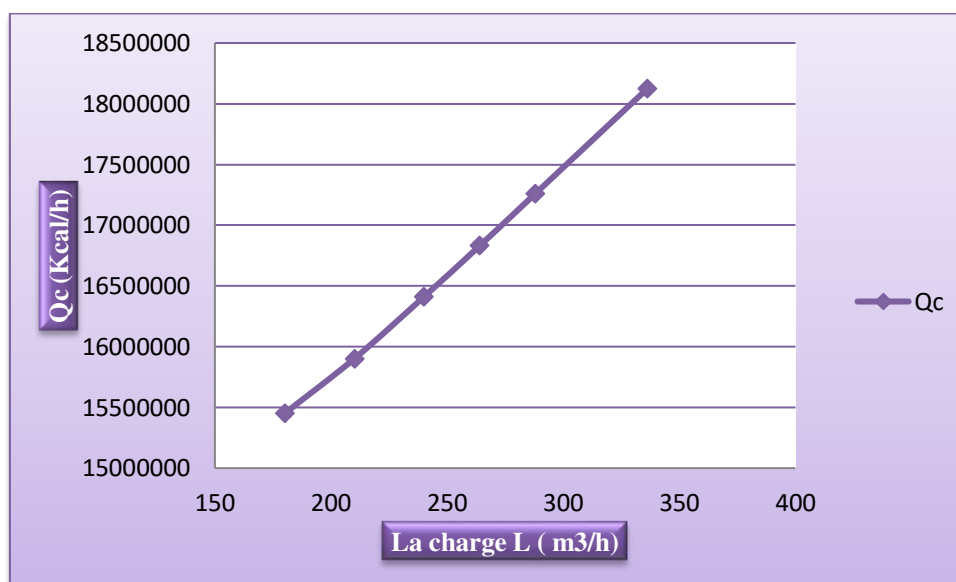
#### **III.7.2.1 L'énergie consommée au niveau de l'aérocondenseur :**

En utilisant le logiciel HYSYS, l'énergie consommée au niveau de l'aéroréfrigérant à un débit de reflux fixé à 400 (m<sup>3</sup>/h) pour différents taux de charge est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau III.18** Energies d'aéroréfrigérant consommées à débit de reflux constant:

Traitement		Reflux (m <sup>3</sup> /h)	Energie d'aéro (Kcal/h)
%	m <sup>3</sup> /h		
75	180	400	1,545×10 <sup>7</sup>
87,5	210	400	1,590×10 <sup>7</sup>
100	240	400	1,641×10 <sup>7</sup>
110	264	400	1,683×10 <sup>7</sup>
120	288	400	1,726×10 <sup>7</sup>
140	336	400	1,812×10 <sup>7</sup>

Les résultats obtenus à partir des calculs sont représentés dans la figure suivante:



**Figure III.4** Variation de l'énergie d'aéros à reflux constant

Les résultats montrent que la consommation de l'énergie au niveau des aérocondenseurs est fortement proportionnelle à l'augmentation du taux de charge à cause de l'utilisation d'un reflux fixe en tête de colonne.

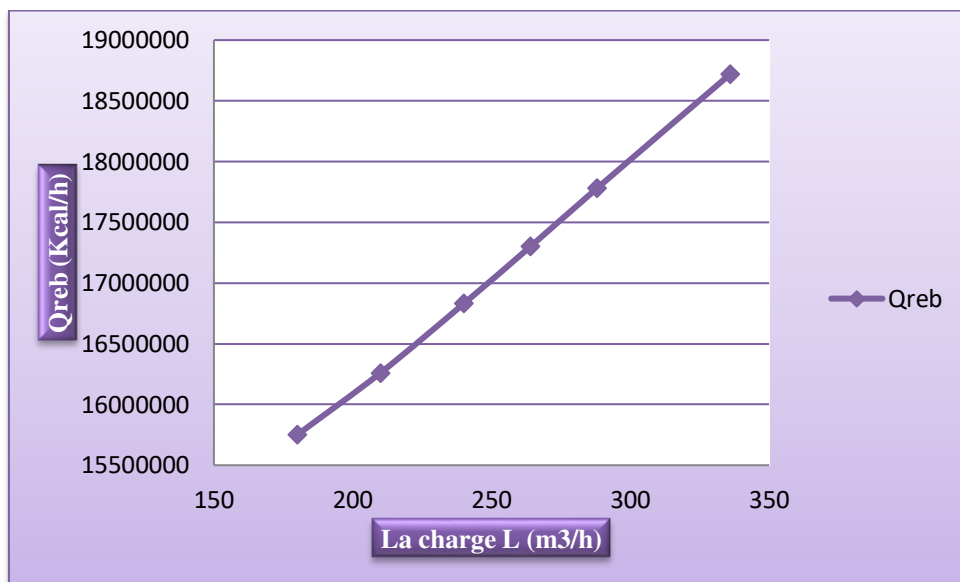
### **III.7.2.2 L'énergie consommée au niveau du rebouilleur :**

En utilisant le logiciel HYSYS, l'énergie consommée au niveau de rebouilleur à un débit de reflux fixé à 400 m<sup>3</sup>/h pour différents taux de charge est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau III.19** Energies consommées au niveau du rebouilleur à débit de reflux constant

Traitement		Reflux (m <sup>3</sup> /h)	Energie de rebouilleur(Kcal/h)
%	m <sup>3</sup> /h		
75	180	400	1,575×10 <sup>7</sup>
87,5	210	400	1,626×10 <sup>7</sup>
100	240	400	1,683×10 <sup>7</sup>
110	264	400	1,730×10 <sup>7</sup>
120	288	400	1,778×10 <sup>7</sup>
140	336	400	1,872×10 <sup>7</sup>

Les résultats obtenus à partir des calculs sont représentés dans la figure suivante:



**Figure III.5** Variation de l'énergie de rebouilleur à reflux constant

Les résultats confirment que la fixation du débit de reflux influe avec une augmentation de la consommation d'énergie dans le rebouilleur lorsque le taux de charge augmente.

### **III.7.2.3 Nombre d'aérocondenseurs en service :**

Le nombre des aérocondenseurs utilisés pour la condensation des vapeurs de tête de la colonne de fractionnement dépend du débit de reflux.

**Tableau.III.20** Nombre d'aéros pour débit de reflux contant (400 m<sup>3</sup>/h)

Traitement		Reflux (m <sup>3</sup> /h)	Energie aéro(Kcal/h)	Nombre d'aero
%	m <sup>3</sup> /h			
75	180	400	1,545×10 <sup>7</sup>	20
87,5	210	400	1,590×10 <sup>7</sup>	20
100	240	400	1,641×10 <sup>7</sup>	21
110	264	400	1,683×10 <sup>7</sup>	22
120	288	400	1,726×10 <sup>7</sup>	22
140	336	400	1,812×10 <sup>7</sup>	23

L'augmentation du taux de charge implique l'accroissement de la consommation d'énergie électrique dans les aérocondenseurs ce qui nécessite l'augmentation du nombre d'aérocondenseurs qu'il faut mettre en service.

### **III.7.3.L'influence du taux de charge sur la consommation d'énergie à reflux optimisé:**

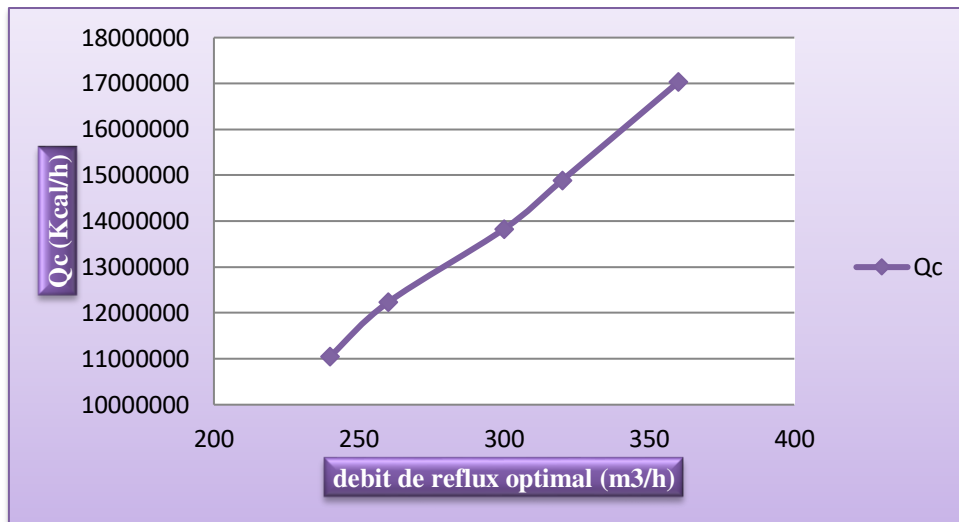
#### **III.7.3.1 L'énergie consommée au niveau d'aérocondenseurs :**

L'énergie consommée au niveau des aérocondenseurs à débit de reflux optimisé est calculée pour différent taux de charge, les résultats sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III.21** Energies d'aéroréfrigérant consommées à débit de reflux optimisé

Traitement		R <sub>optimale</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Energie d'aéro (Kcal/h)
%	m <sup>3</sup> /h		
75	180	260	1,109×10 <sup>7</sup>
87,5	210	240	1,105×10 <sup>7</sup>
100	240	260	1,223×10 <sup>7</sup>
110	264	300	1,383×10 <sup>7</sup>
120	288	320	1,489×10 <sup>7</sup>
140	336	360	1,703×10 <sup>7</sup>

Les résultats obtenus à partir des calculs sont représentés dans la figure suivante:



**Figure.III.6** Variation de l'énergie d'aéros à reflux optimisé

Les résultats confirment que l'énergie consommée au niveau d'aéroréfrigérant est augmentée avec l'augmentation du débit de reflux optimisé.

### **III.7.3.2 L'énergie consommée au niveau du rebouilleur :**

Energie de rebouilleur à débit de reflux optimisé calculée par le logiciel HYSYS est donnée en fonction du taux de reflux dans le tableau suivant :

**Tableau IV.22** Energies de rebouilleur consommées à débit de reflux optimisé

Traitement		Reflux optimale (m <sup>3</sup> /h)	Energie derebouilleur(Kcal/h)
%	m <sup>3</sup> /h		
75	180	260	1,141×10 <sup>7</sup>
87,5	210	240	1,143×10 <sup>7</sup>
100	240	260	1,264×10 <sup>7</sup>
110	264	300	1,430×10 <sup>7</sup>
120	288	320	1,539×10 <sup>7</sup>
140	336	360	1,760×10 <sup>7</sup>

Les résultats obtenus à partir des calculs sont représentés dans la figure suivante:

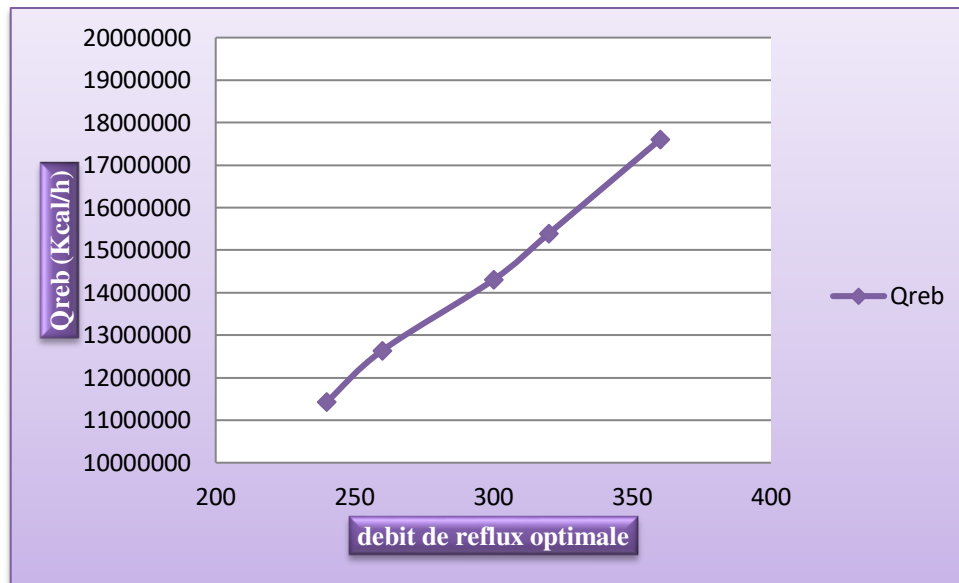


Figure.III.7 Variation de l'énergie de rebouilleur à reflux optimisé

On peut observer que l'énergie consommée au niveau du rebouilleur est augmentée avec l'augmentation du débit de reflux optimisé ce qui signifie qu'il y a une liaison entre le débit de reflux et l'énergie consommée au niveau de rebouilleur.

### III.7.3.3 Nombre d'aérocondenseurs en service à débit de reflux optimisé:

Tableau IV.23 Nombre d'aéros à débit de reflux optimisé

Traitement		Reflux optimale (m³/h)	Energie de rebouilleur (Kcal/h)	Nombre d'aero
%	m³/h			
75	180	260	1,141×10 <sup>7</sup>	14
87,5	210	240	1,143×10 <sup>7</sup>	14
100	240	260	1,264×10 <sup>7</sup>	16
110	264	300	1,430×10 <sup>7</sup>	18
120	288	320	1,539×10 <sup>7</sup>	19
140	336	360	1,760×10 <sup>7</sup>	22

On remarque que le nombre des aéros en service (14 à 22) augmente avec l'augmentation de la charge et du débit de reflux optimisé.

On note que, pour le même taux de charge, l'optimisation du taux reflux nous permet d'utiliser un nombre réduit d'aérocondenseur pour assurer le fonctionnement de la colonne de distillation (V-N101).

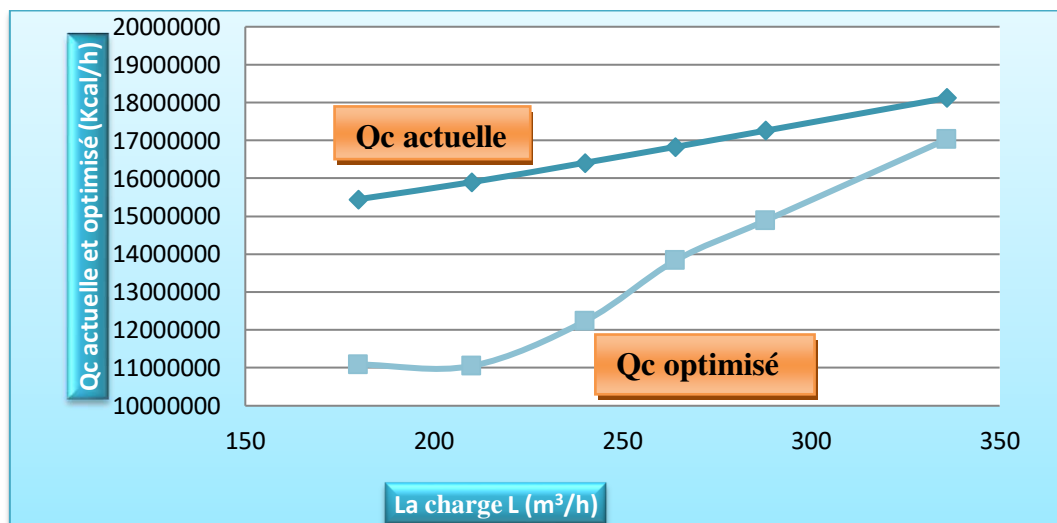
**III.8. Comparaison entre l'énergie consommée au niveau de l'aéros à reflux fixe et celle consommée à reflux optimisé:**

Pour différents débits de charge, on détermine l'énergie consommée au niveau des aérocondenseurs à débit de reflux fixe et en suite optimal, les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau.III.24** Comparaison entre l'énergie d'aéro actuelle et optimise.

Traitement m <sup>3</sup> /h	Energie actuelle en kcal/h	Energie optimise en kcal/h
180	1.545×10 <sup>7</sup>	1.109×10 <sup>7</sup>
210	1.590×10 <sup>7</sup>	1.105×10 <sup>7</sup>
240	1.641×10 <sup>7</sup>	1.223×10 <sup>7</sup>
264	1.683×10 <sup>7</sup>	1.383×10 <sup>7</sup>
288	1,726×10 <sup>7</sup>	1,489×10 <sup>7</sup>
336	1,812×10 <sup>7</sup>	1,703×10 <sup>7</sup>

La représentation graphique des résultats dans la figure ci-dessous:



**Figure.III.8** Variation de l'énergie d'aéros en fonction de la charge

**Qc actuelle:** quantité de chaleur consommée au niveau des aérocondenseurs à débit de reflux constant.

**Qc optimisée:** quantité de chaleur consommée au niveau des aérocondenseurs à débit de reflux optimisé.

À partir des résultats obtenus, on remarque que l'énergie consommée au niveau des condenseurs à reflux optimisé soit toujours inférieure à celle consommée si le taux de reflux égal à 400 m<sup>3</sup>/h.

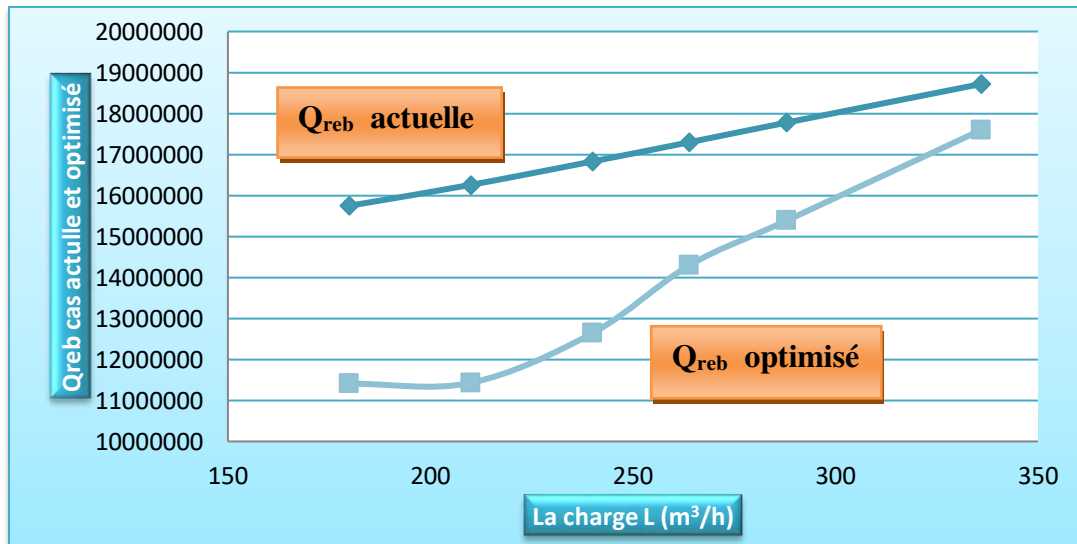
**III.9.Comparaison entre l'énergie consommée au niveau de rebouilleur à reflux fixe et celle consommée à reflux optimisé :**

La même procédure est suivie pour la détermination de l'énergie consommée au niveau du rebouilleur, les résultats obtenus sont les suivants :

**Tableau.III.25** comparaison entre l'énergie de rebouilleur pour le cas actuel et optimisé.

Traitement		Energie actuelle de rebouilleur en Kcal/h	Energie optimisée de rebouilleur en Kcal/h
%	m <sup>3</sup> /h		
75	180	1,575×10 <sup>7</sup>	1,141×10 <sup>7</sup>
87,5	210	1,626×10 <sup>7</sup>	1,143×10 <sup>7</sup>
100	240	1,683×10 <sup>7</sup>	1,264×10 <sup>7</sup>
110	264	1,730×10 <sup>7</sup>	1,430×10 <sup>7</sup>
120	288	1,778×10 <sup>7</sup>	1,539×10 <sup>7</sup>
140	336	1,872×10 <sup>7</sup>	1,760×10 <sup>7</sup>

Dans la figure suivante, on représente ces résultats :



**Figure.III.9** Variation de l'énergie de rebouilleur en fonction de la charge

Pour tout débit de charge, l'énergie consommée au niveau du rebouilleur à reflux optimisé est moins de celle consommée à reflux égal à 400 m<sup>3</sup>/h, l'optimisation du taux de reflux peut donc nous mener à un gain énergétique important.

The background features a white page with three large, overlapping blue circles of varying sizes. Each circle is composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the central text.

# *Chapitre IV*

*Calculs du gain énergétique*

## Chapitre IV : Calculs du gain énergétique

### IV.1 Introduction:

Après l'estimation de la consommation d'énergies calorifique au niveau des rebouilleurs et des aérocondenseurs avec la variation de la charge et le débit de reflux, l'établissement de l'étude de gain énergétique est jugée nécessaire.

Cette étude a pour but d'avoir la quantité d'énergie qui on aura gagné dans le cas actuel et à près optimisation.

### IV.3 Calcul du gain d'énergie :

Afin de montrer l'intérêt de l'optimisation du débit de reflux, nous allons calculer le gain en énergie en utilisant la relation suivante :

$$\text{Le gain énergétique} = Q_{\text{reflux fixe (actuelle)}} - Q_{\text{reflux (optimisé)}} \quad (\text{IV.1})$$

#### IV.3.1 Le gain énergétique dans les aérocondenseurs :

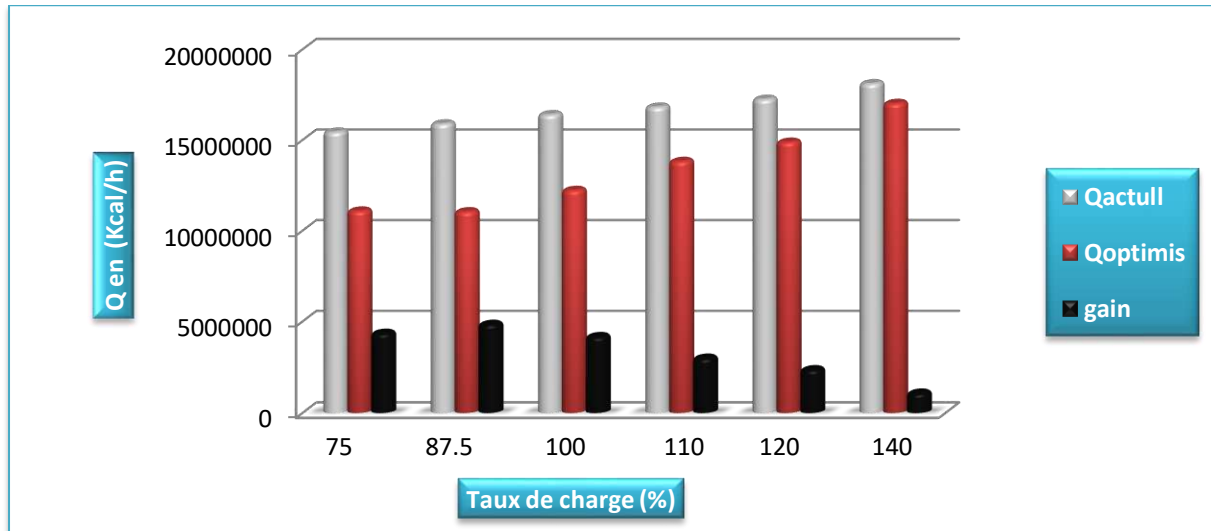
L'énergie consommée actuellement à un débit de reflux de l'ordre de 400m<sup>3</sup>/h ainsi que l'énergie consommée à près l'optimisation du débit de reflux déterminées par HYSYS à plusieurs taux de charge sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1** Gain énergétique dans les aérocondenseurs.

Traitement %	Energie actuelle en (kcal/h)	Energie optimisée en (kcal/h)	Gain Energétique en (kcal/h)
75	1,545×10 <sup>7</sup>	1,109×10 <sup>7</sup>	436×10 <sup>4</sup>
87.5	1,590×10 <sup>7</sup>	1,105×10 <sup>7</sup>	485×10 <sup>4</sup>
100	1,641×10 <sup>7</sup>	1,223×10 <sup>7</sup>	418×10 <sup>4</sup>
110	1,683×10 <sup>7</sup>	1,383×10 <sup>7</sup>	300×10 <sup>4</sup>
120	1,726×10 <sup>7</sup>	1,489×10 <sup>7</sup>	237×10 <sup>4</sup>
140	1,812×10 <sup>7</sup>	1,703×10 <sup>7</sup>	109×10 <sup>4</sup>

Le gain énergétique dans les aérocondenseurs varie avec le taux de traitement suivent la représentation graphique :

## Chapitre IV : Calculs du gain énergétique



**Figure IV.1** l'énergie consommée au niveau des aérocondenseurs dans le cas actuel et optimisée et leur gain en fonction de taux de charge

- On remarque que l'utilisation d'un débit de reflux optimal nous permet d'avoir un gain énergétique important lorsque le taux de charge devient faible.

### IV.3.2. Le gain de nombre aérocondenseurs :

Pour avoir le nombre d'aérocondenseur qu'on va les gagner, nous allons calculer le gain avant et après l'optimisation par la relation suivante :

$$\text{Le gain d'aéro} = N_{\text{avant}} - N_{\text{après}} \quad (\text{IV.2})$$

$N_{\text{avant}}$  : nombre d'aéro avant l'optimisation

$N_{\text{après}}$  : nombre d'aéro après l'optimisation

- Le nombre d'aéro actuelle pour un débit fixe ( $400\text{m}^3/\text{h}$ ) ainsi que le nombre d'aéro à un débit de reflux optimisé pour différents taux de charge sont représentés dans le tableau ci-dessous:

Le nombre d'aéro gagné sont représentés dans la figure suivante :

## Chapitre IV : Calculs du gain énergétique

**Tableau IV.2** calcul de nombre d'aérocondenseur gagné

Taux de charge %	Nombre d'aéro à un reflux fixe	Nombre d'aéro a un reflux optimal	Le nombre d'ero gagné
75	20	14	6
87.5	20	14	6
100	21	16	5
110	22	18	4
120	22	19	3
140	23	22	1

- On constate que, quand on fait l'optimisation on va gagner un nombre d'aérocondenseur considérable, surtout lorsque le taux de traitement devient faible on va gagner 6 aérocondenseurs en arrêt.

### **IV.3.3 Gain énergétique dans le rebouilleur :**

Rappelant que le gain énergétique est déterminé par la relation (IV.1) :

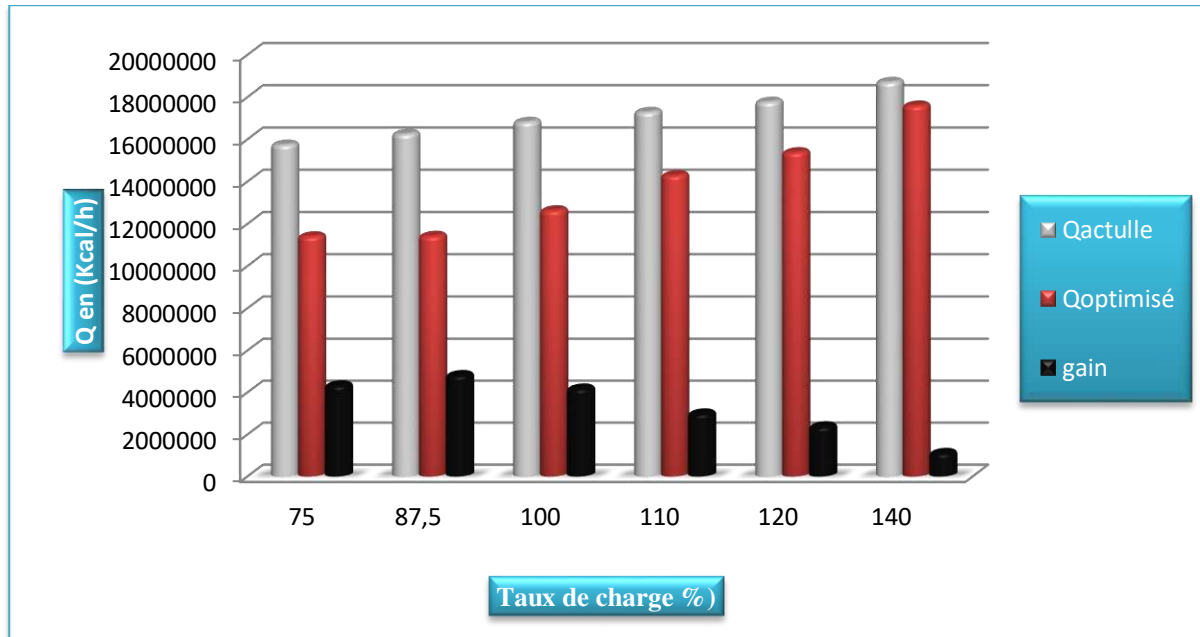
A l'aide du simulateur HYSYS, nous avons estimé l'énergie fournie par le rebouilleur pour différent taux de charge, les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3** Gain énergétique dans les rebouilleurs.

Traitement %	Energie actuelle en (kcal/h)	Energie optimisée en (kcal/h)	Gain Energétique en (kcal/h)
75	$1,575 \times 10^7$	$1,141 \times 10^7$	$434 \times 10^4$
87,5	$1,626 \times 10^7$	$1,143 \times 10^7$	$483 \times 10^4$
100	$1,683 \times 10^7$	$1,264 \times 10^7$	$419 \times 10^4$
110	$1,730 \times 10^7$	$1,430 \times 10^7$	$300 \times 10^4$
120	$1,778 \times 10^7$	$1,539 \times 10^7$	$239 \times 10^4$
140	$1,872 \times 10^7$	$1,760 \times 10^7$	$112 \times 10^4$

Le gain énergétique dans le rebouilleur varie avec le taux de traitement sont représenté dans les colonnes suivante :

## Chapitre IV : Calculs du gain énergétique



**Figure IV.2** l'énergie consommée au niveau de rebouilleur dans le cas actuel et optimisée et leur gain en fonction de taux de charge

- On observe que, l'optimisation de débit de reflux donne un gain énergétique important au niveau de rebouilleur.

A partir des résultats obtenus par la simulation avec le HYSYS, on trouve que le fonctionnement à taux de reflux fixé à 400 m<sup>3</sup>/h, engendre un surcoût de l'énergie consommée dans les rebouilleurs.

Dans le cas où on a un taux de charge égale à 75 % nous nous sommes trouvés dans une situation de consommation d'énergie exhaustive, ce qui explique que le débit de reflux égal à 400 m<sup>3</sup>/h est peut-être valable pour un taux de traitement de 140 %, mais pour les autre taux de traitement il faut optimiser le débit de reflux car il y a une consommation d'énergie excessive.

The background features a white page with a decorative graphic. Two thin, light blue lines originate from the top left and extend towards the right, forming a wide, shallow 'V' shape. Three blue circles are arranged vertically along the right side of this 'V'. The top circle is the largest, the middle one is the smallest, and the bottom one is the largest. Each circle is composed of three concentric layers: a dark blue inner circle, a medium blue middle ring, and a light blue outer ring. The word 'Conclusion' is written in a bold, black, italicized serif font, positioned in the center-left area of the page, overlapping the left side of the 'V' shape.

*Conclusion*

# Conclusion et recommandation

Le travail qui nous a été attribué au niveau du complexe GP<sub>1</sub>/Z concerne une étude basée sur le suivi d'énergie consommée (énergie calorifique et électrique) par le train 100 (section de séparation du GPL) fonctionnant à différentes charges.

Nous avons montré que les aérocondenseurs et les rebouilleurs du fractionnateur consomment une énergie électrique et calorifique très importante, ce qui est dû en grande partie à l'utilisation d'un reflux fixé à 400 m<sup>3</sup>/h dont le taux de charge égal à 140 % jusqu'à 75%.

Après avoir effectué une étude sur ces deux équipements on a constaté que le reflux appliqué soit réglé en fonction de la variation de la charge.

Les résultats obtenus, pourront être pris en compte par les producteurs de GP<sub>1</sub>/Z afin de diminuer la facture énergétique due à l'exploitation de la colonne.

Cette étude ne présente qu'une partie d'une étude globale sur toutes les installations et les équipements du train. A savoir, le stockage de la charge, la déshydratation, la séparation, la réfrigération ainsi que le stockage des produits finis.

Vu la courte durée de notre stage au niveau du complexe et dans l'espoir de compléter et d'enrichir ce travail, nous recommandons, en cas d'éventuelles prochaines études, de prendre en considération les points suivants :

- ❖ Une étude similaire sur le déethaniseur et le dépentaniseur.
- ❖ Une partie de calcul des bilans de matière et thermique.
- ❖ Une étude de danger qui consiste à identifier et évaluer les risques liés à cette section (séparation).
- ❖ Une étude technico-économique qui englobe toutes les sections du train afin de déterminer l'intérêt économique à la suite de cette optimisation.

# Références bibliographiques

- 1.** Catalogue mécanique documente GP1/Z
- 2.** PIERRE WHITIER raffinage pétrochimique et génie chimique Tome I  
« TECHNIP 1972 ».
- 3.** PIERRE WHITIER raffinage pétrochimique et génie chimique  
Tome II « TECHNIP 1972 ».
- 4.** Butins d'analyse réalisés par service laboratoire, département technique, GP1/Z
- 5.** Manuel Opérateur GP1/Z, Stockage de la charge, Section 1, Volume 2.
- 6.** Manuel Opérateur GP1/Z, Process.
- 7.** Manuel Opérateur GP1/Z, Utilités.
- 8.** Manuel Opérateur GP1/Z, Stockage et expédition.
- 9.** Manuel Opérateur GP1/Z, Généralités sur le complexe.
- 10.** Manuel Opérateur GP1/Z section de séparation.
- 11.** GP1Z.B.CLAUEL ET ANDRIEU : base de génie chimique « technique et documentation » Edition 1986.
- 12.** Document et Cours de distillation.
- 13.** Document et cours HYSYS (Support technique HYSYS.).

The page features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a gradient from dark to light blue. These circles are arranged along a diagonal line that runs from the top-left towards the bottom-right. The circles are positioned in the upper right, middle right, and lower right areas of the page. The word "Annexes" is written in a black, cursive font, centered horizontally and positioned between the middle and bottom circles.

# *Annexes*