

**Université Kasdi-Merbah Ouargla**

**Faculté des sciences appliquées**

**Département de Génie des Procédés**



## **Mémoire**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences et Technologies.

**Filière** : Industries pétrochimiques.

**Spécialité** : Génie du Raffinage

Présenté par :

**EL HADI Maroua**

**Thème** :

*Amélioration des Paramètres de fonctionnement  
du Debutaniseur de L'unité de GPL/LDHP  
ZCINA HASSI MESSAOUD*

Soutenu publiquement le : 26/06/2021

Devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> .ZERROUKI Djamel	Pr	Président	UKM Ouargla.
M <sup>r</sup> . LESSOUED Ridha	MCB	Examineur	UKM Ouargla.
M <sup>elle</sup> . CHAOUCH Noura	MCA	Rapporteur	UKM Ouargla.

**Année universitaire : 2020/2021**



## *Remerciements*

*Tous mes remerciements à DIEU tout puissant de m' avoir donné l'énergie, la volonté et la patience pour achever mes études avec succès.*

*Un grand merci à Docteur CHAOUACH Noura ma promotrice pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements, son exigence me a grandement stimulé.*

*je tene à remercier monsieur .ZAROUKI Djamal pour avoir accepté d'évaluer ce travail et de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*mon vifs remerciements s'adresse à monsieur LASSOUAD Ridha pour avoir accepté d'examiner ce travail et de prendre part du jury.*

*je suis également reconnaissant envers l'ensemble du personnel de l'unité GPL/LDHP ZCINA à Hassi Messaoud, pour l'accueil qu'ils mon réservé et le temps qui mon consacrée, en particulier ourzifi amira, qu'ils trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude.*

*Elhadî marwa*



## *Dédicaces*

*Dieu Merci C'est avec grande joie que je dédie ce travail :*

*A mon Père, L'épaule solide, l'oeil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.*

*A ma Mère, Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.  
Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*Mes Chers Parents je vous offre ce modeste travail pour vous remercier pour vos sacrifices. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu vous préserve et te procure santé et longue vie.*

*A mes chers Amis,*

*A tous ceux qui m'aiment.*

## Résumé

Dans ce travail, je présente une étude d'optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne débutaniseur au sein de l'unité de traitement des gaz associés GPLZcina–Hassi Messaoud, dont l'objectif est d'améliorer la production en condensat. Le condensat produit dans cette unité possède une TVR de 0,4 bar, le rendant ainsi beaucoup plus sable que la spécification exigée pour le transport et le stockage à une TVR de 0,68 bar. La production en condensat est réduite, conséquence de cette sur-stabilisation. L'objectif de cette présente étude est d'améliorer la production en condensat au sein de cette unité et cela en ramenant sa TVR à 0,68 bar

La réalisation de cette optimisation à été menée à l'aide du logiciel de simulation hysys en utilisant le model thermodynamique Peng Robinson qui est un model adéquat pour l'étude du comportement des gaz.

Après avoir paramétré le débutaniseur la température optimale obtenue est de 172°C avec un débit de soutirage de l'isopentane de 80 tonne/jour. Cela à permet de récupérer une production supplémentaire en condensat de 344 tonnes/jour et de 16 tonnes/jour du GPL tout en respectant les spécifications commerciales de ces deux derniers, à savoir la TVR du condensat inférieur à 10 psi et la teneur du GPL en C<sub>5+</sub> qui est inférieur à 0,4% molaire.

**Mots clés :** gaz naturel, unité Zcina, débutaniseur, simulation, hysys, TVR

## Abstract

In this work, I present a study to optimize the operating parameters of the debutanizer column within the associated gas treatment unit GPLZcina – Hassi Messaoud, the objective of which is to improve condensate production. The condensate produced in this unit has a TVR of 0.4 bar, making it much sandier than the specification required for transport and storage at a TVR of 0.68 bar. Condensate production is reduced as a consequence of this over-stabilization. The objective of this present study is to improve the condensate production within this unit by reducing its TVR to 0.68 bar

hysys simulation software using the Peng Robinson thermodynamic model which is a suitable model for studying the behavior of gases.

After setting up the debutanizer column, the optimum temperature obtained is 172 ° C with an isopentane withdrawal rate of 80 tonnes / day. This made it possible to recover an additional condensate production of 344 tonnes / day and 16 tonnes / day of LPG while respecting the commercial specifications of the latter two, namely the TVR of the condensate below 10 psi and the content of the GPL in C<sub>5+</sub> which is less than 0.4 mol%.

**Keywords:** natural gas, Zcina unit, debutanizer, simulation, hysys, TVR .

# Sommaire

<b>Remerciements</b>	<b>I</b>
<b>Dédicace</b>	<b>II</b>
<b>Résumé</b>	<b>III</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>IV</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>V</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>VI</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I :Généralités sur le gaz naturel</b>	
I.1 Généralités sur le gaz naturel.....	2
I.1.1 Définition.....	2
I.1.2 Types du gaz naturel.....	2
I.1.3 Procédés de traitement de gaz.....	3
I.1.3.1 Procédé PRICHARD.....	3
I.1.3.2 Procédé HUDSON.....	4
I.1.3.2 Procédé mixte.....	4
I.2 Généralités sur le GPL.....	4
I.2.1. Définition.....	4
I.2.2. Origine des GPL.....	5
I.2.2.1 Des champs de gaz naturel,pour 60%.....	5
I.2.2.2 Des raffinerie de pétrole,pour moins de 40%.....	5
I.2.3. Composition chimique.....	5
I.2.4. Propriétés des GPL.....	6
I.2.5. Caractéristiques du GPL.....	6
I.2.6 Utilisation du GPL.....	8
I.2.6.1 Le GPL carburant Utilisation du GPL.....	8
I.2.6.2 Le GPL dans la pétrochimie.....	9
I.2.6.1 Le GPL dans la production d'électricité.....	10
I.2.6.1 Le GPL dans les ménages.....	10
I.2.6.1 Le GPL dans la climatisation.....	10
I.2.6.1 Le GPL dans l'agriculture.....	11
I.2.7 Avantage écologique du GPL.....	11
I.2.8. GPL dans le monde.....	12
I.2.9. GPL en Algérie.....	13
I.2.9.1 Production nationale du GPL.....	13
I.2.9.2 Consommation nationale du GPL.....	14
I.2.10. Stockage des gaz liquéfiés.....	14
I.2.11 Distribution du GPL.....	17
I.3. Condensât.....	18
I.3.1. Définition.....	18
I.3.2. Caractéristiques du condensât.....	18
I.3.3. Domaines d'utilisation du condensât.....	19
<b>Chapitre II : Notion fondamentales sur la distillation</b>	
II.1. Définition de la distillation.....	20
II.2.Principe de la distillation.....	20

II.3. Type de distillation.....	21
II.3.1. La distillation discontinue.....	21
II.3.2. La distillation continue.....	21
II.4. Équilibre liquide-vapeur.....	21
II.4.1. Distillation d'un mélange binaire.....	22
II.4.2. Distillation flash.....	22
II.5. Description d'une installation de distillation en continu.....	23
II.5.1. Colonne.....	24
II.5.2. Rebouilleur.....	24
II.5.3. Condenseur.....	24
II.5.4. Ballon de reflux.....	24
II.5.5. Équipements annexes.....	24
II.6. Classification des colonnes de Distillation.....	25
II.6.1. Les colonnes à garnissages.....	25
II.6.2 Les colonnes à plateaux.....	26
II.6.2.1 Plateaux a calottes.....	26
II.6.2.2 Plateaux perforés a deversoir.....	26
II.6.2.3 Plateaux a clapets.....	27
II.6.2.4 Plateaux sans déversoir.....	27
II.6.2.5 plateaux ajet directionnel.....	27
II.7. Lois fondamentales de la distillation.....	28
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
III.1 Présentation de l'unité GPL/ LDHP ZCINA.....	29
III.1.1. Unité de GPL.....	29
III.1.2. Unité de séparation LDHP (Ligne Directe Haute Pression).....	29
III.2 Description du procédé de traitement.....	30
III.3 Problématique de la recherche.....	39
III.4 Méthodologie de la recherche.....	40
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
IV.1 Simulation Du débuthaniseur G11-CB-32-01(Cas desinge).....	42
IV .1.1 GPL Produit.....	44
IV.1.2 Condensat stabilisé.....	45
IV.1.3 Isopentane soutiré a partire de plateau N°8.....	47
IV.2 Simulation Du débutaniseur G11-CB-32-01(Cas actuel).....	49
IV.2.1 Spésification de la charge d'alimentaton du débutaniseur.....	49
IV.2.2 Simulation des paramètre en tete du débutaniseur.....	50
VI.2.3 Simualtion des paramètre au fond du débutaniseur.....	51
IV.2.4 Simulation des paramètre au niveau du huitieme plateau.....	51
IV.3 Optimisation des paramètre de fonctionnement dudébutaniseur G11-CB-32-01.....	52
IV.3.1 Influence de la temperateur du plateau sensible.....	52
IV.3.2 Influence du débit de soutirage de l'isopentane.....	56
IV.3.3 Choix de l'optimum.....	58
<b>Conclusion générale</b>	<b>60</b>

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableau I.1</b>	Composition approximative des APG.....	3
<b>Tableau I.2</b>	Composition molaire du GPL.....	5
<b>Tableau I.3</b>	Caractéristiques du Butane et Propane commerciaux.....	8
<b>Tableau I.4</b>	Comparaison des rejets des différents combustibles.....	12
<b>Tableau I.5</b>	Les principales caractéristiques du condensât.....	18
<b>Tableau IV.1</b>	Composition de la charge du débutaniseur .....	42
<b>Tableau IV.2</b>	Composition du GPL produit.....	43
<b>Tableau IV.3</b>	Débits molaire du GPL produit.....	43
<b>Tableau IV.4</b>	Paramètres du GPL produit.....	44
<b>Tableau IV.5</b>	Compositions du condensat stabilisé.....	44
<b>Tableau IV.6</b>	Débits molaire du condensat stabilisé.....	45
<b>Tableau IV.7</b>	Paramètres du condensat stabilisé.....	45
<b>Tableau IV.8</b>	Compositions de l'isopentane soutiré.....	46
<b>Tableau IV.9</b>	Débits molaire d'isopentane.....	46
<b>Tableau IV.10</b>	Paramètres d'isopentane soutiré.....	47
<b>Tableau IV.11</b>	Caractéristique de la charge d'alimentation de débutaniseur .....	48
<b>Tableau IV.12</b>	Caractéristique du GPL produit en tete de débutaniseur .....	49
<b>Tableau IV.13</b>	Caractéristique du condensat produit au fond du débutaniseur .....	50
<b>Tableau IV.14</b>	Caractéristique de l'isopentane soutiré au niveau du plateau N°8.....	51
<b>Tableau IV.15</b>	Influence de la température du plateau sensible sur la production du GPL	52
<b>Tableau IV.17</b>	Influence de la température du plateau sensible sur la production et les caractéristique du condensat.....	54
<b>Tableau IV.18</b>	Influence de la température du plateau sensible sur la production et les caractéristique de l'isopentane .....	55
<b>Tableau IV.19</b>	Influence débit de soutirage de l'isopentane sur les spécification du GPL	56
<b>Tableau IV.20</b>	Influence débit de soutirage sur le condensat.....	58
<b>Tableau IV.21</b>	Paramètres de la colonne après optimisation.....	58

# *Liste des Figure*

<b>Figure I.1</b>	Variation de la Tension de vapeur du butane et du propane en fonction de la température.....7
<b>Figure I.2</b>	Vue extérieure de réservoirs sous pression.....15
<b>Figure I.3</b>	Sphère existante sous talus.....17
<b>Figure II.1</b>	Diagramme d'équilibre d'un mélange binaire à pression constante...22
<b>Figure II.2</b>	Schéma simple d'une distillation flash.....23
<b>Figure II.3</b>	Schéma simplifié d'une installation de distillation.....23
<b>Figure II.4</b>	Garnissage structuré .....25
<b>Figure II.5</b>	Colonne à garnissage.....25
<b>Figure II.6</b>	L'écoulement dans une colonne à plateaux.....26
<b>Figure II.7</b>	Les clapetes.....27
<b>Figure III.1</b>	Schéma compression de gaz de charge.....31
<b>Figure III.2</b>	Schéma compression de gaz de charge.....32
<b>Figure III.3</b>	Schéma déshydratation du gaz de charge.....33
<b>Figure III.4</b>	Schéma de la section de refroidissement (turbo expander).....36
<b>Figure IV.1</b>	Schéma PFD pour la simulation de la section débutanisation.....42
<b>Figure IV.2</b>	Gradient de température dans la colonne débuthaniseur.....53
<b>Figure IV.3</b>	Variation de la TVRdu condansat en fonction de la température du plateau sensible.....54
<b>Figure IV.4</b>	Influence du débit de soutirage sur la température du 8 <sup>eme</sup> plateau.....57
<b>Figure IV.5</b>	Influence de débit de soutirage sur la production du GPL.....57



# *Liste des abréviations*

APG : Gaz Associés du Pétrole

BSW : Teneur en Sédiment et en Eau

CIS : centre industriel sud

CINA : centre industrielle nord naili abdelhalim

DCS : System de Control Commande

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

LDHP/ZCINA : Ligne Directe Haute Pression /nouvelle Zone du Centre Industriel Nord Naili Abdelhalim



***Introduction générale***

L'exploitation pétrolière en Algérie consiste principalement à maximiser les revenus en optimisant la récupération, et la valorisation de tous les dérivés qui connaissent une hausse des prix et une libre vente sur le marché international notamment le condensât et le GPL.

En effet, depuis une dizaine d'années, la société nationale SONATRACH a lancé un ambitieux programme de développement, en vue d'augmenter la contribution de ces produits dans les exportations globales d'hydrocarbures.

L'un des champs qui ont bénéficié de ce programme est le champ nord de Hassi Messaoud, et cela a été concrétisé par la construction d'une nouvelle unité GPL/Zcina mis en fonction en 2013 pour améliorer la production en GPL et condensat à partir des gaz associés.

Cette unité utilise un procédé baptisé « HUDSON" basé sur le refroidissement du gaz par échanges thermiques ensuite par une détente via "turbo-expander" suivi par un fractionnement dans trois colonnes de rectification appelées respectivement : absorbeur, dééthaniseur et débutaniseur.

La section débutaniseur produit du GPL, condensat stabilisé et un soutirage intermédiaire d'isopentane aspiré par une pompe pour être envoyé vers l'unité de traitement de brut CINA via la séparation LDHP/ZCINA.

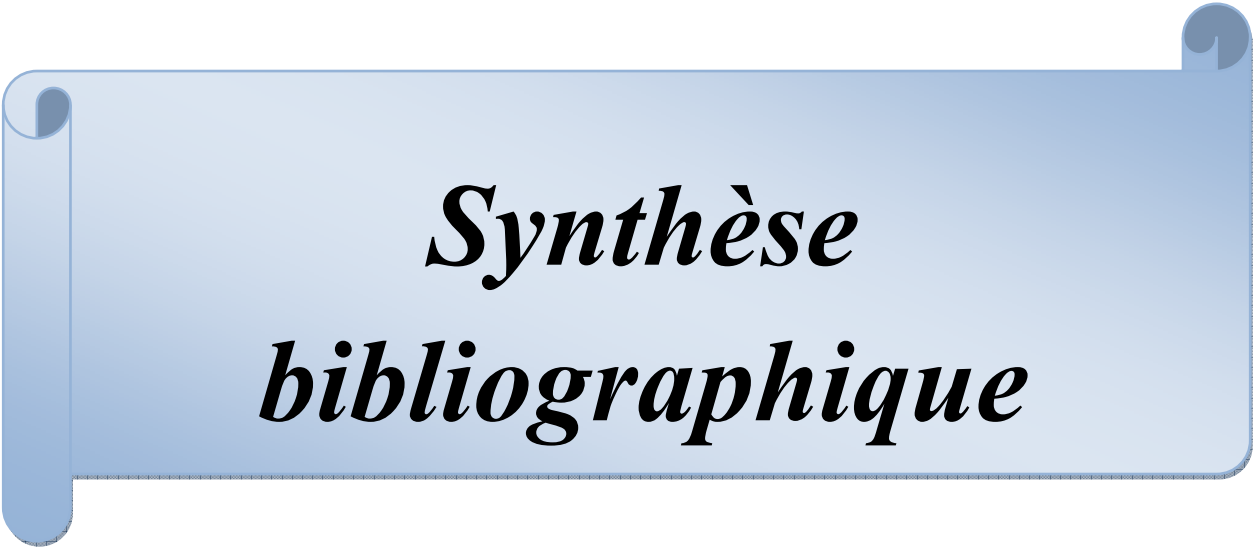
Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous avons effectué notre stage où il nous a été proposé l'étude de l'optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne débutaniseur dans le but d'améliorer la production totale de l'unité et cela sans affecter les spécifications technico-commerciales requises pour le GPL et le condensat.

Sachant qu'actuellement le condensat produit possède une TVR de 0,4 bar engendrant ainsi une perte importante dans la production en condensat ce qui laisse une marge pour une fraction supplémentaire de l'isopentane dans le condensat allant à une TVR de 0,68 bar.

Le mémoire proposé est entamé par une introduction générale exposant l'importance du thème suivie de cinq chapitres :

- Chapitre 1 : Généralités sur le gaz naturel
- Chapitre 2 : Notions fondamentales sur la distillation.
- Chapitre 3 : Matériels et méthodes.
- Chapitre 4 : Résultats et discussions.

Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale décrivant les principaux résultats de ce travail de recherche.



*Synthèse  
bibliographique*



***Chapitre I***  
***Généralités sur le gaz naturel***

## I.1 Généralités sur le gaz naturel

Troisième source d'énergie consommée dans le monde (21.3%), après le pétrole (31.4%) et le charbon (23%), le gaz naturel occupe désormais une place majeure dans le bouquet énergétique.

Historiquement, l'exploitation des hydrocarbures a commencé par celle du pétrole, au sens large du terme. Dans la classification des hydrocarbures, on a alors distingué cette phase liquide facilement valorisable de la phase gazeuse. L'intérêt croissant pour le gaz naturel vient du fait que celui-ci est choisi pour sa souplesse d'utilisation, sa propriété et en fin l'abondance relative des ressources [1].

### I.1.1 Définition

Le gaz naturel est un combustible fossile présent naturellement sous forme gazeuse dans les roches poreuses du sous-sol, c'est un mélange dont le constituant principal, de 75 % à 95 %, est le méthane (CH<sub>4</sub>) mais on y trouve aussi l'éthane, le propane ainsi que le butane. Le gaz naturel est généré à partir de la sédimentation de la matière organique vieille de plusieurs millions d'années. Le plus souvent enterré dans le sous-sol et sous l'effet de la pression et de la température, la matière organique se transforme d'abord en kérogène lorsque la température augmente (entre 50 et 120°C), le kérogène se décompose (pyrolyse), expulsant le pétrole et le gaz naturel, qui constituent dans une roche imperméable, un gisement [2].

### I.1.2 Types du gaz naturel

L'apparition d'une phase liquide dépend des conditions de température et de pression dans le réservoir et en surface, ce qui conduit à distinguer les types suivants:

- **Gaz sec** : les conditions de formation n'ont pas favorisé la phase liquide dans les conditions de production, le gaz est concentré en méthane et contient très peu d'hydrocarbures lourds.
- **Gaz humide** : suite à la pression élevée, l'action des bactéries anaérobies, une phase liquide s'est formée, le gaz est moins concentré en méthane.
- **Gaz à condensât** : une phase liquide se forme dans le réservoir, au cours de la production la phase condensée est riche en constituants lourds.
- **Gaz associé** : le gaz de pétrole associé (APG), ou gaz associé, est une forme de gaz naturel qui se trouve avec des dépôts de pétrole, soit dissous dans l'huile, soit

sous forme de " bouchon de gaz" au-dessus de l'huile dans le réservoir. Historiquement, ce type de gaz a été libéré en tant que produit de rebut de l'industrie de l'extraction du pétrole.

Appelé aussi gaz de torchère, Il est séparé directement lors de l'extraction du pétrole. Pendant longtemps, ce gaz était considéré comme un parent pauvre de l'exploitation du pétrole, que l'on voyait sur les champs pétroliers mondiaux, des centaines de torchères brûlant à l'air libre la plus grande partie du gaz produite en même temps que le pétrole.

Il était considéré comme un déchet, ce qui constitue un gaspillage de ressources énergétiques non renouvelables et une pollution inutile [3].

**Tableau I.1** Composition approximative des APG [3]

Constituant	Fraction volumique (%)	Fraction massique (%)
Méthane	81	60
Ethane	5.5	7.7
Propane	6.6	3.5
Butane	4.0	10.8
Pentane	1.4	4.8
Nitrogène	1.0	1.33
Dioxyde de carbone	0.17	0.33

La Banque mondiale estime que plus de 150 milliards de mètres cubes de ce gaz sont torchés ou évacués annuellement. Cette quantité de gaz représente environ 30,6 milliards de dollars et équivaut à 25 pour cent de la consommation annuelle de gaz des États-Unis ou à 30 pour cent de la consommation annuelle de gaz de l'Union européenne [4].

### I.1.3 Procédés de traitement de gaz

#### I.1.3.1. Procédé PRICHARD

Ce procédé est basé sur le refroidissement du gaz par échange thermique et par détente avec l'utilisation d'une boucle de propane comme système réfrigérant, pour atteindre en fin de cycle des températures voisines de -23°C [28].

### **I.1.3.2. Procédé HUDSON**

Il est basé sur le refroidissement du gaz par échange thermique et par une série de détente complétées d'une détente à travers une machine appelée Turbo-Expander, qui permet d'atteindre une température de  $-40^{\circ}\text{C}$  [28].

### **I.1.3.3. Procédé mixte**

Dans ce procédé de traitement de gaz on trouve une combinaison entre les deux autres procédés de traitement pour assurer les besoins en frigories, il utilise à la fois une boucle de propane et un turbo-expander. La température finale obtenue grâce aux refroidissements successifs peut atteindre  $-65^{\circ}\text{C}$ .

Les procédés mixtes sont les plus performants, car ils permettent une meilleure récupération des hydrocarbures liquides. Dans tous les procédés de traitement, les liquides obtenus à différents niveaux sont stabilisés puis fractionnés en GPL et condensat. Ces produits finis feront l'objet des développements qui suivent [28].

## **I.2 Généralités sur le GPL**

L'usage des GPL est aujourd'hui largement répandu en raison de leur facilité de stockage et de transport. Leur distribution a débuté dans les bouteilles dès les années 30 et s'est étendue avec le développement du stockage en citernes (ou vrac) dans les années 60. Les GPL sont aujourd'hui largement exploités par les industriels mais aussi par les particuliers dans leurs activités itinérantes, grâce à leur avantage écologique, en n'émettant presque aucun carbone [5].

### **I.2.1. Définition**

Le terme « GPL » ou « Gaz de Pétrole Liquéfiés » est utilisé pour désigner des mélanges d'hydrocarbures essentiellement composés de butane ou de propane. Le GPL carburant destiné aux véhicules automobiles ou marins, est un mélange de butane et de propane.

Gazeux dans des conditions normales de température et de pression, les GPL peuvent être facilement liquéfiés. C'est ce caractère particulier qui rend leur transport et leur commercialisation aisés [5].



## I.2.2. Origine des GPL

Le GPL provient de deux origines:

### I.2.2.1 Des champs de gaz naturel, pour plus de 60 %

En moyenne, un champ de gaz naturel fournit près de 90% de méthane (CH<sub>4</sub>) mais aussi 5% de propane et 5 % d'autres gaz dont le butane. Schématiquement, on refroidit le gaz naturel extrait pour en séparer les différents constituants. On obtient alors des GPL (butane et propane à l'état liquide), alors que le méthane se trouve encore à l'état gazeux, ces gaz ayant des points de liquéfaction différents. Du butane et du propane sont également récupérés lors de l'extraction de pétrole, sous forme de gaz associés dissous (d'où l'appellation de « de gaz de pétrole » liquéfiés).

Les pourcentages de butane et du propane contenus dans le gaz naturel et le pétrole brut sont très variables d'un gisement à un autre [5].

### I.2.2.2 Des raffineries de pétrole, pour moins de 40 %

Lors du raffinage du pétrole brut, le butane et le propane constituent entre 2 et 3% de l'ensemble des produits obtenus. Ils constituent les coupes les plus légères issues de la distillation du pétrole brut. Ces gaz sont également récupérés à l'issue d'opérations de traitement « secondaires », après la phase de distillation. Selon sa provenance, une tonne de pétrole brut traitée produit 20 à 30 kg de GPL, dont 2/3 de Butane et 1/3 de Propane. Au total, les GPL ne pourront dépasser 5% de la ressource mondiale en hydrocarbures [5].

## I.2.3. Composition chimique

La composition chimique du GPL est variable, selon les normes et sa provenance. Il peut contenir du propylène, du butène, une faible quantité d'éthylène, du pentane et exceptionnellement du butadiène, de l'acétylène et du méthylacétylène [2]. Le tableau ci-dessous donne une composition molaire approximative de ce produit.

**Tableau I.2 :** Composition molaire du GPL.

Composantes du GPL	% Molaires
Méthane	0.32
Éthane	1.12
Propane	60.95
Iso butane	15.46
Normale butane	22.14
Iso pentane	0.01

### I.2.4. Propriétés des GPL

Le propane et le butane sont naturellement gazeux à pression atmosphérique (1bar) et à température ambiante (15°C). Ils peuvent toutefois facilement être liquéfiés et sont alors qualifiés de GPL. Cet état liquide permet de les manipuler, de les stocker dans de faibles volumes.

En effet, 1 litre de butane liquide libère 239 litres de gaz (à 15°C sous 1 bar de pression) et 1 litre de propane liquide libère 311 litres de gaz (15°C sous 1bar de pression). Le propane et le butane se différencient l'un de l'autre par la température et la pression auxquelles ils passent de l'état gazeux à l'état liquide. A pression atmosphérique (1 bar), le propane devient liquide en dessous de -42°C tandis que le butane passe à cet état dès que la température descend en dessous de 0°C. A titre de comparaison, le méthane (CH<sub>4</sub>), principal composant du gaz naturel, se liquéfie sous haute pression (47 bar à -82°C) ou à très basse température (1 bar à -161°C) [6].

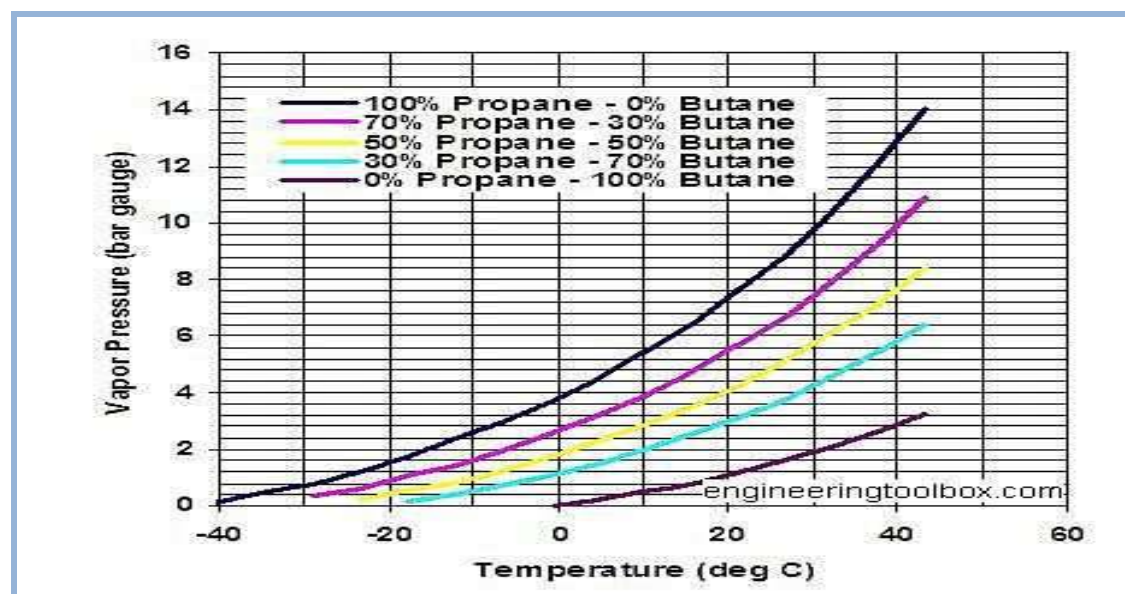
### I.2.5. Caractéristiques du GPL [26]

Les principales caractéristiques du GPL sont rassemblées dans ce qui suit :

- **Odeur** : le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant, ce sont des composés sulfures tel que le diéthylmercaptan ou le diméthylsulfide pour des raisons de sécurité.
- **Indication des dangers** : gaz liquéfié extrêmement inflammable.
- **Gelures provoquées par le GPL** : le GPL, lorsqu'il se réprend sous sa forme liquide, hors d'un container sous pression, il s'évapore en produisant du froid : au contact de la peau il provoque des brûlures caractéristiques appelées "brûlures froides". S'il y a risque de contact l'utilisateur devra faire usage de lunette, gants ou toute autre revêtement de protection.
- **Toxicité** : les GPL ne sont pas vraiment toxiques. Ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant, s'ils sont inhalés longuement ils peuvent provoquer des migraines et des maux d'estomac, ne présentant aucun danger d'empoisonnement. Toutefois, dans les puits et les endroits clos ou le gaz plus lourd que l'air peut s'accumuler, l'air peut être déplacé provoquant ainsi un manque d'oxygène, pour toutes respirations normales.

- **Dilatation** : à l'état liquide, les GPL ont un haut coefficient de dilatation, ils se dilatent de 0,25% par degré de température dont il faut tenir compte lors de leur stockage dans les récipients que le remplissage ne doit jamais être dépassé au maximum 85% de sa capacité.
- **Réactivité** : le propane et le butane sont chimiquement réactifs et ils peuvent détériorer certains caoutchoucs naturels ou certaines matières plastiques. Il est donné primordial de n'utiliser que des accessoires et des équipements spécialement congrus pour ces gaz.
- **Solubilité** : les GPL sont insolubles dans l'eau, et ils n'ont pas de propriétés lubrifiantes, chose qui doit être prise en considération, lors du dimensionnement des compresseurs et des pompes.
- **Tension de vapeur** : la pression qui règne dans les récipients dépend :
  - De la température initiale du liquide.
  - Du soutirage éventuel effectué.

Le graphique donne les tensions de vapeur relatives en fonction de la température ambiante.



**Figure I.1** Variation de la Tension de vapeur du butane et du propane en fonction de la température [26]

Le tableau ci-après résume les principales caractéristiques du Butane et Propane commerciaux.

Tableau I.3 : Caractéristiques du Butane et Propane commerciaux

	<b>BUTANE Commercial</b>	<b>PROPANE Commercial</b>
<b>PCS (Pouvoir calorifique Supérieur)</b>	49.4 MJ OU 13.7 KWh par Kg 120.5 MJ ou 33.5KWh par m <sup>3</sup> à 15°C et 1013 mbar	49.8MJ ou 13.8KWh par kg 93.3MJ ou 25.9 KWh par m <sup>3</sup> A15 °C et 1013 mbar
<b>PCI (Pouvoir calorifique Inférieur)</b>	45.6 MJ OU 12.66 KWh par Kg 109.6 MJ ou 30. 45KWh par m <sup>3</sup> à 15°C et 1013 mbar	46 MJ ou 12.78 KWh par Kg 85.3MJ OU 23.7KWh par m <sup>3</sup> à 15°C et 1013 mbar
<b>Pression de vapeur à 20 °C</b>	2,9	9,6

Il est impératif de noter que le butane se liquéfiant à une température plus élevée que le propane (autour de -5°C contre -39°C), par temps froid, un mélange riche en butane aura du mal à se vaporiser, rendant la combustion difficile, voire impossible.

C'est pourquoi les distributeurs proposent des GPL ayant une plus forte proportion de propane l'hiver et de butane l'été [26].

### I.2.6.Utilisation du GPL

Le GPL, est une source d'énergie exceptionnelle en raison de ses origines, de ses caractéristiques et de ses applications.

En tant qu'énergie moins polluante, faiblement émettrice de CO<sub>2</sub>, performante et novatrice, le GPL offre de nombreux avantages pour les consommateurs et les secteurs professionnels comme pour l'environnement. Avec une disponibilité immédiate et en tous points du globe, des atouts environnementaux du fait qu'il produit moins de gaz à effet de serre que l'essence. Le GPL permet d'assurer et de contribuer, sans délai, à un modèle énergétique durable, compétitif et plus sûr [7].

#### I.2.6.1 Le GPL carburant (GPL-c)

##### A. Définition

Le GPL est utilisé comme carburant automobile depuis des décennies. Il constitue un produit exceptionnel sur le plan de la préservation de la qualité de l'air. Il ne contient ni du soufre, ni du benzène, ni d'autres substances toxiques.

Le pouvoir calorifique du GPL est pratiquement égal à celui de l'essence, si on l'exprime en kilocalories par kilogramme de carburant (kcal/kg), mais ces valeurs

seront très différentes si elles sont exprimées en kilocalories par litre de carburant liquide à 15°C ; cette diversité provient de la différence des densités entre le GPL et l'essence. En moyenne, la masse volumique à 15°C d'un GPL est de 0,555 Kg/litre. Le GPL est caractérisé par un indice d'octane recherche (RON) naturellement élevé atteignant aisément 98. Cette propriété découle en fait directement des valeurs de RON de chacun de ces constituants. Par ailleurs, son indice d'octane moteur (MON) est, lui aussi légèrement plus élevé que celui des essences classiques.

Le GPL est stocké dans le réservoir à une pression comprise entre 8 et 10 bars [4].

#### **B. Les avantages techniques du GPL carburant sont :**

- Homogénéité du mélange air- GPL donnant une meilleure régularité du couple moteur aux bas régimes mais perd environ 5% de puissance à haut régime, les reprises se font plus souples. Le fonctionnement du moteur est plus silencieux et les vibrations diminuent.
- Contrairement aux carburants classiques, la combustion du GPL ne laisse aucun dépôt et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue. Les révisions peuvent être espacées tous les 30 000 km.
- Le GPL carburant répond bien aux problèmes de pollution des villes. Il existe un inconvénient majeur à l'encombrement, le réservoir peut amputer le volume du coffre.

Toutefois les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles une version GPL avec réservoir intégré [4].

#### **1.2.6.2 Le GPL dans la pétrochimie**

La demande pétrochimique globale du GPL enregistre un taux de croissance de l'ordre de 10%. Il est utilisé dans ce domaine comme charge de vapocraqueur à fin d'obtenir des oléfines.

Le butane et le propane obtenus par la séparation du GPL sont utilisés pour la déshydrogénation dans la production de butadiène et de propylène qui vont servir comme matière première pour la synthèse des caoutchoucs.

Le propane est oxydé en acétaldéhyde, formaldéhyde, acide acétique et acétone... etc. Le propylène est actuellement la matière première pour la fabrication de nombreuses substances tel que le polypropylène, l'alcool isopropylique, et l'isopropylbenzène servant de base à la production de glycérine et de

l'épichlorhydrine, des tétramères de propylène pour les détergents, le méthylstyrène, l'oxyde de propylène l'acroléine, l'alcool amylique ... etc.

Le n-butane est utilisé pour la production de plusieurs oléfines, tel que l'éthylène, propylène, divers butylènes ou bien acétylène et butadiène, le n butane s'oxyde en donnant l'acétaldéhyde, l'acide acétique, le formaldéhyde, l'acétone etc. L'isobutane intervient dans de nombreuses alkylations, qui se produisent lors de la préparation des supercarburants à indice d'octane élevé. Le butylène joue un rôle très important dans la synthèse des caoutchoucs.

Le polyisobutylène à bas et à haut point moléculaire est utilisé comme épaisseurs des huiles de garnissage et pour d'autres buts [9].

### **I.2.6.3 Le GPL dans la production d'électricité**

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

La production de l'électricité en Algérie est effectuée uniquement par le gaz naturel, les GPL ne sont pas introduits jusqu' ici dans la génération d'électricité [18].

### **I.2.6.4 Le GPL dans les ménages**

Le butane et le propane qui sont obtenus par la séparation du GPL ont une grande importance dans les ménages ; Le butane est utilisé principalement dans le secteur domestique pour la cuisine et le chauffage, la consommation nationale représente l'équivalent de 11 millions de bouteilles de 13 kg par ans. Le propane représenté 4,8% de la consommation national du GPL, il est utilisé comme combustible dans les unités industrielles et artisanales en substitution domestique dans les régions non reliées au gaz naturel [18].

### **I.2.6.5 Le GPL dans la climatisation**

Le GPL est utilisé pour la construction des réfrigérateurs et des climatiseurs (moyenne capacité) comme fluide caloporteur du fait de ces caractéristiques thermiques importantes [18].

### **I.2.6.6 Le GPL dans L'agriculture**

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

La distribution des GPL est assurée par voie routière et ferroviaire depuis les centres de stockage vers les citernes, les revendeurs de bouteilles et les stations de GPL carburant [18].

### **I.2.7 Avantages écologiques du GPL**

Toutes les études menées jusqu'à aujourd'hui ont abouti aux mêmes conclusions : le GPL pollue moins que les autres carburants ; il n'y a aucun rejet de plomb, de soufre ou de particules, car ils n'entrent pas dans sa composition chimique, faite uniquement de butane et de propane. En outre, sa combustion dans le moteur est complète, ce qui limite les rejets d'imbrûlés. Grâce à sa composition, le GPL permet de baisser les rejets de monoxyde de carbone (CO), responsable de troubles respiratoires et de maux de tête en empêchant l'oxygénation du sang, les hydrocarbures imbrûlés (HC), qui sont cancérigènes et donnent des nausées, et surtout les oxydes d'azote (NOx), irritants du système respiratoire et gros point faible du diesel, avec les particules.

Le fameux dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) n'est pas un polluant direct. Sur ce point, si le GPL est un peu plus performant que l'essence, les résultats obtenus par le diesel sont meilleurs, mais ce dernier génère d'autres polluants plus directement néfastes (NOx, ainsi que des particules et suies qui atteignent l'appareil respiratoire en se diffusant dans l'atmosphère). Les mesures effectuées sur les oxydes d'azote (NOx), responsables lors des journées ensoleillées de la formation d'ozone, le monoxyde de carbone (CO) ou le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), contribuant à l'effet de serre, montrent une diminution sensible des rejets comparés à l'essence et au diesel.

Les émissions de NOx seraient réduites de 40 à 75%, ceux de CO de 45 à 85% alors que le CO<sub>2</sub> diminuerait de l'ordre de 15% [8].

Tableau I.4 Comparaison des rejets des différents combustibles [8]

Pollution en g/km	GPL	ESSENCE	DIESEL	GNV
CO <sub>2</sub>	140	190	100	115
CO	0.6	2	2	0.52
NOx	0.1	0.4	0.8	0.05
Composés organiques	0.15	0.3	0.3	0.27
Particules	-	0.01	0.2	-
Benzène	-	1	4	-

### I.2.8. GPL dans le monde

Dans le monde l'énergie GPL constitue 2% de l'énergie consommée. Au Moyen-Orient, la production du GPL s'est considérablement développée à la fin des années 70 lorsque l'augmentation du prix de l'énergie a rendu attractive la récupération du propane et du butane. Auparavant, ces produits étaient brûlés avec le gaz associé. Le Moyen-Orient est actuellement la principale source d'exportation des GPL dans le monde.

En Afrique, le GPL est surtout récupéré à partir du gaz naturel dans les unités de traitement de gaz humide. La production des raffineries assure le complément. Le propane et le butane sont récupérés au niveau de la distillation atmosphérique du pétrole brut et par craquage des molécules lourdes dans la plupart des unités de transformation et de conversion. Les principaux flux de GPL transitent depuis le Moyen Orient vers le Japon et l'Asie du Sud-Est.

La production mondiale de GPL est passée de 177,8 millions de tonne en 1997 à 210 millions de tonnes en 2002, et allant jusqu'à 230 millions de tonnes en 2007.

La consommation mondiale de GPL en 2009 était 243,6 millions de tonnes et a atteint les 260 millions de tonnes en 2011. Le GPL/c est le troisième carburant automobile au monde [27].



## **I.2.9. GPL en Algérie**

### **I.2.9.1. Production nationale du GPL**

La production nationale du GPL a suivi une croissance soutenue en raison de l'intérêt suscité chez les pays industrialisés pour cette forme d'énergie idéale pour la protection de l'environnement.

Jusqu'à 1984, l'Algérie importait du butane en période de pointe. Dès la mise en service du complexe GP-1Z, la production nationale est devenue largement excédentaire par rapport à la demande du marché national. Durant la dernière décennie, l'industrie algérienne du GPL a connu des changements profonds, notamment en matière de production, d'exploitation et dans les activités de transport maritime. Le programme de valorisation des ressources gazières lancé au début des années 90 fait bénéficier aujourd'hui l'Algérie de disponibilités importantes en GPL.

Depuis la mise en exploitation du champ gazier de Hamra en 1996, la production de GPL a connu un développement rapide. Le niveau de l'offre nationale de GPL était de l'ordre de 13.3 millions de tonnes en 2012. Cette offre provient de trois sources différentes :

- 10% obtenus par raffinage du pétrole brut aux raffineries de Skikda, Arzew et Alger.
- 11% sont obtenus à l'issue de la liquéfaction du gaz naturel aux complexes de liquéfaction GL-2Z, GL-1K.
- 79% sont produits à partir des gisements d'hydrocarbures, par séparation du gaz et le traitement du pétrole brut ; soit 4,35 millions de tonnes.

Deuxième exportateur mondial de GPL, SONATRACH a exporté 7 millions de tonnes de GPL en 2006 vers 20 pays répartis sur quatre continents.

Le marché Méditerranéen des GPL demeure la principale destination des exportations de SONATRACH avec 63% du total. Le reste a été livré vers les USA 26%, Amérique Latine 2% et 9% vers les marchés de l'Europe du Nord.

Durant la dernière décennie, l'industrie algérienne des GPL a connu des changements profonds, notamment en termes de production, d'exportation et transport maritime [27].

### **I.2.9.2. Consommation nationale du GPL**

La consommation nationale de cette énergie ne représente que 1.5 millions de tonnes par an sur une production totale de plus de 15 millions de tonnes. La consommation par secteur montre que 80% des GPL sont destinés au domaine résidentiel et commerciale, 18% pour le transport et 2 pour l'industrie [27].

L'Algérie a mené depuis les années 1980 une politique de développement du GPL carburant en substitution des carburants traditionnels et notamment les essences, en raison de ses réserves importantes en GPL et pour lutter contre la pollution. Cette politique a actuellement atteint sa maturité du fait de :

- L'existence d'un parc relativement important de véhicules convertis au GPL.
- La mise en place à travers le territoire d'installateurs de kits GPL sur véhicules.
- La disponibilité d'un réseau important de stations-service distribuant le GPL.
- La demande croissante en ce produit.

Notons aussi que le prix du GPL/C à la pompe très attractif (différentiel important avec les essences) et l'utilisation du bu-pro dont la teneur en butane autorisée peut atteindre 45%, rend possible l'usage du GPL provenant directement des unités de traitement du gaz naturel et de pétrole du Sud du pays.

Ce créneau, qui nécessite le renforcement du réseau de distribution, la mise en place de capacités de stockage et des moyens de transport adéquats, est une opportunité certaine aux investisseurs [27].

### **I.2.10. Stockage des gaz liquéfiés**

Pour les pays producteurs, le stockage du gaz constitue une étape essentielle de l'exploitation. Avant d'être acheminé jusqu'au consommateur final, le gaz transite par des sites de stockage installés près des gisements ou des zones de consommation.

En stockant une partie du gaz extrait, les producteurs garantissent de pouvoir livrer des volumes stables de gaz tout au long de l'année. Pour les consommateurs, le stockage du gaz garantit un approvisionnement continu. Ainsi le gaz circulant vers les zones de consommation n'est pas forcément utilisé tout de suite. Il peut alors être stocké pour être réutilisé dès que la demande le justifie.

Les GPL sont stockés sous pression dans des réservoirs sphériques, lors de leur stockage, des vapeurs de GPL (ou Boil-off) se dégagent par ébullition sous l'effet de :

- La convection et la radiation de la chaleur atmosphérique.
- L'échauffement dû à la friction des GPL produits dans les canalisations
- La différence de température entre le liquide stocké et celui à introduire dans le réservoir.

Pour éviter la perte de ces vapeurs, les paramètres de stockage doivent être maintenus dans une plage bien déterminée, pour cette raison, un système de réfrigération par compression, refroidissement et détente des vapeurs est utilisé.

Ces vapeurs sont comprimées de 5.3 bars à 19 bars et 115°C par un compresseur alternatif puis condensées à 54°C dans un aéroréfrigérant et enfin détendues à 5 bars et 15°C, ceci permet le refroidissement du réservoir, et par conséquent la réduction de sa pression [2].

Les gaz liquéfiés sont stockés sous leur propre tension de vapeur et la pression de stockage dépend uniquement :

- De la nature du produit stocké.
- De la température de stockage.



**Figure I-2** Vue extérieure de réservoirs sous pression [2].

Les gaz liquéfiés sont stockés, dans des réservoirs aériens sous pression à la température ambiante.

La tenue à la pression ne pose pas de problème puisque ces réservoirs sont protégés par des soupapes de sécurité dont la pression de tarage est bien entendu fonction du produit.

Cela concerne [2]:

- Les réservoirs cylindriques (cigares).
- Les sphères.
- Les stockages souterrains.
- Les stockages sous talus.

Les réservoirs petits vrac de propane et de bouteilles de propane et de butane commerciaux.

- **Réservoirs cylindriques (cigares)**

- Ils peuvent être installés verticalement ou horizontalement.
- Ils ont une capacité limitée (jusqu'à 500 m<sup>3</sup>) et sont sensibles à la mise sous vide, très peu résistantes au vide (0,1 bar maximum).
- Les équipements rencontrés sur ces capacités sont identiques à ceux équipant les sphères.

- **Les sphères**

La forme sphérique permet de mieux utiliser la résistance de la tôle et d'obtenir un moindre coût d'investissement La gamme de capacités réalisables va de 200 m<sup>3</sup> (7 m de diamètre) jusqu'à 7000 m<sup>3</sup>. Certaines résistent peu au vide, d'autres sont calculées pour résister à un vide de -0.6 bar et parfois jusqu'au vide « total ».

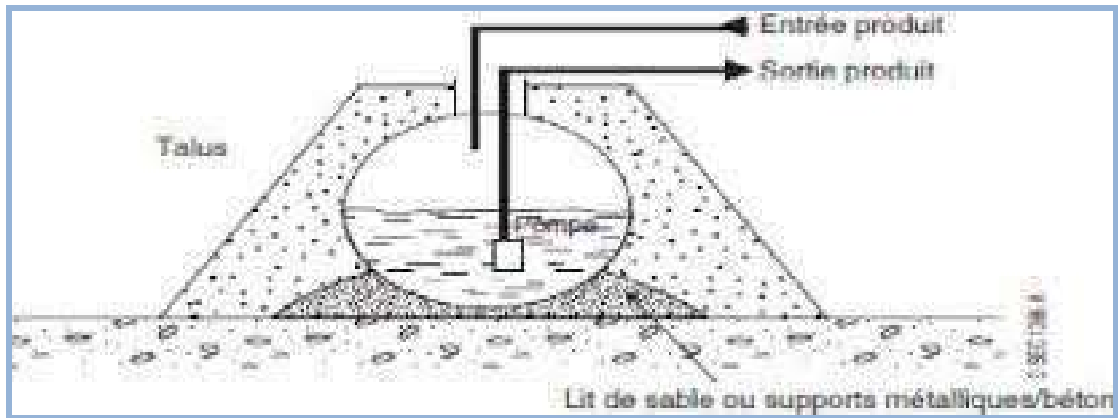
- **Les réservoirs sous terrains**

Les gaz liquéfiés sont stockés dans des cavités creusées dans la roche (calcaire, craie...) à partir d'un puits central ou à partir d'une rampe d'accès. Ça permet le stockage d'une grande quantité du gaz liquéfié en toute sécurité.

- **Stockage sous talus**

Réservoirs dont les parois sont recouverts avec une couche protectrice à l'égard des effets thermiques et mécaniques. Cette couche protectrice a une épaisseur minimale d'un mètre (1 m) de matériau dense et inerte (terre, sable, matériau composite). Le principal avantage est la sécurité accrue par rapport à l'environnement.

La couche de sable ou de terre offre une protection contre le rayonnement thermique, les ondes de choc et la projection d'éclats consécutifs à un incident sur une installation proche.



**Figure I-3** Sphère existante sous talus

La pression de service et donc les pressions de calcul sont moindres en raison l'effet d'écran thermique du talus.

Pour les réservoirs sous talus, la pression de calcul actuellement retenue correspond à la pression d'équilibre de la phase gaz du liquide à 30°C (soit 12 bars pour le propane).

Pour les réservoirs aériens la température retenue est généralement de 40°C (soit 16 bars pour le propane) [2].

### I.2.11.. Distribution du GPL

Il existe différents moyens de transport pour les GPL à savoir :

- **Le transport par pipe** : ce mode de transport est utilisé dans le cas d'un transfert de quantités importantes des GPL de leurs points de production vers les unités de séparations ou vers des centres de stockages importants. Il a un avantage important, du point de vue économique ; dans le cas d'acheminement de grandes quantités sur des distances longues.
- **Le transport par bateaux** : ce mode est utilisé fréquemment pour les échanges internationaux. Dans ce cas, les GPL sont stockés dans des réservoirs réfrigérés.
- **Le transport par wagons-citernes** : pour des quantités moins importantes que celles du transport par pipe et bateau, il est préférable d'utiliser la voie ferroviaire avec des wagons-citernes d'une capacité unitaire moyenne de 50 tonnes.

- Le transport par camions-citernes : c'est le mode de transport le plus utilisé pour les petites quantités des GPL pour les courtes distances à partir des centres de stockage vers les utilisateurs finaux.

### I.3. Condensât

#### I.3.1. Définition

Le condensat est constitué d'un mélange d'hydrocarbures paraffinés, de l'isopentane jusqu'au dodécane et plus généralement extrait des gisements de gaz à condensat, il est sous forme liquide dans les conditions normales de pression et température. On distingue habituellement le condensât léger (C5 à C10 environ) et le condensât lourd (C10 à C15 environ) [10].

#### I.3.2. Caractéristiques du condensât

Les principales caractéristiques du condensât sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau I.5:** Les principales caractéristiques du condensât

<b>Odeur et couleur</b>	<b>Incolore, avec une odeur d'essence</b>
<b>Poids spécifique</b>	0.7 - 0.8
<b>Point d'éclair</b>	<-40°C
<b>Densité de vapeur</b>	3 à 4
<b>Tension de vapeur à 37,8°C</b>	<10 psia (Hiver) < 7 psia (été)
<b>Limites d'inflammabilité dans l'air</b>	1.4 et 7.6 %
<b>Température d'auto inflammabilité</b>	380 à 450 °C

Les vapeurs du condensât sont toxiques, il provoque l'irritation des yeux suivi de symptômes névropathies. La victime peut éventuellement avoir du mal à marcher. Lorsque les concentrations du condensât (vapeur) sont de l'ordre de 0.025 à 0.05 % en volume dans l'air, elles ne peuvent pas causer de symptômes sérieux même après plusieurs heures d'inhalation.

Pour prévenir l'intoxication, une ventilation convenable est réalisée dans les locaux de travail afin de maintenir la concentration des vapeurs du condensât à moins de 300 ppm [10].

### I.3.3. Domaines d'utilisation du condensât

La particularité du condensât résidu dans son utilisation dans deux secteurs industriels

entièrement stratégiques : le raffinage et la pétrochimie [11].

**Utilisation du condensât dans le raffinage:** le condensat est utilisé dans la production des carburants notamment les essences, leurs prix de revient est plus bas que les essences produites à partir du pétrole brut car la séparation et la transformation du condensat sont moins coûteuses, et sa composition chimique riche en éléments légers. Il est utilisé dans le procédé d'isomérisation pour produire l'essence (isomérisation), en transformant les normales paraffines en iso paraffine à haut indice octane utilisé également dans le reforming catalytique [11].

**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. Le vapocraquage est ainsi la principale voie pour la production des oléfines. Dans ce secteur trois éléments dominent

- L'accentuation du déséquilibre entre les demandes respectives d'éthylène et de propylène.
- Le fonctionnement des vapocraquages de charge liquide à la limite de flexibilité du rapport propylène/éthylène.
- L'accroissement de la contribution de craquage catalytique à la fourniture de propylène

L'intérêt de ce produit dans la pétrochimie est justifié par les considérations suivantes :

- ✓ Le condensât est riche en hydrocarbures paraffiniques et naphthéniques C5 à C7 ayant un bon potentiel de production d'oléfines.
  - ✓ Une faible quantité en hydrocarbures aromatiques qui se transforment en poly-aromatiques lors du vapocraquage [11].



***Chapitre II***  
***Notions fondamentales sur la***  
***distillation***



## **II.1. Définition de la distillation**

La distillation est une des méthodes de séparation les plus utilisées industriellement. Cette opération permet la séparation et la purification des mélanges de constituants dont les températures d'ébullition sont différentes, en mettant à profit la différence de volatilité (capacité à s'évaporer selon la température) des constituants puis en réalisant une succession de condensations et de vaporisations pour terminer par la récupération d'un des constituants. Cette procédure de séparation est connue depuis plus de 2000 ans [12,14].

## **II.2.Principe de la distillation**

La distillation consiste à chauffer jusqu'à l'ébullition un mélange liquide, le constituant le plus volatile s'évapore le premier. Par condensation de la phase vapeur, on récupère un liquide nommé distillat ou extrait (dit aussi produit de tête) avec une concentration élevée du composé le plus volatil. La phase liquide non évaporée constitue le résidu ou le raffinat (appelée également produit de pied ou de fond).

Comme la thermodynamique la montre, le contact des deux phases conduit à un échange des constituants, les plus volatils s'accumulent dans la vapeur et sont éliminés au sommet de la colonne alors que les éléments lourds passent en phase liquide et sont extraits du fond de la colonne, cette répartition des constituants entre les deux phases se traduit entre la tête et le fond de la colonne par un gradient de température qui dérive directement du gradient de concentration. L'échange réciproque des constituants d'une phase vers l'autre par diffusion conduit à un équilibre théorique.

Un tel système en équilibre constitue un étage théorique, il est caractérisé par des équations entre les concentrations des constituants dans chaque phase traduisant ainsi une sélectivité élémentaire de fractionnement.

La distillation ordonne ces contacts en série, sous forme de cascade afin d'amplifier la sélectivité de l'étage théorique [13,15].

### II.3. Type de distillation

Selon le procédé de fonctionnement de l'opération de distillation, on distingue : La distillation discontinue et la distillation continue [16,19].

#### II.3.1. La distillation discontinue

En distillation discontinue, il y a une variation constante au cours du temps des compositions, des débits et des températures dans la colonne.

Cette technique est souvent employée en chimie fine et dans laboratoire lorsque les quantités à traiter sont insuffisantes pour justifier un procédé continu et dans certains cas où l'on cherche à enlever quelques impuretés dans un produit [16, 20, 21].

#### II.3.2. La distillation continue

En distillation continue, le système est en équilibre massique et thermique permanent. Les colonnes alimentées en permanence par une charge dont la composition, le débit et la température sont constants ; elles produisent en tête un distillat et en fond un résidu dont la composition, le débit et la température sont également constants.

C'est la technique la plus utilisée pour le traitement de quantités importantes de produits, en particulier dans l'industrie du pétrole et dans l'industrie chimique et pétrochimique [22,19].

### II.4. Équilibre liquide-vapeur

Tout corps pur se vaporise à température constante sous une pression donnée, un mélange passe progressivement de l'état liquide à l'état vapeur par augmentation de température à pression constante et la composition des deux phases supposée en équilibre évolue constamment au cours de la transformation.

A toute température  $T$  comprise entre température de bulle et température de rosée sous la pression  $P$ , correspond un équilibre liquide-vapeur, caractérisé par les compositions et l'égalité des températures des deux phases en présence.

La composition de chaque phase à l'équilibre n'est donc fonction que de la pression et de la température.

Pour mieux comprendre le phénomène d'équilibre liquide-vapeur on doit étudier le cas de distillation d'un mélange binaire [16,20].

### II.4.1. Distillation d'un mélange binaire

Dans ce type de distillation la charge à distiller autre qu'un mélange de deux constituants. L'industrie offre rarement l'occasion de séparer un véritable mélange binaire. Cependant l'étude de cette séparation est particulièrement intéressante, car la simplicité des équations mis en jeu permet une analyse précise de ses opérations et de généraliser les lois obtenues à la distillation des mélanges complexes [24,17].

Le diagramme des phases montrée en figure (II.1) indique qu'il existe, au-dessous de la ligne rouge une seule phase vapeur, au-dessous de la ligne bleu une seule phase liquide, et entre ces deux ligne, deux phase en équilibre : une phase liquide et une phase vapeur. La ligne bleu s'appelle courbe d'ébullition, la ligne rouge s'appelle courbe de rosée [17].

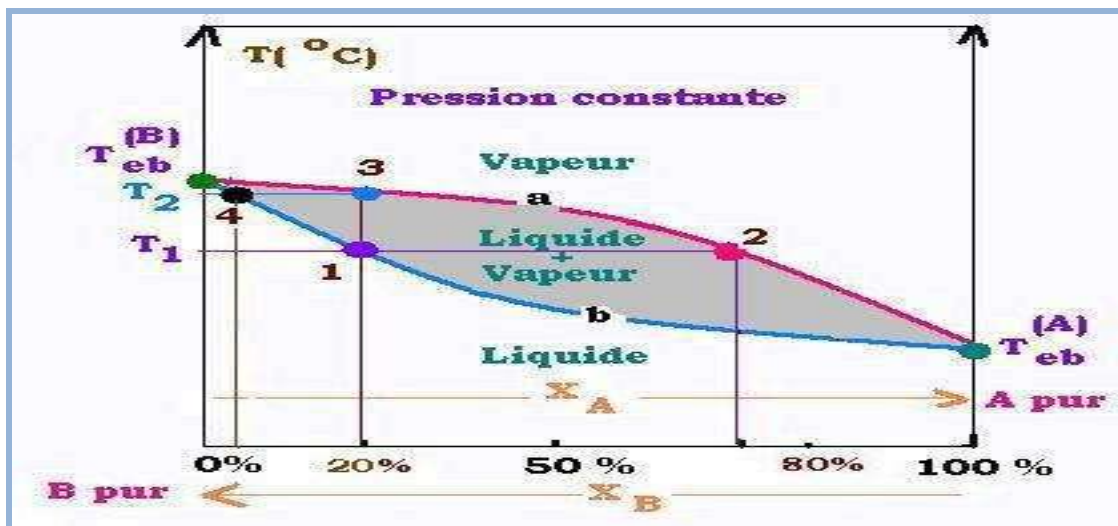


Figure II.1. Diagramme d'équilibre d'un mélange binaire à pression constante

### II.4.2. Distillation flash

On appelle distillation flash la détente isenthalpique d'un mélange (binaire A+B de composition  $x_f$ ) à l'état liquide surchauffé. La brusque détente entraîne la vaporisation d'une partie du liquide d'alimentation. Il en résulte deux phases en équilibre liquide-vapeur à la température et la pression du flash [19].

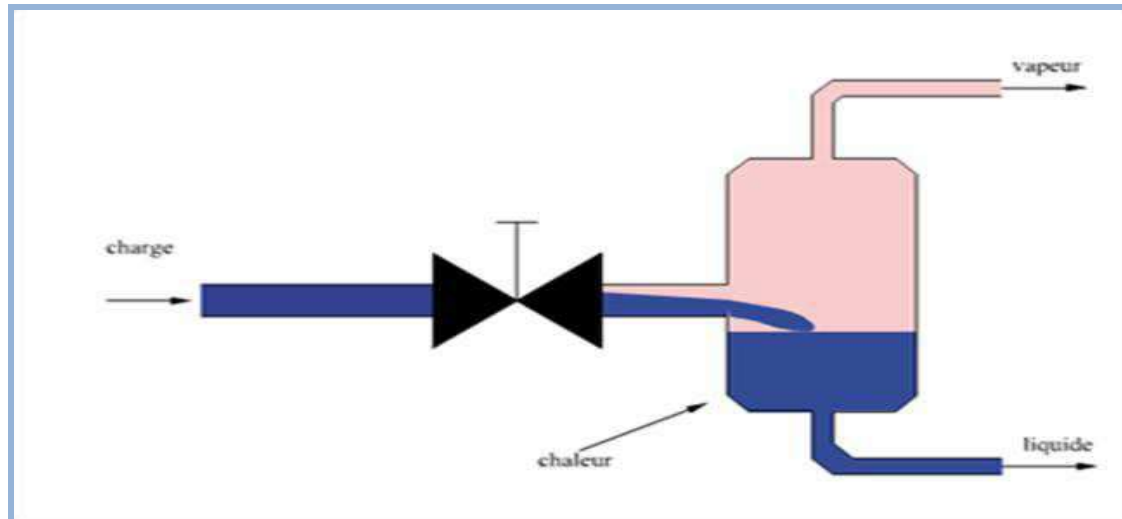


Figure II.2. Schéma simple d'une distillation flash.

### II.5. Description d'une installation de distillation en continu

En général, une installation de distillation est constituée des éléments montrés dans la figure (II.3).

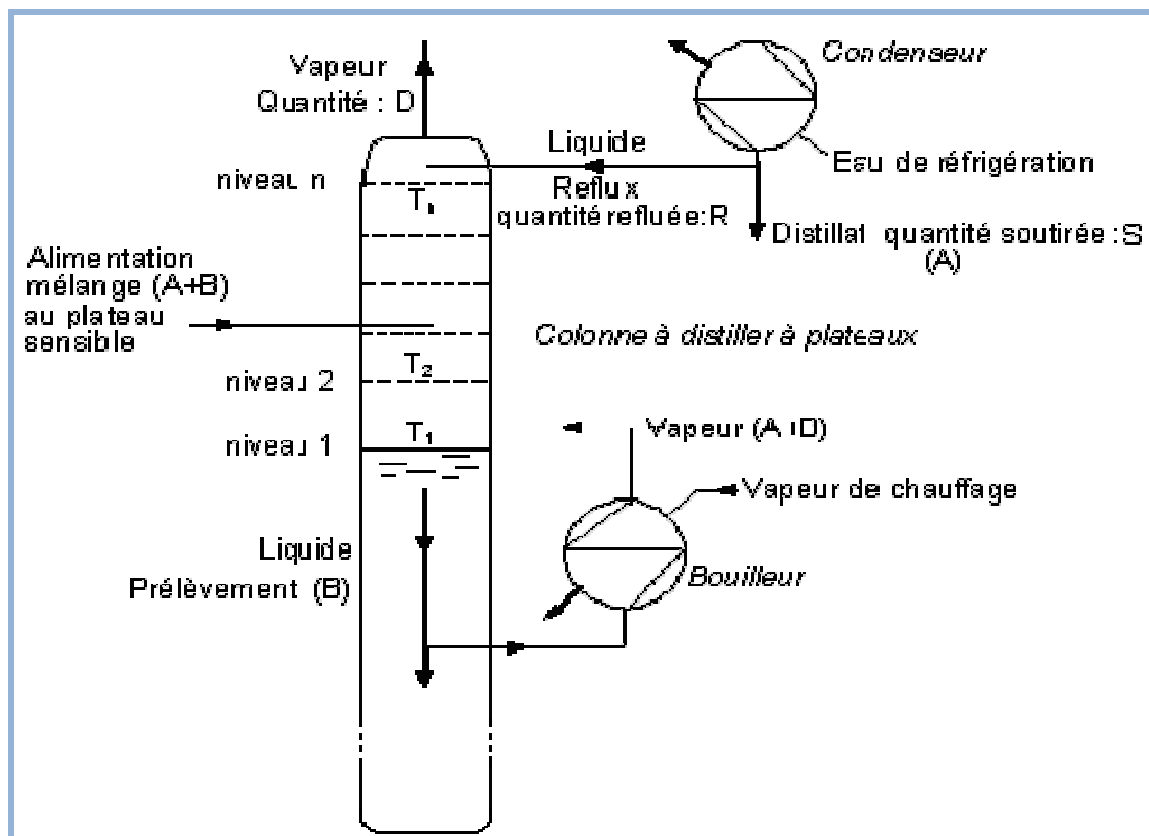


Figure II.3 Schéma simplifié d'une installation de distillation

### **II.5.1.Colonne**

La colonne de fractionnement est la partie essentielle dans une unité de distillation. Dans sa très grande majorité c'est une tour cylindrique verticale de hauteur et de diamètre variable, formé d'une virole et de deux fonds. L'intérieur est divisé en compartiments horizontaux appelés plateaux. Généralement la colonne peut atteindre près de 50 m de hauteur et 6m de diamètre .Elle est montée verticalement et repose sur des pieds ou une jupe [18].

### **II.5.2. Rebouilleur**

C'est un échangeur de chaleur, disposé au fond de la colonne, souvent de type à faisceaux tubulaires, dont le rôle est de porter, à l'ébullition, le liquide à distiller moyennement un échange de chaleur avec un fluide caloporteur [18].

### **II.5.3.Condenseur**

C'est également un échangeur de chaleur dans lequel la vapeur sortant en tête de colonne peut être refroidie pour être enfin condensée [18].

### **II.5.4. Ballon de reflux**

C'est un ballon situé au-dessous du condenseur pour accumule les produits de tête condensés et surtout pour contenir le liquide de reflux [18].

### **II.5.5. Equipments annexes**

- Les échangeurs de chaleurs

Ils sont utilisés pour récupérer la chaleur, par exemple un échangeur préchauffe la charge d'alimentation par le liquide chaud du bas de la colonne afin de valoriser les rejets thermiques.

- Les pompes

Elles sont indispensables pour assurer la circulation des liquides au sien de l'installation et pour compenser les pertes de charges dans les différents éléments.

- Les appareils de mesure, de contrôle et de régulation

Pour éviter la perturbation des conditions de fonctionnements, certains appareils de contrôle sont à installer. Ces derniers permettent de suivre en temps réel l'évolution des différents paramètres opératoire (température, pression). Par

conséquent, ils faciliteront l'intervention si l'incident qui survient risque d'altérer le bon fonctionnement [16].

## II.6. Classification des colonnes de Distillation

On distingue deux types de colonnes selon leurs éléments de contact [23,20]:

### II.6.1. Les colonnes à garnissages

Dans une colonne à plateaux, le transfert de matière est assuré par le barbotage de la vapeur au sein du liquide de chaque plateau pour former une véritable émulsion. Dans les colonnes garnies, le transfert s'effectue à la surface du liquide sans occlusion appréciable de bulles gazeuses. L'efficacité d'un tel dispositif est donc directement liée à la surface offerte par le film liquide. Avec des garnissages, le contact entre les phases devient continu tout le long de la colonne.

Les performances de cette technologie dépendent de sa capacité à disperser les flux liquide et vapeur afin de maximiser la surface de contact et à éviter la formation de court-circuit préjudiciable [23,20].



Figure II.4. Garnissage structuré

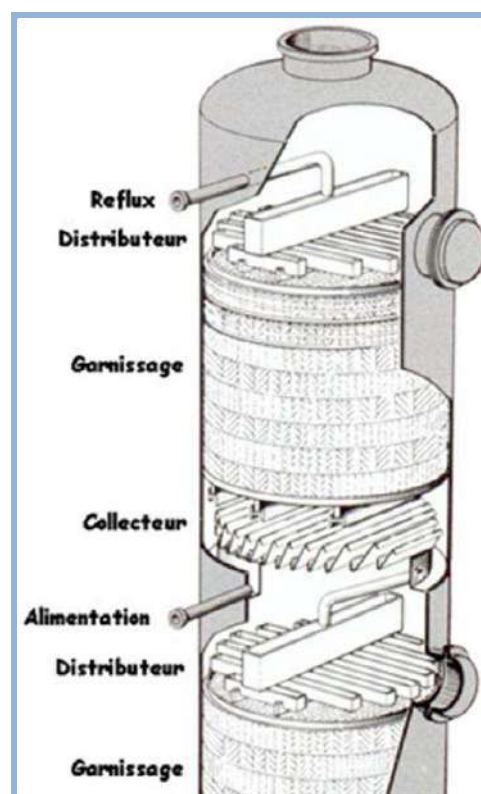


Figure II.5. Colonne à garnissage

### II.6.2 Les colonnes à plateaux

Les colonnes à plateaux sont utilisées pour réaliser un contact entre une phase gazeuse et une phase liquide de façon à amener celle-ci le plus près possible de l'état d'équilibre. Les transferts de matière et de chaleur entre les phases sont d'autant plus importants que les surfaces de contacts et la turbulence des phases sont plus grandes.

Les colonnes à plateaux ont été mises au point pour la distillation, opérations dans la quelle la résistance au transfert de matière est plus importante dans la phase vapeur que dans la phase liquide. Les plateaux sont donc conçus pour assurer une dispersion de la phase vapeur au sein du liquide [23,20].



**Figure II. 6** .L'écoulement dans une colonne à plateaux

On distingue plusieurs types de plateaux :

#### II.6.2.1. Plateaux à calottes

C'est le model le plus répondu encore dans l'industrie pétrolière ou chimique. Il est constitué d'une plaque perforée, chaque trou étant muni d'une cheminée; celle-ci sert à guider une calotte dont la fixation est assurée par une tige et un contre écrou. Une centaine de formes différentes de calottes ont été imaginées et conduisent à des efficacités de contact plus ou moins bonnes.

Une certaine quantité de liquide est maintenue sur le plateau grâce à un déversoir qui assure l'écoulement du liquide vers le plateau inférieur [23,20].

#### II.6.2.2. Plateaux perforés à déversoir

Ces plateaux gèrent le flux liquide de manière tout à fait classique à l'aide de déversoirs; par contre, le passage de la vapeur est assuré par de simples perforations dans les plaques formant les aires actives.

Les plateaux perforés sont peu utilisés dans l'industrie pétrolière. S'ils ont l'avantage d'être moins chers que les autres technologies, leur défaut majeur est leur manque de flexibilité.

En effet, l'absence de clapets, qui permettent de réguler la section de passage pour la phase vapeur, restreint leur domaine de fonctionnement [23,20].

### II.6.2.3. Plateaux à clapets

Il constitue un compromis entre les deux types précédents. C'est un plateau perforé, dont les orifices sont équipés de clapets (figure II.7). La hauteur de soulèvement de ces derniers est fonction du débit de vapeur, qui s'échappe horizontalement dans le liquide, exactement comme aux fentes des calottes.

Les plateaux à clapets sont progressivement substitués aux plateaux à calottes, car leurs performances sont largement supérieures, pour un prix de revient plus faible [23,20].



figure II.7. Les clapets

### II.6.2.4. Plateaux sans déversoirs

Ces plateaux ne sont constitués que de simples plaques perforées et donc de construction peu onéreuse. Liquide et vapeur s'écoule à contre-courant par les mêmes orifices, qui peuvent être de simples trous ou des clapets fixes.

La rétention liquide sur le plateau est due à la balance des écoulements liquide et vapeur à travers les trous. Ces plateaux ont une efficacité acceptable [20].

### II.6.2.5. Plateaux à jet directionnel

La construction de ces plateaux est inspirée du souci de simplicité, efficacité, et faible coût de revient par rapport aux autres technologies [20].



## II.7. Lois fondamentales de la distillation

- Loi de DALTON

La pression d'équilibre d'un mélange gazeux supposé parfait est la somme des pressions partielles de ces constituants [16 -19].

$$P_T = \sum P_i \quad (\text{II.1})$$

En appliquant les lois des gaz parfaits à chacun des constituants « i » dans la phase gazeuse on obtient la loi de Dalton.

La pression partielle de constituant A dans la phase vapeur  $P_A$  est égale au produit de fraction molaire en phase vapeur  $Y_A$  et de la pression total  $P_T$

$$P_A = Y_A \times P_T \quad (\text{II.2})$$

- La loi de RAOULT

La pression partielle d'un constituant A dans une solution idéale est égale au produit de la tension de vapeur de ce constituant par sa concentration molaire en phase liquide.

$$P_A = P'_A \times X_A \quad (\text{II.3})$$

Avec  $P'_A$ : La tension de vapeur d'un constituant i.

- La loi de HENRY

Dans le cas de mélange réel, la pression partielle d'un constituant A est proportionnelle à sa fraction molaire dans la phase liquide :

$$P_A = E_A \times X_A \quad (\text{II.4})$$

Où :  $E_A$ : constant d'HENRY

- Equilibre liquide-vapeur:

On dit que les deux phases sont en équilibre lorsque la pression partielle de chacun des constituants est la même dans les deux phases (liquide et vapeur), à partir des relations (II.2) et (II.3) on peut faire apparaître le coefficient d'équilibre :

$$K_A = P_A' / P_T = Y_A' / X_A' \quad (\text{II.5})$$

Avec :  $K_A$  : le coefficient d'équilibre.



***Partie expérimentale***

## ***Chapitre III***

### ***Matériels et méthodes***

### III.1 Présentation de l'unité GPL/LDHP ZCINA

ZCINA (**nouvelle Zone Centre Industriel Naili Abdelhalim**) est une nouvelle unité d'extraction des liquides du gaz associés sur le champ de Hassi Messaoud nord, cette unité est destinée à recevoir des gaz associés valorisables provenant de l'unité de traitement de brut CINA et de l'unité de séparation d'huile LDHP, et à réexpédier en retour à CINA un gaz appauvri (gaz résiduel) et à expédier le GPL et le condensat extrait du gaz de charge vers la station de pompage HEH (Hawd El Hamra) [26].

Cette nouvelle zone est située à environ 5 km au nord de CINA, elle contient deux unités :

#### III.1.1. Unité de GPL

Cette unité comprend notamment

- ✓ Des connexions à la ligne existante de 40'' de gaz associés de CINA, pour amener le gaz de charge et exporter le gaz résiduel.
- ✓ Une section de réception du gaz de charge
- ✓ Une unité de compression du gaz de charge
- ✓ Trois trains de traitement (le nouveau projet de 4<sup>ème</sup> train ) de gaz incluant une section de déshydratation du gaz, une section de récupération des liquides, une section de séparation des GPL et des condensats et un système d'huile chaude
- ✓ Des stockages et une pomperie d'expédition des GPL
- ✓ Des stockages et une pomperie d'expédition des condensats
- ✓ Des systèmes d'utilités
- ✓ Des systèmes de torche
- ✓ Des lignes d'expédition des produits (GPL, condensats)
- ✓ Des infrastructures et des bâtiments

Les installations sont conçues pour récupérer les liquides des gaz associés provenant de station de compression CINA (centre industrielle Naili Abdelhalim) et de l'unité de séparation d'huile LDHP (Ligne Directe Haute Pression) [26].

#### III.1.2. Unité de séparation LDHP (Ligne Directe Haute Pression)

Cette unité est destinée pour la séparation de brut provient d'un réseau de collecte composé de 20 Manifolds et 20 collecteurs, raccordé à 200 puits HP. (Actuellement 88 puits qui sont raccordés) plus d'autres futurs puits qui seront raccordés ultérieurement. Elle comprend :

- ✓ Une batterie de 03 séparateurs tri-phasique identiques.
- ✓ Un Ballon dégazeur d'eau.
- ✓ Un ballon de torche et une torche chaude.
- ✓ Deux pipelines d'expédition d'huile et d'eau (18'' et 6'') vers CINA.
- ✓ Local Technique.

L'huile séparée est envoyée directement vers le complexe CINA par le biais d'une ligne de 18'', le gaz produit au niveau des 03 séparateurs est envoyé vers GPL ZCINA par le biais d'un pipe de 36'', les eaux huileuses produites sont envoyées vers le bassin de déshuilage CINA pour le traitement [26].

### III.2. Description du procédé de traitement [26]

Les installations de l'usine de GPL/LDHP ZCINA ont été conçues pour extraire 88,3% molaire de GPL en œuvrant au procédé "HUDSON" Basé sur le refroidissement du gaz par échanges thermiques et par une série de détente, complétée par une machine dynamique appelée "turbo-expander" permet d'atteindre un niveau de température relativement plus bas suivi par un fractionnement dans les trois colonnes de rectification respectivement appelées: absorbeur, dééthaniseur et débutaniseur (voir Schéma bloc de l'unité en annexe). Les détails techniques du procédé sont illustrés dans ce qui suit :

- **Séparation d'entrée**

Cette unité est commune à tout le complexe de GPL ZCINA. Le séparateur d'entrée reçoit le gaz de charge acheminé par la canalisation de 36'' depuis CINA et aussi par l'Unité LDHP de gaz associé. Ce gaz peut contenir de l'eau générée par la condensation en ligne. Le séparateur d'entrée sépare le gaz, dirigé vers la section de compression, de la phase aqueuse. Une injection d'inhibiteur de corrosion est prévue au niveau de la sortie gaz du séparateur.

Le ballon de flash des condensats d'entrée reçoit le liquide du séparateur d'entrée envoyé via un contrôle de niveau. Ce ballon permet de dégazer l'eau saturée en hydrocarbures et d'envoyer les gaz dissous à la torche basse pression. Le liquide de fond du ballon est expédié vers le système de traitement des eaux huileuses sous contrôle de niveau.

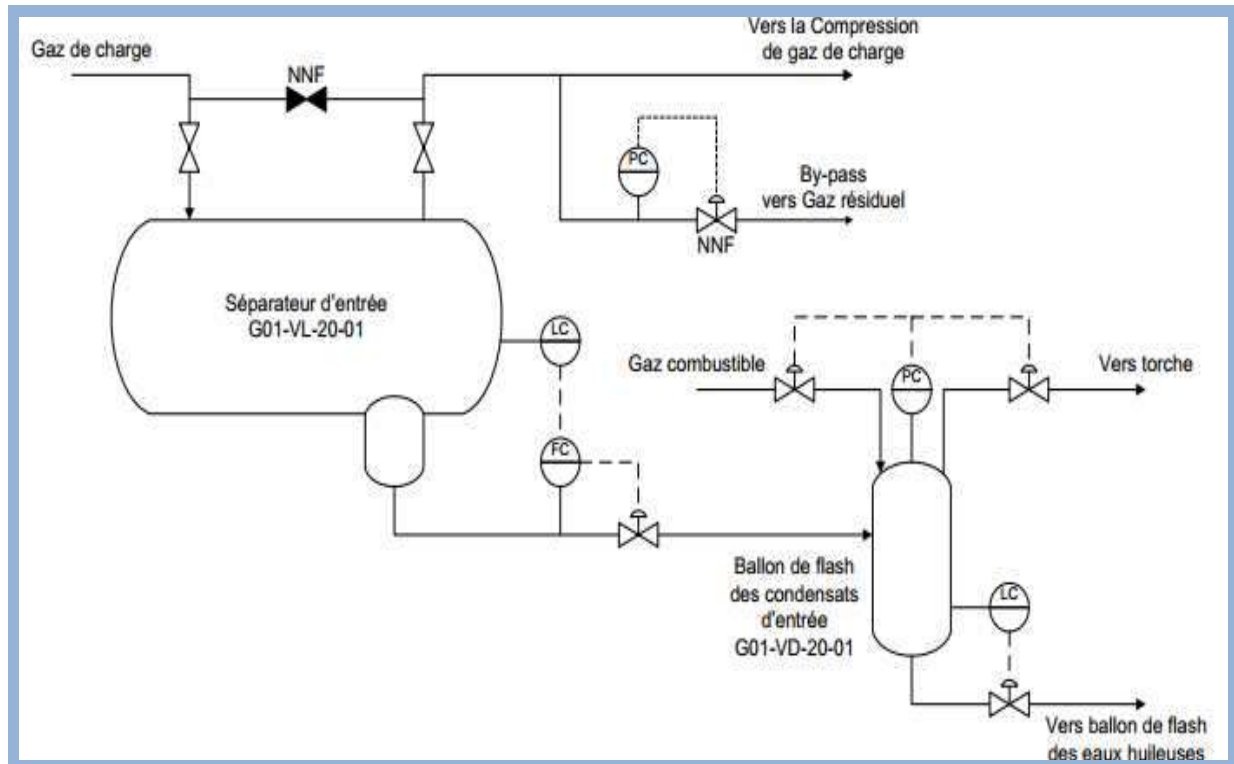


Figure III.1 : Schéma du séparateur d'entrée.

- **Compression du gaz de charge**

Le gaz de charge en provenance du séparateur d'entrée est envoyé sur le collecteur commun d'aspiration des compresseurs de gaz de charge 01.

Le collecteur commun d'aspiration des compresseurs peut aussi recevoir le gaz associé issu de l'unité de séparation d'huile LDHP (également située à ZCINA).

Le gaz de régénération issu de la section de déshydratation de chaque train de traitement est recueilli sur un collecteur commun puis il se répartit également sur les compresseurs au niveau de la dernière roue, constituant ainsi l'inter-étage de ces derniers. Les quatre trains de compression sont identiques.

La description de fonctionnement qui suit s'applique à n'importe lequel des trains de compression.

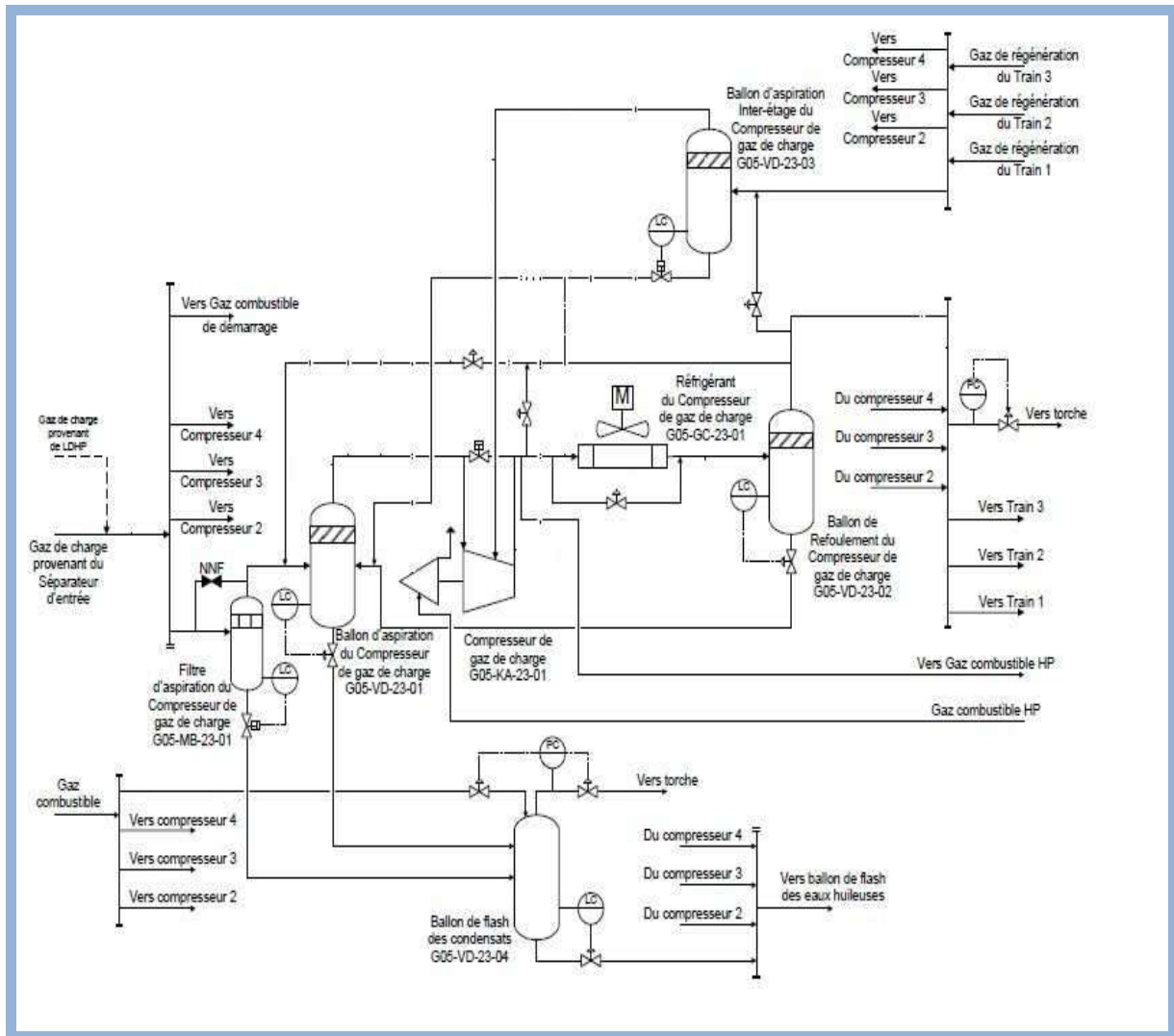


Figure III.2 : Schéma de compression de gaz de charge

- **Refolement et refroidissement du gaz**

Au refolement du compresseur, le gaz est refroidi à travers l'aéro-réfrigérant. L'eau condensée lors du refroidissement est séparée du gaz dans le ballon de refolement. Le gaz comprimé est envoyé vers le collecteur commun de refolement qui alimente le collecteur de distribution du gaz vers les trois trains de traitement en aval.

- **Déshydratation du gaz de charge**

Le gaz de charge comprimé, en provenance des compresseurs de gaz de charge, est transféré vers le collecteur de distribution de gaz de charge qui alimente les trois trains de traitement.

La pression au niveau du collecteur de refoulement des compresseurs de gaz de charge est contrôlée par le système de répartition de charge des expandeurs via le débit "aspiré" par chaque expandeur. C'est l'expandeur qui régit le débit de gaz entrant dans chaque train de traitement.

Le système de répartition de charge de l'expandeur permet de contrôler la pression tout en répartissant vers les trains de traitement à disposition le gaz délivré par les unités de compression de gaz de charge.

L'unité de déshydratation de chaque train a pour fonction de diminuer la quantité d'eau dans le gaz d'alimentation pour atteindre la valeur spécifiée de 1 ppm vol. En sortie d'unité. L'eau est ôtée du gaz humide pour éviter la formation d'hydrates dans la section froide de l'installation.

Les trois trains de traitement sont identiques. La description de fonctionnement qui suit s'applique à n'importe lequel des trains de traitement. La valeur de X dans la numérotation des équipements correspond au numéro du train de traitement concerné.

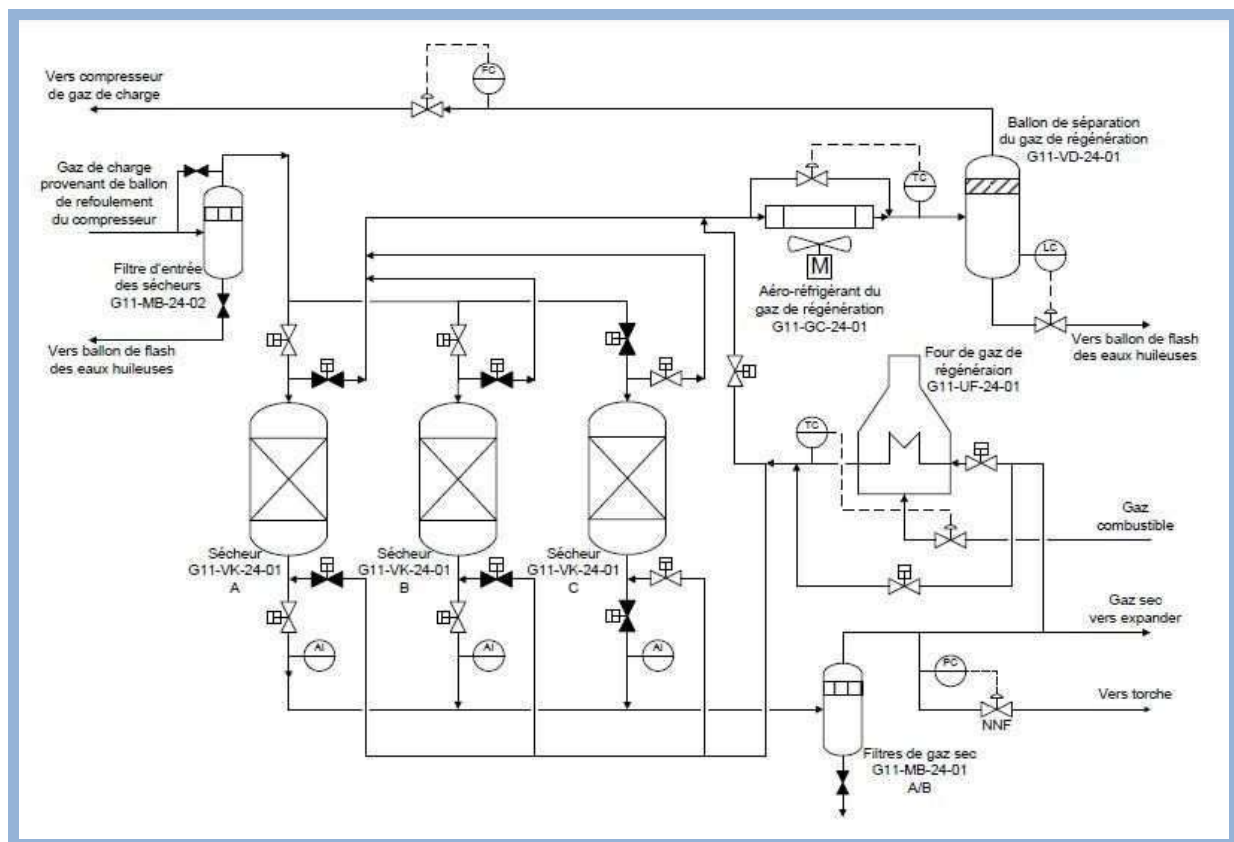


Figure III.3: Schéma de déshydratation du gaz de charge



- **Sécheurs de gaz – Adsorption:**

Le gaz humide entrant dans le train de traitement est envoyé au filtre coalesceur pour éliminer l'eau libre condensée en ligne depuis la section de compression. L'eau récupérée est envoyée après détente à l'unité de traitement des eaux huileuses.

Le gaz issu du filtre coalesceur est envoyé sur deux des trois sécheurs de gaz pour être déshydraté. En effet, en opération normale, deux sécheurs opèrent en parallèle en mode d'adsorption (adsorption de l'eau par le tamis moléculaire par circulation du gaz humide dans le sens descendant), pendant que le troisième est en régénération

Chaque sécheur opère selon un cycle d'une durée de 24 heures, divisé entre phase d'adsorption (16 heures) et phase de régénération (8 heures). Après un cycle d'adsorption, le sécheur passe à la phase de régénération au cours de laquelle il est régénéré pour extraire l'eau adsorbée.

Un autre sécheur, pour lequel les étapes de régénération sont terminées, remplace le sécheur précédemment en mode d'adsorption.

La séquence de déshydratation du gaz est pilotée de façon automatique cas normal ou manuelle. Chaque sécheur est équipé d'un analyseur d'humidité pour s'assurer du bon fonctionnement des sécheurs et détecter un éventuel problème sur les tamis moléculaires.

La teneur en eau du gaz sec provenant des sécheurs doit être inférieure à 1 ppm vol. A la sortie des sécheurs, le gaz est filtré à travers les filtres de gaz sec A/B afin d'éliminer les particules de taille supérieure à 10  $\mu\text{m}$  (poussières ou débris de tamis moléculaire entraînés par le flux gazeux en adsorption) pouvant endommager la roue de l'expandeur. Le gaz sec filtré alimente ensuite la section de refroidissement du gaz.

- **Four du gaz de régénération – Régénération**

Une partie du gaz sec est utilisée en tant que gaz de régénération. Ce débit constant, correspondant environ à 17 % du débit nominal de gaz déshydraté, est collecté à la sortie des filtres de gaz sec.

La phase de régénération d'un sécheur est divisée en trois étapes : la chauffe, le refroidissement et le repos. Le passage d'une étape à l'autre nécessite l'ouverture et

la fermeture des plusieurs vannes. Pendant l'étape de chauffe, le gaz sec de régénération est chauffé dans le four puis traverse le sécheur en régénération dans le sens ascendant. Une première rampe de montée en température permet de réchauffer progressivement le tamis moléculaire de la température opératoire du gaz jusqu'à 120 °C température à laquelle est observé un palier pour assurer une chauffe homogène dans le sécheur pendant 30 minutes. Une seconde rampe de montée en température de 30 minutes est alors réalisée pour porter le gaz à 290 °C. Une étape finale de chauffe à 275 °C minimum est alors observée pendant 4 heures pour permettre une régénération complète du tamis moléculaire. L'effluent gazeux humide et chaud récupéré en sortie des sécheurs est refroidi à 60 °C par l'aéro-réfrigérant de gaz de régénération. L'eau condensée est ensuite récupérée dans le séparateur de gaz de régénération, puis envoyée vers l'unité de traitement des eaux huileuses.

Le gaz de régénération est envoyé sur le collecteur commun de gaz de régénération qui alimente l'inter-étage des compresseurs de gaz de charge. Lors de l'étape de refroidissement, le gaz de régénération by-pass le système de chauffe et le gaz froid et sec est envoyé à travers le sécheur en régénération pendant 2 heures afin de ramener la température du tamis moléculaire à sa valeur opératoire en phase d'adsorption. A la sortie du sécheur, le gaz de régénération suit le même traitement de refroidissement à 60 °C et séparation que précédemment. Pendant l'étape de repos et de permutation des sécheurs, le système de chauffe et les sécheurs sont by-passés et le gaz de régénération est envoyé à l'entrée de l'aéro-réfrigérant pour être recyclé vers l'inter-étage des compresseurs de gaz de charge.

Il y a ainsi un débit permanent et constant qui retourne à l'inter-étage des compresseurs pour éviter les perturbations.

- **Section de refroidissement du gaz & Section de dééthanisation**

Le gaz sec filtré provenant de l'unité de déshydratation est acheminé vers la section de refroidissement du gaz. Le débit de gaz est réparti entre l'échangeur gaz de charge/charge dééthaniseur et l'échangeur gaz de charge/gaz résiduel fonctionnant en parallèle. Une partie du gaz déshydraté est refroidi dans l'échangeur par la sortie liquide froide provenant du ballon d'alimentation du dééthaniseur. Le débit restant est refroidi dans l'échangeur A/B par le gaz résiduel provenant du système de tête de l'absorbeur. Les deux flux froids sont mélangés et dirigés vers le ballon d'alimentation de l'expandeur.

Le gaz provenant du ballon d'alimentation de l'expandeur est envoyé vers l'expandeur du gaz de charge où il est détendu à la pression de 21.8 barg. Au démarrage, l'expandeur est à l'arrêt et le gaz est envoyé vers la vanne Joule Thomson. Dans les deux cas, la température du gaz est réduite, permettant la condensation d'une partie des GPL. Néanmoins, l'expandeur réalise une détente thermodynamiquement bien plus efficace, qui permet de récupérer plus de GPL en aval que dans le cas d'une simple détente à travers une vanne Joule Thomson.

Les condensats recueillis au niveau du ballon d'alimentation de l'expandeur sont détendus et combinés avec le flux bi-phasique au refoulement de l'expandeur pour alimenter la colonne d'absorption.

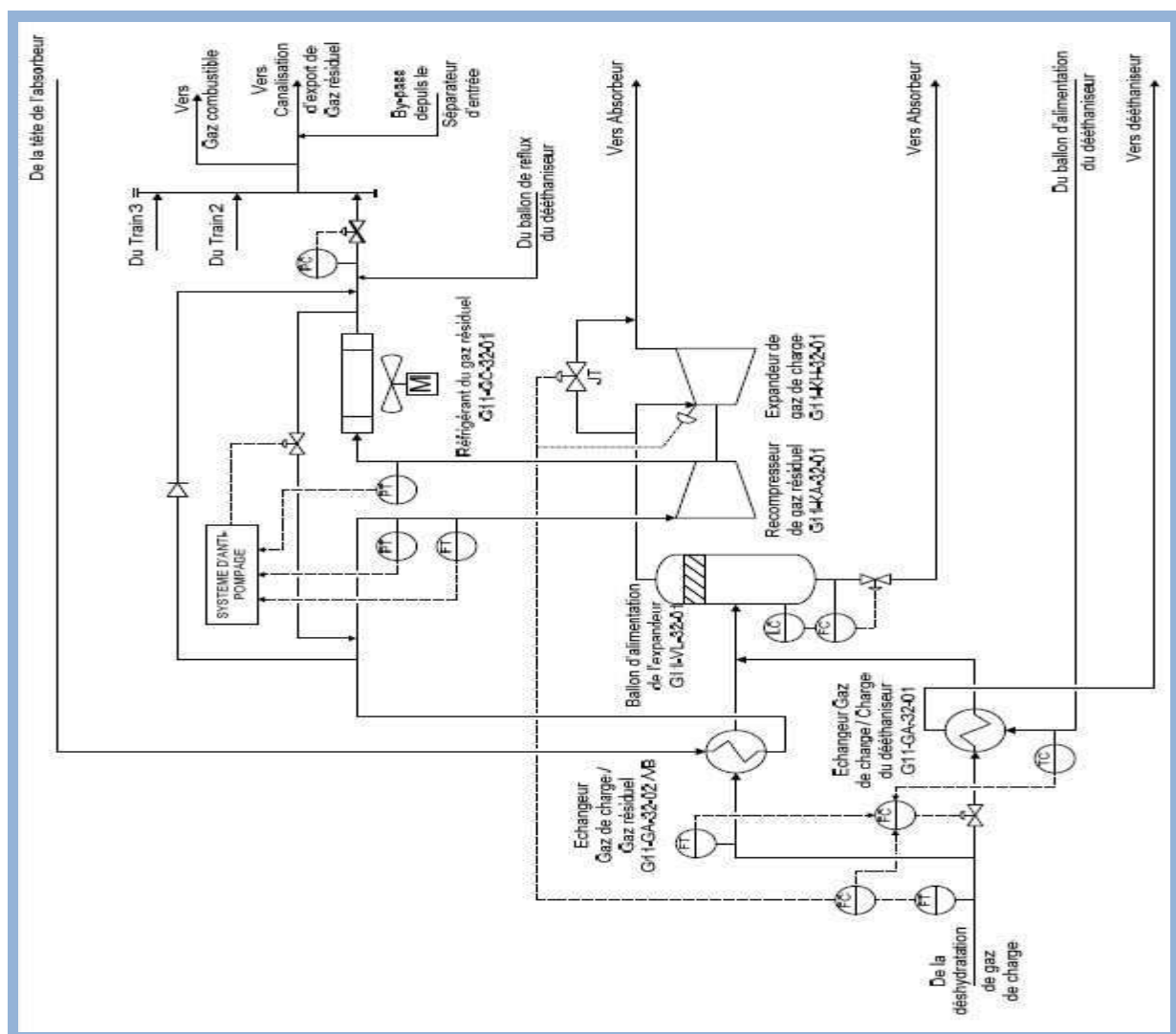


Figure III.4 : Schéma de la section de refroidissement (turbo expander)

L'absorbeur reçoit des flux biphasiques provenant de la sortie de l'expandeur de gaz de charge et du fond du ballon d'alimentation de l'expandeur. L'absorbeur est une colonne à plateaux à reflux sans rebouillage où la majorité de l'éthane et des composants plus légers sont séparés en tête de l'absorbeur. Le reflux liquide de l'absorbeur provient du gaz de tête du déethaniseur, condensé dans l'échangeur de tête de l'absorbeur par le gaz froid sortant en tête de l'absorbeur. Le liquide est récupéré dans le ballon de désengagement de l'absorbeur avant d'alimenter l'absorbeur sur le plateau de tête de la colonne. Le liquide récupéré en fond de colonne est envoyé par la pompe d'alimentation du déethaniseur vers le condenseur du déethaniseur, où celui-ci est partiellement vaporisé. Le flux biphasique ainsi formé entre dans le ballon d'alimentation du déethaniseur.

Le liquide récupéré dans ce ballon alimente l'échangeur gaz de charge / charge du déethaniseur du côté calandre ; le liquide y est partiellement vaporisé. Ce fluide constitue l'alimentation principale du déethaniseur au niveau du plateau n° 21 du déethaniseur. Le gaz sortant du ballon d'alimentation du déethaniseur est lui envoyé, sous contrôle de pression différentielle, dans la colonne au niveau du plateau n°30, constituant ainsi l'alimentation secondaire du déethaniseur. Le gaz de tête du déethaniseur est partiellement condensé dans le condenseur du déethaniseur par le liquide froid provenant du fond de l'absorbeur, puis envoyé vers le ballon de reflux du déethaniseur. Le liquide condensé est renvoyé en tête du déethaniseur via la pompe de reflux du déethaniseur. En fonctionnement normal, la pression du déethaniseur est maintenue à 28 barg par l'action de la vanne située sur la sortie gaz du ballon de désengagement de l'absorbeur.

**Le rebouilleur :** le liquide recueilli au niveau du plateau n°1 est envoyé vers le rebouilleur où il est partiellement vaporisé par l'huile chaude. Le débit d'huile chaude est ajusté automatiquement afin de maintenir à une température donnée le plateau sensible du déethaniseur de manière à éliminer assez d'éthane dans le produit de fond de colonne pour satisfaire la spécification du GPL en fraction  $C_2$  . .

La partie non vaporisée dans le rebouilleur rejoint le fond du déethaniseur avant d'être envoyée vers le débutaniseur.

Le gaz de tête de l'absorbeur est réchauffé successivement à travers l'échangeur de tête de l'absorbeur puis à travers les échangeurs gaz de charge / gaz résiduel avant d'alimenter le compresseur de gaz résiduel.

En sortie du compresseur, le gaz résiduel est refroidi à 60 °C à travers l'aéro-réfrigérant avant d'être collecté avec celui des autres trains au niveau du collecteur de gaz résiduel.

- **Export du gaz résiduel**

Le gaz résiduel issu de chacun des trains de traitement est rassemblé sur le collecteur commun de gaz résiduel. Le gaz résiduel est ensuite transféré vers CINA par une nouvelle canalisation de 40". Le gaz est réinjecté dans la ligne existante de 40" vers le CIS par un piquage proche de celui du gaz de charge. Une vanne de 40" fermée est installée entre les deux piquages. Un by-passe muni d'une vanne de contrôle et d'un contrôle de pression permet de by-passer directement l'usine GPL ZCINA au niveau de CINA dans le cas où GPL ZCINA ne peut pas traiter la charge gaz (partiellement ou totalement).

- **Stockage, Export & Recyclage du GPL**

Le GPL produit au niveau du ballon de reflux du débutaniseur de chaque train alimente la section de stockage via le collecteur commun de GPL aux spécifications et/ou le collecteur commun de GPL hors spécifications. Le système de stockage de GPL se compose au total de quatre sphères identiques d'un volume total unitaire de 500 m<sup>3</sup>.

Trois de ces sphères sont uniquement dédiées à recevoir et stocker du GPL répondant aux spécifications et ne sont donc alimentées que par le collecteur de GPL on-spec. La sphère de stockage de GPL off-spec est normalement dédiée à recevoir et stocker temporairement du GPL off-spec lorsque l'on en produit, mais elle peut aussi être utilisée comme une sphère "on-spec" si on le désire.

En effet, elle est à la fois connectée au collecteur de production de GPL off-spec et au collecteur de production de GPL on-spec. La pression de toutes les sphères est régulée pour être maintenue entre 15 barg et 21 barg. La mise sous pression à 15 barg est assurée par une ligne commune de gaz provenant de la tête des débutaniseurs. En cas d'augmentation de pression le ciel gazeux des sphères est évacué vers l'une des torches froides à partir d'une pression de 21 barg.

Les sphères peuvent fonctionner selon quatre configurations : service normal / vidange / remplissage / isolée. En plus de cela, un commutateur permet de choisir le mode dans lequel opère la sphère : soit "onspec", soit "hors-spec". Les sphères sont utilisées comme volume tampon avant l'export du GPL.

- **Stockage, Export & Recyclage des condensâts**

Les condensâts produits dans les débutaniseurs sont refroidis puis dirigés vers la zone de stockage. Le système de stockage des condensats se compose au total d'un ballon et de trois bacs. Deux de ces bacs ont une capacité unitaire totale d'environ 1000 m<sup>3</sup>. Ils sont dédiés à recevoir des condensats on-spec. Quant aux condensats non conformes, ils sont stockés dans un bac off-spec d'une capacité totale de 1000 m<sup>3</sup>. Le bac de stockage de condensats off-spec reçoit aussi d'autres flux d'hydrocarbures comme l'isopentane lorsqu'il n'est pas possible de l'exporter.

Les pompes d'export verticales permettent d'expédier les condensats stabilisés de ZCINA vers une ligne de condensats existante de 10" HMD-HEH via un nouveau pipeline de 4" de 5.305 km de longueur avec une pression d'arrivée de 19 barg. Ces pompes ont une capacité unitaire égale à la production maximale de 4 trains mais permettent néanmoins d'exporter la production journalière maximale de ZCINA en 16 heures.

Les condensâts off-spec stockés doivent être retraités. Pour cela, ils sont envoyés vers les débutaniseur de chaque train de production via des pompes lorsque le souhaite l'opérateur.

- **Canalisation d'export du GPL**

Le GPL, pompé depuis les sphères de stockage, est exporté vers une nouvelle station de pompage à HEH (hors fourniture) située à environ 14.5 km de ZCINA via la nouvelle canalisation d'expédition de GPL de 14". La canalisation d'expédition du GPL est équipée aux deux extrémités de gares de racleurs : une gare de racleur de départ à ZCINA et une gare de racleur d'arrivée à la station HEH.

### III.3 Problématique de la recherche

Dans travail de recherche, nous entamons l'étude de l'optimisation de la colonne débutaniseur dans le but d'améliorer la production en condensat et de minimiser le débit de soutirage de l'isopentane toute en gardant les spécifications du GPL et du condensat dans les normes de commercialisation.

En effet, actuellement le condensat produit possède une TVR ne dépassant pas 0,4 bar ce qui laisse une marge pour une fraction supplémentaire de l'isopentane dans le condensat allant à une TVR de 0,68 bar en hiver pour le condensat. Par contre la TVR du condensat en été est à sa limite maximale.

### III.4.Méthodologie de la recherche

Nous avons adopté pour le traitement de la problématique exposé la méthodologie suivante :

#### II.4.1.Choix du logiciel de simulation

Le logiciel que nous avons utilisé pour réaliser notre étude est le logiciel Hysys de la société Hyprotech qui est une filiale du groupe AspenTech.

Le simulateur Hysys est un ensemble de modèles mathématiques des opérations unitaires nécessitant certains appareils spécifiques (ballons, compresseurs, colonnes de distillation, échangeurs de chaleur, etc.). Ces opérations sont connectées dans un schéma de procédé PFD par le courant d'informations généré dans ces opérations. Donc, le logiciel HYSYS n'est rien d'autre qu'un programme informatique destiné à la simulation des procédés de l'industrie de gaz, des procédés de raffinages et de la pétrochimie.

À l'aide du logiciel HYSYS, on peut calculer la capacité de production, dimensionner les appareils qui composent une unité donnée, déterminer les limites de la marche de cette unité et comprendre les phases critiques du procédé. De plus, ce même logiciel permet d'envisager l'écoulement en temps réel, de fixer les limites de la marche de l'unité et de mesurer les risques en fonction de l'évolution des paramètres (P,T, etc.) [13,14].

Ce simulateur dispose d'une base de données thermodynamiques contenant les propriétés des corps Cette base de données est enrichie d'un ensemble de modèles thermodynamiques permettant d'estimer les propriétés des mélanges. [29].

#### III.4.2.Choix du modèle thermodynamique

Le travail de la simulation commence par le choix du modèle thermodynamique convenable à notre système, et qui assure le minimum d'écart de résultats par apport aux données de design. Une équation d'état d'un corps pur est une relation mathématique, qui

relie la température T, la pression P et le volume molaire V. L'équation la plus simple est l'équation d'état d'un gaz parfait pur de Van Der Waals :

$$P(V, T) = (R^*T)/(V-b) - (a/V^2) \quad \text{(III.1)}$$

Pour les applications de raffinage de pétrole, de traitement de gaz et de pétrochimie, l'équation d'état de Peng Robinson (PR) est généralement le model recommandé [13] :

$$P(V, T) = (R^*T)/(V-b) - (a(T)) / [V*(V+b) +b*(V- b)] \quad \text{(III.2)}$$

#### III.4.3.Simulation du cas désign

Cette étape est indispensable car elle permet la validation du modèle thermodynamique Peng-Robenson choisi. Elle consiste à comparer les résultats de la simulation de la colonne débutaniseur G11-CB-32-01 avec les données design. Ce modèle ne sera exploité que si l'écart entre les résultats est inférieure à **10 %**.

#### III.4.4.Simulation du cas actuelle

La simulation du cas réel nécessite la connaissance d'un ensemble de données notamment : la composition, le débit, la température et la pression de l'alimentation de Débutaniseur.

L'amélioration du fonctionnement du débutaniseur consiste à étudier le comportement de toutes les parties du débutaniseur pour la fixation des paramètres de marche du processus.

L'influence de la température du plateau sensible et le débit de soutirage de l'isopentane ont été évoquées dans de ce travail afin d'optimiser les paramètres de marche du débutaniseur étudié tout en respectant les spécifications techniques et commerciales des produits.





***Chapitre IV***  
***Résultats et discussion***

### IV.1. Simulation du débuthaniseur G11-CB-32-01 (cas design)

Données de départ :

- Nombre de plateaux : 43
- Diamètre de la colonne : tête de la colonne 3,2. fond de la colonne 2,2 m
- Hauteur de la colonne : 35,35
- Composition de la charge

**Tableau IV. 1** : Composition de charge du débuthaniseur

	Design	Simulé	Erreur(%)
Constituants	Composition molaire (%)		
N <sub>2</sub>	0	0	0
CO <sub>2</sub>	0	0	0
C <sub>2</sub>	2,64	2,64	0
C <sub>3</sub>	65,39	65,46	0,11
iC <sub>4</sub>	5,92	5,91	0,17
nC <sub>4</sub>	17,16	17,12	0,23
iC <sub>5</sub>	2,7	2,7	0
nC <sub>5</sub>	3,75	3,73	0,53
nC <sub>6</sub>	1,83	1,82	0,55
nC <sub>7</sub>	0,61	0,61	0
La somme	100	100	-

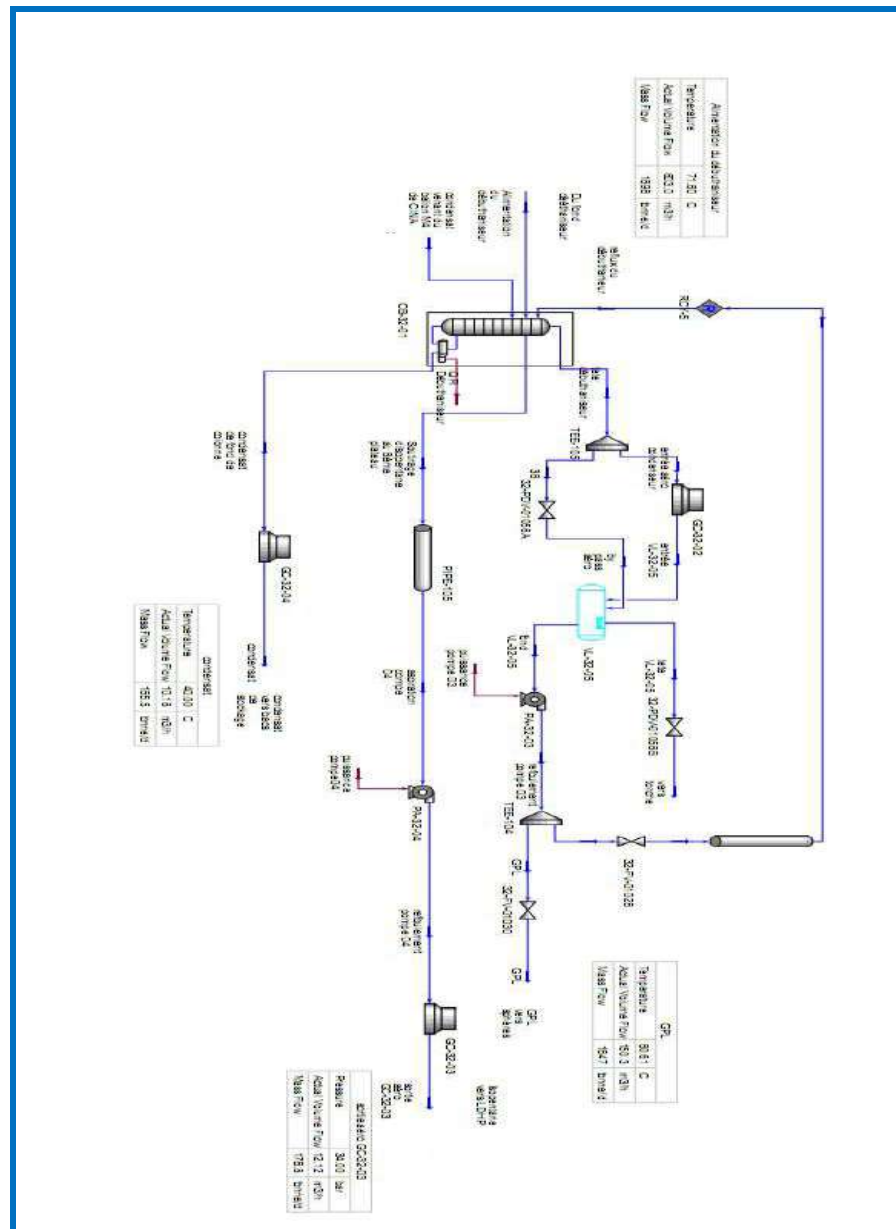


Figure IV.1 : Schéma PFD adopté pour la simulation du débutanisation

Nous considérerons dans ce qui suit les abréviations suivantes :D : design, S : simulation .

L'écart relatif des résultats de la simulation comparé au données du constructeur est calculée comme suit: **écart relatif (%) = |((S-D) / D)| × 100**

Les résultats obtenus pour chaque produit de traitement représentés dans ce qui suit.

## IV.1.1.GPL produit

Dans les tableaux suivants une série de résultats est présentée en vu de comparer les résultats de notre simulation avec celles du design dans la section débutanisation.

Tableau IV. 2 : Composition du GPL produit

Constituents	GPL (% molaire)		
	Design	Simulation	Écart (%)
C <sub>1</sub>	0	0	0
C <sub>2</sub>	2,89	2,89	0
C <sub>3</sub>	71,53	71,57	0,06
iC <sub>4</sub>	6,48	6,46	0,31
nC <sub>4</sub>	18,71	18,67	0,21
iC <sub>5</sub>	0,32	0,33	3,13
nC <sub>5</sub>	0,06	0,06	0
H <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0
La somme	100	100	-

Tableau IV. 3: Débits molaire du GPL produit

Constituents	GPL (kmol /h)		
	Design	Simulation	Écart (%)
C <sub>1</sub>	0	0	0
C <sub>2</sub>	41,8	41,86	0,14
C <sub>3</sub>	1034,4	1037,76	0,32
iC <sub>4</sub>	93,7	93,67	0,03
nC <sub>4</sub>	270,6	270,71	0,04
iC <sub>5</sub>	4,6	4,78	3,91
nC <sub>5</sub>	0,9	0,91	1,11
H <sub>2</sub> O	0,1	0,1	0
La somme	1446	1450	0,28

Tableau IV.4: Paramètres du GPL produit

Paramètres	Design	Simulation	Écart (%)
T sortie de colonne (°C)	73,00	71,88	1,53
P sortie de colonne (barg)	17,90	17,90	0,00
Densité ( kg/m <sup>3</sup> )	454,90	456,70	0,40
Poids moléculaire (kg/kmol)	47,33	47,33	0,00
Débit massique (tonne/j)	68440	68630	0,27

La comparaison des résultats de simulation avec les données design montre que pour le GPL produit :

- L'écart relatif à la composition varie de 0 à 3,13 %
- L'écart relatif aux débits molaires des constituants varie de 0 à 3,91 %
- L'écart relatif au débit massique est de 0,27 %
- L'écart relatif aux propriétés du GPL est nul pour le poids moléculaire et de 0,4 % pour la densité
- L'écart relatif aux paramètres en sortie du débutaniseur est nul pour la pression et de 1,53 % pour la température.

#### IV.1.2. Condensât stabilisé

Tableau IV.5: Compositions du condensât stabilisé

Constituants	Condensât (%molaire)		
	Design	Simulation	Écart (%)
nC <sub>4</sub>	0,05	0,05	0
iC <sub>5</sub>	13,63	13,35	2,05
nC <sub>5</sub>	29,56	29,67	0,37
nC <sub>6</sub>	40,18	40,4	0,55
nC <sub>7</sub>	15,24	15,2	0,32
nC <sub>8</sub>	1,33	1,33	0
La somme	100	100	-

**Tableau IV.6:** Débits molaire du condensât stabilisé

Constituants	Condensât (kmole/h)		
	Design	Simulation	Écart (%)
nC <sub>4</sub>	0	0	0
iC <sub>5</sub>	10,7	10,47	2,14
nC <sub>5</sub>	23,2	23,26	0,26
nC <sub>6</sub>	31,5	31,67	0,54
nC <sub>7</sub>	11,9	11,92	0,17
nC <sub>8</sub>	1	1,04	4
La somme	78	78,4	-

**Tableau IV.7:** Paramètres du condensât stabilisé

Paramètres	Design	Simulation	Écart (%)
T sortie de colonne (°C)	194,00	187,80	3,20
P sortie de colonne (barg)	18,30	18,30	0,00
Densité ( kg/m <sup>3</sup> )	636.4	636,6	0,031
Poids moléculaire (kg/kmol)	82.62	82,64	0,024
Débit massique (tonne/j)	6475	6479	0,061
TVR (barg)	0,68	0,65	4,41

La comparaison des résultants de simulation avec les données design montre que pour le GPL produit :

- L'écart relatif à la composition varie de 0 à 2,05 %
- L'écart relatif aux débits molaires des constituants varie de 0 à 4 %
- L'écart relatif au débit massique est de 0,06 %
- L'écart relatif aux propriétés du condensât est de 0,024 % pour le poids moléculaire, de 0,031 % pour la densité et de 4,41 % pour la TVR
- L'écart relatif aux paramètres en sortie du débutaniseur est nul pour la pression et de 3,2 % pour la température.

## IV.1.3. Isopentane soutiré à partir de plateau N° 8

Tableau IV.8: Compositions de l'isopentane soutiré

Constituants	Isopentane (% molaire)		
	Design	Simulation	Écart (%)
iC <sub>4</sub>	0,03	0,03	0
nC <sub>4</sub>	0,87	0,87	0
iC <sub>5</sub>	36,44	36,5	0,16
nC <sub>5</sub>	52,57	52,64	0,13
nC <sub>6</sub>	9,11	9	1,21
nC <sub>7</sub>	0,97	0,99	2,06
La somme	100	100	-

Tableau IV.9 : Débits molaire de l'isopentane

Constituants	Isopentane (kmole /h)		
	Design	Simulation	Écart (%)
iC <sub>4</sub>	0,03	0,03	0
nC <sub>4</sub>	0,88	0,88	0
iC <sub>5</sub>	37,02	36,97	0,14
nC <sub>5</sub>	53,41	53,32	0,17
nC <sub>6</sub>	9,26	9,11	1,61
nC <sub>7</sub>	0,99	1	1,01
nC <sub>8</sub>	0	0	0
La somme	101,6	101,3	-

Tableau IV.10: Paramètres de l'isopentane soutiré

Paramètres	Design	Simulation	Écart (%)
T sortie de colonne (°C)	161,00	160,80	0,12
P sortie de colonne (barg)	18,83	18,22	3,24
Densité ( kg/m <sup>3</sup> )	615.1	614,8	0,05
Poids moléculaire (kg/kmol)	73.57	73,56	0,01
Débit massique (tonne/j)	7475	7449	0,34
TVR (barg)	1,13	1,13	0,00

La comparaison des résultats de simulation avec les données design montre que pour l'isopentane soutiré du plateau N° 8 :

- L'écart relatif à la composition varie de 0 à 2,06 %
- L'écart relatif aux débits molaires des constituants varie de 0 à 1,61 %
- L'écart relatif au débit massique est de 0,34 %
- L'écart relatif aux propriétés de l'isopentane est de 0,01 % pour le poids moléculaire, de 0,05 % pour la densité et nul pour la TVR
- L'écart relatif aux paramètres en sortie du débutaniseur est de 3,24 % pour la pression et de 0,12 % pour la température.

## Conclusion

Les résultats de la comparaison des données du design avec ceux de la simulation du train de production du GPL et du condensat nous permettent de valider notre simulation.

En effet, la simulation indique que les caractéristiques des flux entrant et sortants de colonne débuthaniseur enregistre des faibles écarts qui ne dépasse pas 10% par rapport au données du design. Ce qui nous réconforte de la fiabilité de notre simulation ainsi que le choix du modèle thermodynamique Peng-Robinson « P-R » pour la suite de notre travail.



## IV.2. Simulation du débuthaniseur G11-CB-32-01 (cas actuel)

### IV.2.1. Spécifications de la charge d'alimentation du débuthaniseur

La simulation du cas réel nécessite la connaissance des données telles que la composition, le débit, la température et la pression de l'alimentation de débuthaniseur, qui sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.11:** Caractéristique de la charge d'alimentation de débuthaniseur

Charge d'alimentation du débuthaniseur		
Propriétés	Fraction vapeur	0,87
	Débit masse [tonne/j]	1585
	Débit molaire [kmol/h]	1258
	Température [°C]	93
	Pression [bar]	17
	Poids moléculaire [kg/kmol]	52,55
	Densité	0,04
Constituants		
Composition molaire (%)	C <sub>1</sub>	0
	C <sub>2</sub>	1,81
	C <sub>3</sub>	59,40
	iC <sub>4</sub>	6,23
	nC <sub>4</sub>	18,31
	iC <sub>5</sub>	3,01
	nC <sub>5</sub>	5,35
	nC <sub>6</sub>	3,41
	nC <sub>7</sub>	1,96
	nC <sub>8</sub>	0,49
	N <sub>2</sub>	0
	CO <sub>2</sub>	0

## IV.2.2. Simulation des paramètres en tête du débutanisuer

Tableau IV.12 : Caractéristiques du GPL produit en tête de débutanisuer

GPL Produit				
Propriétés	Paramètres	Cas actuel	Cas simule	Écart %
	Débit masse [tonne/j]	1232,00	1233,00	0,08
	PCS [kcal/m <sup>3</sup> ]	24192,00	0	100,00
	TVR [bar]	11,29	10,78	4,52
	Poids moléculaire [kg/kmol]	47,00	47,82	1,74
Composition molaire %	Constituants			
	C <sub>1</sub>	0,00	0,00	0,00
	C <sub>2</sub>	2,11	2,11	0,00
	C <sub>3</sub>	69,24	69,32	0,12
	iC <sub>4</sub>	7,27	7,30	0,41
	nC <sub>4</sub>	21,32	21,20	0,56
	iC <sub>5</sub>	0,06	0,06	0
	nC <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,00
	nC <sub>6</sub>	0,00	0,00	0,00
	nC <sub>7</sub>	0,00	0,00	0,00
	nC <sub>8</sub>	0,00	0,00	0,00
	N <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00
	CO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00

La comparaison des résultants de simulation avec les données actuelles montre que pour GPL produit en tête de colonne :

- L'écart relatif à la composition varie de 0 à 0,56 %
- L'écart relatif au débit massique est de 0,08 %
- L'écart relatif au pouvoir calorifique supérieur est de 100 %
- L'écart relatif a la TVR est de 4,52 %
- L'écart relatif au poids moléculaire est de 1,74 %.

## IV.2.3. Simulation des paramètres au fond du débutanisuer

Tableau IV.13: Caractéristiques du condensât produit au fond du débutanisuer

		Condensât		
		Cas actuel	Cas simule	Écart %
Propriétés	Débit masse [tonne/j]	143,6	148,1	3,13
	TVR [bar]	0,38	0,39	2,63
	Poids moléculaire [kg/kmol]	90,56	90,83	0,3
	Densité à 15°C	0,69	0,65	5,79
		Constituants		
Composition molaire %	C <sub>1</sub>	0	0	0
	C <sub>2</sub>	0	0	0
	C <sub>3</sub>	0	0	0
	iC <sub>4</sub>	0	0	0
	nC <sub>4</sub>	0	0	0
	iC <sub>5</sub>	4,61	4,6	0,22
	nC <sub>5</sub>	14,27	13	8,9
	nC <sub>6</sub>	40,23	40,7	1,17
	nC <sub>7</sub>	31,52	32,7	3,74
	nC <sub>8</sub>	9,37	9	3,95
	N <sub>2</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	0	0	0

La comparaison des résultants de simulation avec les données actuelles montre que pour le condensât produit au fond de la colonne :

- L'écart relatif à la composition varie de 0 à 8,9 %
- L'écart relatif au débit massique est de 3,13 %
- L'écart relatif a la TVR est de 2,63 %
- L'écart relatif au poids moléculaire est de 0,3 %
- L'écart relatif a la densité est de 5,79 %.

## IV.2.4. Simulation des paramètres au niveau du huitième plateau

Tableau IV.14 : Caractéristiques de l'isopentane soutiré au niveau du plateau N° 8

		Isopentane		
		Cas actuel	Cas simule	Écart %
Propriétés	Débit massique [tonne/j]	202	196	2,97
	TVR [bar]	1,00	1,02	2
	Poids moléculaire [kg/kmol]	75	75,43	0,57
	Densité à 15°C	0,64	0,62	3,13
		Constituants		
Composition molaire %	C <sub>1</sub>	0	0	0
	C <sub>2</sub>	0	0	0
	C <sub>3</sub>	0	0	0
	iC <sub>4</sub>	0	0	0
	nC <sub>4</sub>	0,45	0,4	11,11
	iC <sub>5</sub>	30,31	30,38	0,23
	nC <sub>5</sub>	50,8	50,42	0,74
	nC <sub>6</sub>	15,17	15	1,12
	nC <sub>7</sub>	3,12	3,2	2,56
	nC <sub>8</sub>	0,6	0,6	0
	N <sub>2</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	0	0	0

La comparaison des résultants de simulation avec les données actuelles montre que pour l'isopentane soutiré au niveau du plateau N° 8 :

- L'écart relatif à la composition varie de 0 à 11,11 %
- L'écart relatif au débit massique est de 2,97 %
- L'écart relatif a la TVR est de 2 %
- L'écart relatif au poids moléculaire est de 0,57 %
- L'écart relatif a la densité est de 3,13 %.

### Conclusion

D'après les différents résultats, récapitulés ci-dessus, portant sur les propriétés du GPL, du condensât et de l'isopentane, un accord quantitatif et qualitatif est constatable entre les résultats obtenus via la simulation et ceux affichés en DCS ainsi que les analyses obtenues au laboratoire.

### IV.3. Optimisation des paramètres de fonctionnement du débutaniseur G11-CB-32-01

Dans cette partie du travail, nous allons étudier l'influence de la température du plateau inférieur du débutaniseur (voir data sheet [Annexe A]) et du débit de soutirage au niveau du huitième plateau sur les spécifications commerciales du GPL et du condensat produits.

Le choix de ces paramètres est basé sur leur accessibilité à manipuler sur DCS. La température dans le rebouilleur est contrôlée via la température du plateau sensible (premier plateau), puisque cette dernière est ajustable sur DCS à travers une boucle de régulation en cascade qui agit sur le débit d'huile chaude provenant du four. Le débit de l'isopentane soutiré au niveau du huitième plateau est contrôlé sur DCS à travers la vanne régulatrice de débit 32.FV.91002.

L'influence de ces paramètres est présentée dans les paragraphes suivants.

#### IV.3.1. Influence de la température du plateau sensible

##### IV.3.1.1. Influence de la température du plateau sensible sur la production du GPL

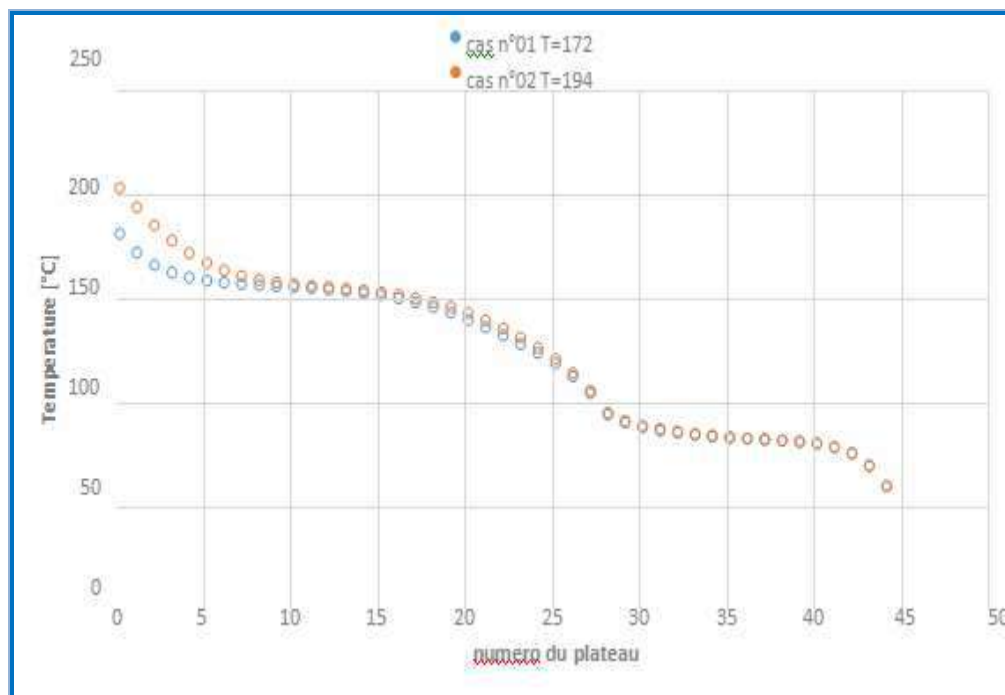
L'influence de la température du plateau sensible sur la production et les spécifications du GPL produit est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau IV.15 :** Influence de la température du plateau sensible sur la production et les caractéristiques du GPL.

Propriétés	Produit de tête GPL							
	T=194°	T=193°	T=184°	T=181°	T=177°	T=173°	T=172°	T=171°
C <sub>2</sub> - (%)	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
(C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> ) (%)	97,81	97,81	97,81	97,81	97,81	97,81	97,81	97,81
C <sub>5+</sub> (%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
TVR (bar)	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34
Densité (kg/m <sup>3</sup> )	462,13	462,13	462,13	462,13	462,13	462,13	462,13	462,13
Poids moléculaire (kg/kmol)	47,83	47,83	47,83	47,83	47,83	47,83	47,83	47,83
PCS kcal/kg	11907,7	11907,7	11907,7	11907,7	11907,7	11907,7	11907,7	11907,7
Debit massique [t/h]/train	1233,14	1233,14	1233,14	1233,14	1233,14	1233,14	1233,14	1233,14
Duty condenseur (kW)	-9411,7	-9411,7	-9411,7	-9411,7	-9411,7	-9411,7	-9411,7	-9411,7

Nous constatons que la variation de la température du plateau sensible n'a pas d'influence sur les spécifications du GPL à l'exception d'une légère diminution du taux

de  $C_{5+}$ . Ce résultat peut être expliqué par la présence du soutirage d'isopentane au niveau du 8<sup>ème</sup> plateau.



**Figure IV.2 :** Gradient de température dans la colonne débuthaniseur

La figure IV.2 confirme ce résultat, elle illustre le gradient de température dans la colonne débuthaniseur dans les deux cas actuel et optimisé. On observe que la variation de la température du plateau sensible n'influence que les huit premiers plateaux du débuthaniseur. Au delà du 8<sup>ème</sup> plateau, plateau de soutirage de l'isopentane, les deux courbes se superposent ce qui justifie que du 8<sup>ème</sup> au 43<sup>ème</sup> plateau aucun changement n'a été repéré et les spécifications du GPL restent identiques à celle du cas actuelle.

En outre on fixera dans un premier temps les spécifications actuelles du GPL tout en analysant l'influence de la température du plateau sensible sur le condensat et le débit d'isopentane soutiré.

#### IV.3.1.2. Influence de la température du plateau sensible sur la production du condensât

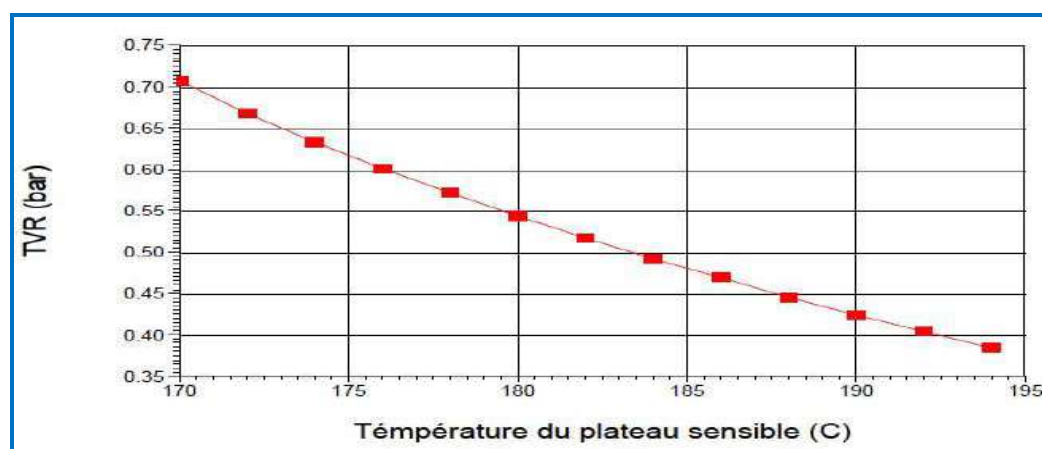
Le tableau ci dessous montre l'influence de la température du plateau sensible respectivement sur la composition du condensat, la TVR, la production et l'énergie consommée par le rebouilleur.

**Tableau IV.16** : Influence de la température du plateau sensible sur la production et les caractéristiques du condensat

Propriétés	Condensât							
	T=194 °C	T=193 °C	T=184 °C	T=181 °C	T=177 °C	T=173 °C	T=172 °C	T=171 °C
(C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> ) (%)	0	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
C <sub>5+</sub> (%)	99,99	99,99	99,98	99,98	99,98	99,97	99,97	99,97
TVR (bar)	0,381	0,39	0,49	0,53	0,59	0,65	0,67	0,69
Debit massique [t/j]//train	145,4	148,31	180,4	194	218,1	249,8	257,6	268,6
Duty condenseur (kW)	5239	5233	5223	5217	5211	5206	5200	5198

On assiste à une augmentation du débit de production du condensât et à une diminution de l'énergie produite au niveau du rebouilleur. Un effet notable est constatable pour l'ensemble des les spécifications du condensat en particulier la TVR.

La figure suivante illustre la variation de la TVR du condensat en fonction de la température du plateau sensible.



**Figure IV.3** : Variation de la TVR du condensât en fonction de la température du plateau sensible

Cette récupération avantageuse, en termes de débit, des  $C_{6+}$  dans le condensat, s'accompagne d'une augmentation dans la TVR.

La figure nous laisse observer que la TVR augmente presque linéairement avec la diminution de la température de 0,38 bar, qui est le cas actuel, à 0,71 bar à une température de 170. En effet, la courbe TVR (T) nous renseigne que 172°C est la température minimale du plateau sensible que la colonne peut fonctionner avec, tout en respectant les normes de stockage et du transport du condensat à travers une TVR qui ne dépasse pas 0,68 bar

#### IV.3.1.3. Influence de la température du plateau sensible sur la production de l'iso pentane

**Tableau IV.17 :** Influence de la température sur la production et les caractéristiques de l'isopentane

Propriétés	Isopentane							
	T=194 °C	T=193 °C	T=184 °C	T=181 °C	T=177 °C	T=173 °C	T=172 °C	T=171 °C
(C3+C4) (%)	0,42	0,43	0,48	0,51	0,56	0,66	0,67	0,74
(iC5+nC5) (%)	80,69	81,2	85,03	86	87,1	87,97	88,15	88,32
$C_{6+}$ (%)	18,74	18,22	14,33	13,32	12,17	11,19	10,98	10,77
TVR (bar)	1,03	1,04	1,08	1,09	1,1	1,12	1,12	1,13
Debit massique [t/j]//train	199,4	196,7	164,4	150	126,7	95,08	87,27	76,32

Le tableau IV.16 montre qu'au fur et à mesure que la température du plateau sensible diminue, les composants plus lourds ( $C_{6+}$ ) sont d'avantage retenus au fond de la colonne, causant une diminution de 18,74% à 10,98 % des  $C_{6+}$  dans l'isopentane. Par conséquent la production du condensat a considérablement augmenté (de 145,4 à 257,6 t/j), ce qui représente une augmentation de 76 % tout en respectant les spécifications requises du GPL.

Notons que la TVR de l'isopentane enregistre une faible augmentation qui est due au fait que la fraction de  $iC_5 + nC_5$  a augmenté dans cette coupe.

Le débit de L'isopentane est réduit, allant de 199,4 tonne/jour à une température de 194°C jusqu'à 87,26 tonne/jour à une température de 172°C, cela enregistre une diminution de 56% de production de l'isopentane, dont le but de cette optimisation.



### IV.3.2. Influence du débit de soutirage de l'isopentane

Dans cette section, nous allons examiner l'influence du débit d'isopentane sur le fonctionnement du débutaniseur et la production du GPL et du condensat.

Cette partie de l'optimisation est principalement consacré à l'amélioration de la production en GPL. La composition actuelle de GPL a un pourcentage molaire en C<sub>5</sub> d'environ 0,06%, il est considéré comme trop inférieur à la valeur de spécification commerciale qui a comme limite supérieur une fraction de 0,4 % molaire.

L'objectif de cette étude est de trouver le débit optimal de soutirage de l'isopentane qui permet d'augmenter la production de GPL en augmentant la fraction de C<sub>5</sub> à sa limite commerciale.

**Tableau IV.18 :** Influence du débit de soutirage de l'isopentane sur les spécifications du GPL

GPL					
Débit de soutirage [t/j]	70	75	80	85	90
C <sub>2</sub> - [%]	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
(C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> ) [%]	97,23	97,4	97,58	97,75	97,84
(iC <sub>5</sub> +nC <sub>5</sub> ) [%]	0,68	0,5	0,32	0,14	0,05
C <sub>6+</sub> [%]	0	0	0	0	0
TVR [bar]	10,27	10,29	10,31	10,33	10,35
Production du GPL [t/j]	1245,06	1241,68	1238,3	1234,91	1231,83
Duty Condenseur [Kw]	-9534,47	-9499,62	-9464,73	-9429,93	-9401,55

L'influence du débit de soutirage de l'isopentane sur les spécifications du GPL est illustrée dans le tableau ci-dessus. En diminuant progressivement le débit de l'isopentane des fractions C<sub>5+</sub> montent au sommet du débutaniseur suite à une légère augmentation de la température au niveau du plateau de soutirage N°8 comme le montre clairement la figure IV.3.

On a remarqué également que la production du GPL a enregistré une augmentation de 5 tonne/jour pour chaque train comme le montre la figure IV.4 , et cela en respectant ses spécifications commerciales (%C<sub>2</sub>- <3% et % C<sub>5+</sub> <0,4%).

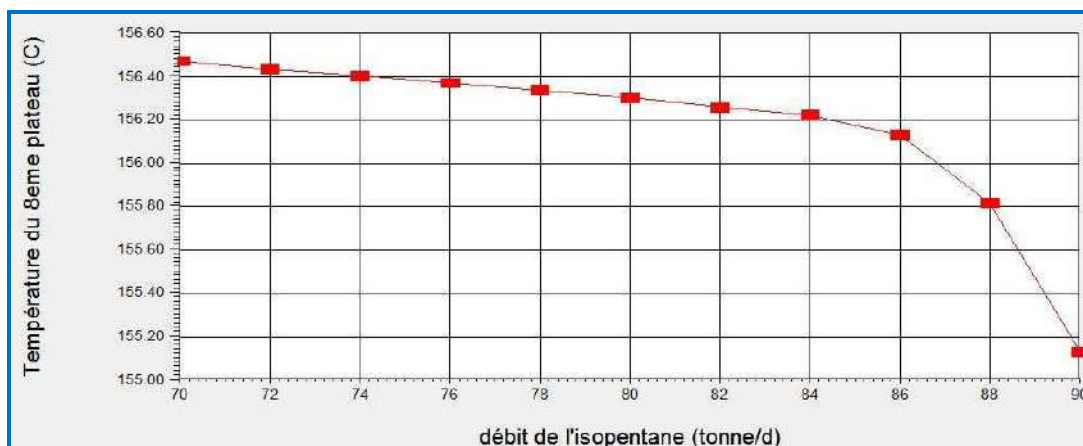


Figure IV. 4 : Influence du débit de soutirage de l'isopentane sur la température du 8<sup>ème</sup> plateau

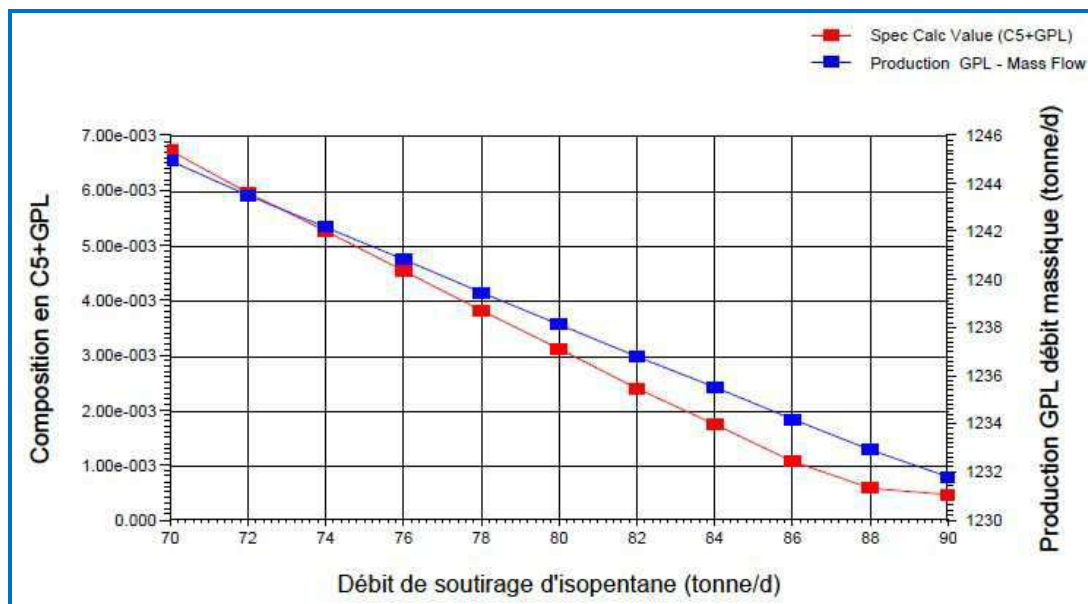


Figure IV.5: Influence du débit de soutirage de l'isopentane sur la production du GPL

Il a été également constaté que la variation de débit d'isopentane a une influence peu significative sur le condensat comme représenté sur le tableau ci-après où nous remarquons une très légère augmentation dans la fraction en C<sub>6+</sub> qui conduit à une récupération supplémentaire de condensat d'environ 2T / j pour chaque train.

Tableau IV.19 : Influence débit de soutirage sur le condensat

Condensat					
Débit de soutirage [t/j]	70	75	80	85	90
C <sub>2</sub> - [%]	0	0	0	0	0
(C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> ) [%]	0	0	0	0,01	0,06
(iC <sub>5</sub> +nC <sub>5</sub> ) [%]	47,68	47,58	47,49	47,40	47,18
C <sub>6+</sub> [%]	52,32	52,41	52,51	52,60	52,76
TVR [bar]	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Production du condensât [t/j]	262,95	261,32	259,71	258,09	256,2
Duty Condenseur [Kw]	5301,48	5272,52	5243,59	5214,82	5187,27

### IV.3.3.Choix de l'optimum

Le choix de l'optimum se fait en tenant compte des spécifications suivantes :

- La teneur du GPL en C<sub>2</sub> - doit être inférieure à 3% molaire.
- La teneur du GPL en C<sub>5+</sub> doit être inférieure à 0,4% molaire.
- La TVR du condensat ne doit pas dépassé 10 psi (0,68 bar).

Le tableau récapitulatif suivant regroupe les nouveaux paramètres du débutaniseur après optimisation respectant les spécifications des produits cu cité.

Tableau IV.20 : Paramètres de la colonne après optimisation

Comparaison cas actuel et optimise			
Parameters	CAS ACTUEL	CAS OPTIMISÉ	Écart %
Pression de tête [bar-g]	16	16	0
Pression de fond [bar-g]	16,5	16,5	0
Température de tête [°C]	68,85	69,23	0,55
Température du Plateau sensible [°C]	194	172	11,34
Taux de reflux	1,2	1,2	0
Température de soutirage [°C]	158	156	1,26
TVR du condensat [bar]	0,38	0,67	76,31
Production condensat [tonne/j]	145	259,6	79,03
Production de GPL [tonne/j]	1233	1238,4	0,44
Production de l'isopentane [tonne/j]	200	80	60
Q condenseur [KW]	-9411,7	-9464,73	0,57
Q rebouilleur [KW]	5239	5243,59	0,09

**Conclusion**

Les spécifications décrites ci-dessus ne sont pas les seules contraintes que l'exploitant doit surmonter.

Le bon fonctionnement des équipements de traitement est un facteur important dans le métier de l'exploitant, le choix des nouveaux paramètres du débutaniseur (température, pression et débit de soutirage d'isopentane) doit permettre un bon fonctionnement de la colonne débutaniseur, du rebouilleur, condenseur de tête et des pompes d'évacuation de l'isopentane en restant dans les limites de leurs exploitations.



***Conclusion générale***

A travers notre étude, nous avons pu montrer la possibilité d'améliorer le fonctionnement du débutaniseur au niveau du GPLZCINA tout en respectant les spécifications des produits et les conditions de sécurité des unités de traitement sans apporter des modifications aux installations actuelles.

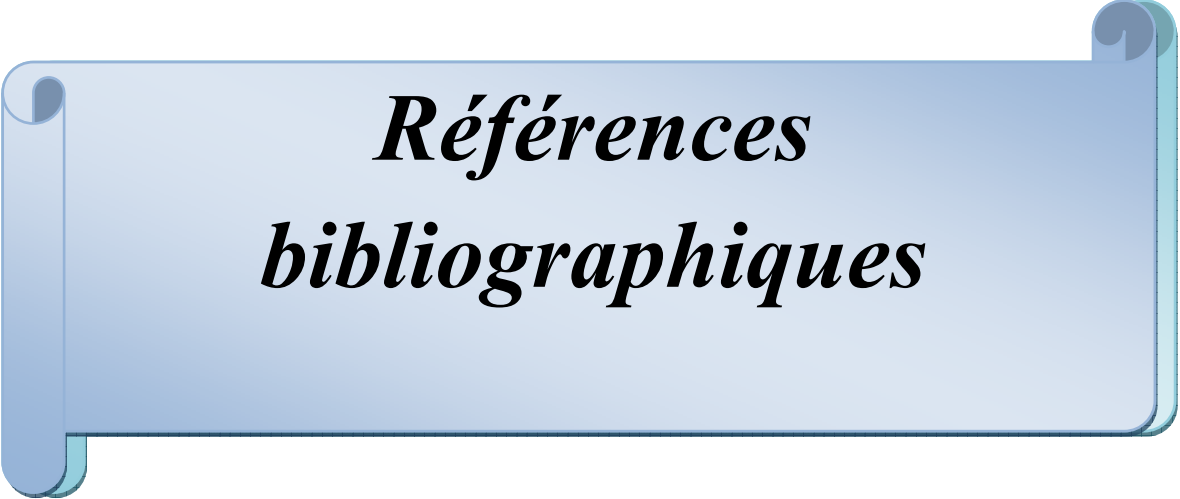
L'étude est basée sur la simulation de la colonne par le logiciel de simulation Aspen HYSYS 3.2, en tenant compte de la composition actuelle de la charge de la colonne, des conditions opératoires et des contraintes actuelles du process.

Les résultats de la simulation montrent que le fonctionnement de la colonne de stabilisation peut s'améliorer en diminuant la température du rebouillage et le débit de soutirage de l'isopentane, ce qui permet de récupérer un maximum de condensat avec un gain de 343,8 tonnes/jour ce qui représente une augmentation de 79% par rapport à de la production actuelle, ainsi qu'un gain de 15 tonnes/jour du GPL.

A l'issue de notre étude et pour une meilleure exploitation des installations, nous recommandons :

- De faire une vérification par simulation des diverses sections des unités de traitement.
- De veiller à déterminer d'une manière périodique les nouvelles conditions opératoires adaptées à la nouvelle charge à traiter.
- L'isopentane produit peut faire l'objet d'une étude de valorisation au niveau de l'unité de valorisation des condensats (UVC) situé au niveau du Centre Industriel sud (CIS) Hassi Messaoud.

D'une manière générale, ce travail nous a permis d'apprendre comment s'adapter favorablement aux nouvelles situations professionnelles et aux contraintes du procédé.



*Références  
bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

---

- [1] : Revue trimestriel de sonatrach, Revue n°15.Décembre 2002.
- [2] : Connaissance des energies.org/ fiches pédagogiques.
- [3] : Associated Petroleum Gas in Russia : Reasons for Non-utilization (PDF). FNI Report 13/2010.
- [4] : World Bank, GGFR Partners Unlock Value of Wasted Gas". World Bank Group. 14 December 2009. Retrieved 17 March 2010.
- [5] : Comité français du butane et du propane : <http://www.cfbp.fr>
- [6] : Comité français du butane et du propane, les gaz butane et propane.
- [7] : GPL une énergie exceptionnelle <http://fr.exceptionalenergy.com>
- [8] : Installation et entretien des équipements GPL <http://Horizon GPL.com>
- [9] : W. M. Haynes, «Handbook of chemistry Physiquisics», Edit chief, (2012).
- [10] : J.-P- Favennec : le raffinage du pétrole, exploitation et gestion de la raffinerie Vol 5, 1998.
- [11] : Résumé des journées scientifiques et techniques. Alger .Avril 1998.
- [12] : A.KERBOUCHE, B.KAABOUCHE, « Vérification et optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne du débutaniseur T202 de Hassi R'mel», mémoire de fin d'étude, Université de Ouargla, (2016).
- [13] : HYSYS, « Manuel reference Hyprotech », (1995).
- [14] : HYSYS, « Manuel Customization guide version 3.1, Hyprotech » (2002).
- [15] : H.Perry, W.Gereen, «Perry Chemical Engineer »Handbook, 7ème Edition, McGraw Hill, New York, (1994).
- [16] : P. Wuithier, « Raffinage et génie chimique», Tome1 ; Edit.Technip : Paris, (1972).
- [17] : <http://members.lycos.fr/ouldoualimalek/théorie/rectification.htm>
- [18] : S.TERKHI.F.OUADJENIE, « augmentation de la charge dans une colonne de distillation à 140%», mémoire de projet de fin d'études, université de Mostaganem, (2001).
- [19] :H.MEKKAOUi.F.CHOULI, « modélisation et simulation d'une colonne de distillation d'un mélange complexe à pression atmosphérique», mémoire de Project de fin d'études, Université de Mascara, (2008).
- [20] : G.ARDIT, « Technologie chimique industrielle », Edition Eyrolles, paris, (1972).
- [21] : G.Janusz, « Distillation et rectification », Edition OPU. (1984).

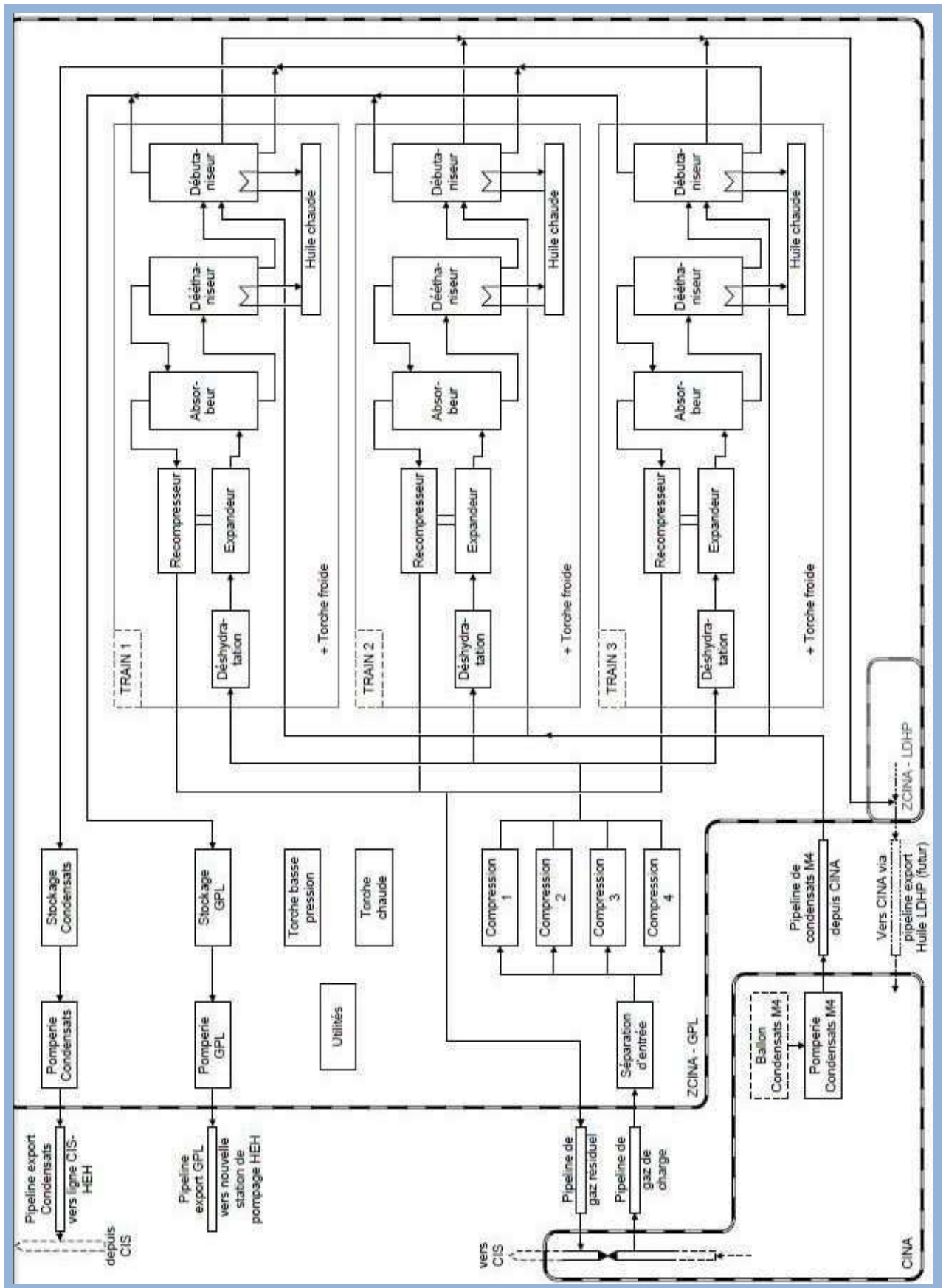


## *Références bibliographiques*

---

- [22] : M. Lakhdar AGGOUNE, « Détection de défauts dans les procédés industriels par l'utilisation des méthodes d'identification paramétrique », Thèse de doctorat, Université de Stif, (2015).
- [23] : CICILE, « Distillation –Absorption », technique de l'ingénieur, J-2610, J-2611, J-2621 J-2622 J-2623, Edition Technip, (1997).
- [24] : S.BELAZREG, « Etude de section de débutanisation du complexe GNL1/Z», Mémoire de l'IAP, (2012).
- [25] :A.OURZIFI , « Etude du fonctionnement de la turbine à gaz PGT25+DLE avec le gaz résiduel comme gaz combustible », Mémoire de l'IAP, (2017)
- [26] : Manuel opératoire d'exploitation ZCINA.
- [27] : B.ZERNIZ, « optimisation des paramètres de fonctionnement d'un debutaniseur», mémoire de projet de fin d'études, Université de OUM EL BOUAGHI
- [28] : R. SAADA , «Étude d'optimisation des paramètres de récupération de GPL de la colonne Déethaniseur de l'unité CPF de GASSI TOUIL »,
- [29] HYSYS, Manuel Customization guide version 3.1, Hyprotech 2002.

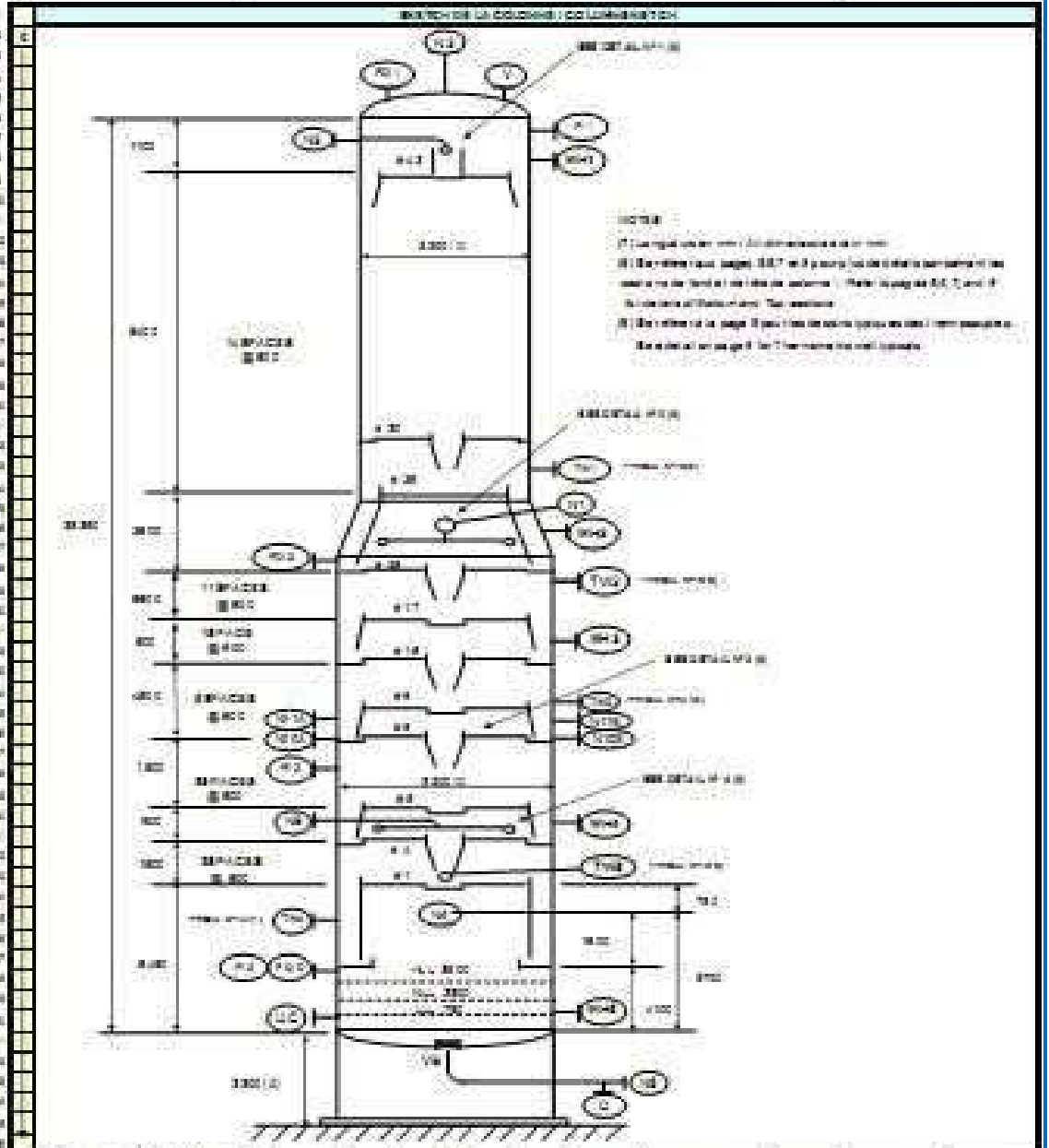
# ANNEXES



Annexe A : Schema bloc de l'unité [26].

# Annexe B : DATA SHEET de la colonne débutaniseur

<b>Saipem s.a</b>	<b>EXTRACTION DES GPL HASSI NESS AOUJ ET SEPARATION D'HUILE LGHP ZONA - ALGERIE</b> <b>COLONNE / COLUMN</b> <b>FEUILLE DE DONNEES PROCEDE / PROCESS DATA SHEET</b>	Date : 01/04/2008												
	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 20%;">Nom</td> <td style="width: 20%;">P0163</td> <td style="width: 20%;">SSA</td> <td style="width: 20%;">PCS</td> <td style="width: 20%;">DTS</td> <td style="width: 20%;">00005-M</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">adresse</td> <td style="font-size: 8px;">Degré</td> <td style="font-size: 8px;">Conteneur</td> <td style="font-size: 8px;">Echantillon</td> <td style="font-size: 8px;">Type de test</td> <td style="font-size: 8px;">Quantité</td> </tr> </table>	Nom	P0163	SSA	PCS	DTS	00005-M	adresse	Degré	Conteneur	Echantillon	Type de test	Quantité	Rev. : 00
	Nom	P0163	SSA	PCS	DTS	00005-M								
adresse	Degré	Conteneur	Echantillon	Type de test	Quantité									
		Page : 1 / 1												






**NOTES**  
 (1) Les règles de dessin sont les mêmes que celles de la norme ISO 9001.  
 (2) Les dimensions sont données en mm et en pouces (voir les définitions des unités de mesure sur le formulaire de demande de devis).  
 (3) Les dimensions sont données en mm et en pouces (voir les définitions des unités de mesure sur le formulaire de demande de devis).  
 (4) Les dimensions sont données en mm et en pouces (voir les définitions des unités de mesure sur le formulaire de demande de devis).

#	DESCRIPTION	BOITE POUR REVUE	NOM	SIGNATURE	DATE	NOM	SIGNATURE	DATE	NOM	SIGNATURE	DATE
1	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN	DESIGN
2	REV	REV	REV	REV	REV	REV	REV	REV	REV	REV	REV

# Annexe C : DATA SHEET du rebouilleur du débutaniseur

  		MECHANICAL DATA SHEET		F10163-SSA-EQP-DTS-000016-E	
 		HEAT EXCHANGER		REF. NUMBER	
		ITEM		2 / 3 / 10	
		G11/G12/G13-GA-32-06		REV PAGE	
CLIENT :		SONATRACH		CLIENT REFERENCE :	
				1046Z-00-FA-MO-22GA-000016-E	
LOCATION :		ALGERIE - HASSI MESSAOUD		PLANT :	
				EXTRACTION DES LIQUIDES DES GAZ ASSOCIES HASSI MESSAOUD ET SEPARATION D'HUILE LOURD ZONA	
REV					
1	SERVICE :	DEBUTANISER REBOILER (DESIGN CASE RICH WINTER 2010)			NUMBER REQUIRED :
2					3
3	TEMA TYPE :	BKLJ			QUANTITY OF SHELL :
4					1.04 / 09 / 0
5	SETTING LEVEL :	+2650 mm			TOTAL HEAT TRANSFER AREA :
6					471 m <sup>2</sup>
STUDY DOCUMENTS					
7	DESIGN CODES :	ASME VIII division 1 (Edition 2007 + Addenda 2008) ; TEMA R ; API 660 ; ALGERIAN DECREE N° 90-245			
8	REQUIREMENTS :	AS PER REQUIREMENT F10163-SSA-EQP-REQ-000005-E Technical regulation - Shell & tubes heat exchangers			
9	ENVIRONMENTAL LOADS :	AS PER F10163-SSA-ENG-PHY-200001-M DONNEES DE DESIGN INGENIERIE (SDO) - GPL			
OPERATING CONDITIONS					
PARTS		SHELL SIDE		TUBE SIDE	
10	FLUID	MIXED LIQUID/VAPOR HC		HOT OIL	
11	DENSITY in / out	kg/m <sup>3</sup>	4366 / 434.3	7136 / 746.2	DENSITY OF LIQUID PHASE
12	TOTAL VOLUME	m <sup>3</sup>	19	2.5	To be confirmed by VENDOR
13	PRESSURE : INTERNAL / EXTERNAL	MPa g	1.9 / -	0.85 / -	
14	TEMPERATURE : IN / OUT	°C	1938 / 202.5	275 / 220	
DESIGN CONDITIONS					
15	PRESSURE : INTERNAL / EXTERNAL	MPa g	2.15	2.1	(note 7) / (note 26)
16	TEMPERATURE : MIN / MAX	°C	-5 / 220	-6 / 290	(note 7) / (note 26)
17	MDMT	°C	-5	-5	
18	HYDRAULIC TEST PRESSURE	MPa g	3.2	3.2	
19	PEE : TYPE OF FLUID		N/A	N/A	
20	GROUP / CATEGORY / MODUL		N/A	N/A	
21	CODE CATEGORY		N/A	N/A	
22	JOINT EFFICIENCY		0.85	0.85	
23	CORROSION ALLOWANCE	mm	3	3	
24	DLAD THICKNESS	mm	N/A	N/A	
25	STAMP		N/A	N/A	

# Annexe D : DATA SHEET de l'aérorefrigrant des condensats

  		<b>AEROREFRIGERANT</b> <b>AIR COOLER</b> <b>FEUILLE DE DONNEES THERMIQUE</b> <b>THERMAL DATA SHEET</b> <b>REPERE / ITEM</b> <b>G11/G12/G13-GC-32-04 (1)</b>		<b>F10163-SSA-EQP-DTS-000009-E</b> <small>NUMERO DE REFERENCE / Ref. Number</small>	
<b>CLIENT :</b> SONATRACH		<b>REFERENCE CLIENT :</b> 10462-00-FA-MD-3200-000009-E		<b>2</b> / <b>4/9</b>	
<b>LIEU :</b> ALGERIE - HASSI MESSAOUD		<b>UNITE :</b> EXTRACTION DES LIQUIDES DES SAZ ASSOCIES HASSI-MESSAOUD ET SEPARATION D'HUILE		<b>REV</b> / <b>PAGE</b>	
<b>LOCATION :</b>		<b>PLANT :</b> LOMRZONA			
<b>SERVICE :</b> CONDENSATE COOLER (DESIGN CASE:LEAN WINTER 2010)		<b>CONSTRUCTEUR / MFR :</b> GEA BTI			
<b>TYPE :</b> INDUIT / INDUCED		<b>FORCE / FORCED :</b> <input checked="" type="checkbox"/>			
<b>ENCOMBREMENT PAR APPAREIL / SIZE PER ITEM :</b> m		<b>9.5 (L) x 2.8 (W) (9)</b>			
<b>SURFACE PAR APPAREIL / SURFACE PER ITEM :</b> m <sup>2</sup>		<b>TUBES NUS / BARE TUBES :</b> 82 (2)		<b>AILETTE / FINNED :</b> 1322 (2)	
<b>PERFORMANCES THERMIQUES / THERMAL PERFORMANCES</b>					
<b>CHALEUR ECHANGEE / HEAT DUTY :</b> MW		<b>1.2 (3)</b>			
<b>DTLM CORRIGEE / LMTD CORRECTED :</b> °C		<b>53.6</b>			
<b>COEFFICIENT DE TRANSFERT / TRANSFER RATE :</b> W/m <sup>2</sup> K		<b>TUBES NUS / BARE TUBES :</b> 378.77		<b>AILETTE / FINNED :</b> 17.77	
<b>CARACTERISTIQUES DU FLUIDE / FLUID CHARACTERISTICS</b>			<b>ENTREE / IN</b>		
<b>FLUIDE CIRCULANT / FLUID CIRCULATING :</b> CONDENSATE (3)			<b>SORTIE / OUT</b>		
<b>DEBIT TOTAL / TOTAL FLOWRATE :</b> kg/h		<b>10 612</b>		<b>10 612</b>	
<b>DEBIT VAPEUR / VAPOR FLOWRATE :</b> kg/h					
<b>DEBIT LIQUIDE / LIQUID FLOWRATE :</b> kg/h		<b>10 612</b>		<b>10 612</b>	
<b>DEBIT VAPEUR D'EAU / STEAM FLOWRATE :</b> kg/h					
<b>DEBIT INCONDENSABLES / NON CONDENSABLE FLOW RATE :</b> kg/h					
<b>FLUIDE CONDENSE / CONDENSED FLUID :</b> kg/h					
<b>VAPEUR D'EAU CONDENSEE / CONDENSED STEAM :</b> kg/h					
<b>MASSE VOLUMIQUE / DENSITY :</b> kg/m <sup>3</sup>		<b>L : 438.7</b>		<b>L : 638.7</b>	
<b>VISCOSITE / VISCOSITY :</b> cP		<b>L : 007</b>		<b>L : 0.24</b>	
<b>MASSE MOLAIRE VAPEUR / MOL. WT VAP.</b> g/mol					
<b>MASSE MOL. INCONDENSABLES / MOL. WT NON CONDENSABLE :</b> g/mol					
<b>CAPACITE THERM. MASS / SPEC. HEAT :</b> kJ/kg.K		<b>L : 2408</b>		<b>L : 2.351</b>	
<b>CONDUCTIVITE THERMIQUE / THERMAL CONDUCTIVITY :</b> W/m.K		<b>L : 0038</b>		<b>L : 0.107</b>	
<b>CHALEUR LATENTE / LATENT HEAT :</b> kJ/kg					
<b>TEMPERATURES :</b> °C		<b>187.8</b>		<b>40.0</b>	
<b>PRESSION ABS. A L'ENTREE / ABS. INLET PRESSURE :</b> bar a		<b>19.3</b>			
<b>VITESSE / VELOCITY :</b> m/s		<b>(*)</b>		<b>(*)</b>	
<b>PERTE DE CHARGE / PRESSURE DROP :</b> bar		<b>ALLOUEE / ALLOWED : 0.50 (6)</b>		<b>CALCULEE / CALCULATED : 0.25 (6)</b>	
<b>FACTEUR D'ENCRASSEMENT / FOULING FACTOR :</b> m <sup>2</sup> /W		<b>0.0002 (C)</b>			
<b>CARACTERISTIQUES DE L'AIR / AIR CHARACTERISTICS (3)(9)</b>					
<b>DEBIT TOTAL / TOTAL FLOW RATE :</b> kg/h		<b>138 036</b>		<b>DEBIT VENTILATEUR / FLOW RATE FAN :</b> Actual m <sup>3</sup> /s	
<b>TEMP. D'ENTREE (INLET TEMP) (dry bulb) :</b> °C		<b>25.0</b>		<b>3.70</b>	
<b>TEMP. DE SORTIE / OUTLET TEMP :</b> °C		<b>56.4</b>		<b>ALTITUDE ABOVE SEA LEVEL :</b> m	
<b>PRESSION STATIQUE / STATIC PRESSURE :</b> Pa		<b>185</b>		<b>TEMP. MINI / MINI TEMP :</b> °C	
				<b>-5.0</b>	

# Annexe E : DATA SHEET des pompes de l'isopentane

		<b>EXTRACTION DES GPL HASSI MESSAOUD ET SEPARATION D'HUILE LDHP ZCINA - ALGERIE POMPE / PUMP</b>				Date : 09/04/2010
		<b>FEUILLE DE DONNEE PROCEDE / PROCESS DATASHEET</b>				Rev. : 1
		Ref. F10163	SSA	PCS	DTS	329001-M
		Job code	Origin	Unit code	Discipline	Type of doc. : Other
UNIT SECTION ( NUMBER / NAME )		32				
REPERE / TAG NUMBER		G11/G12/G13-PA-32-04 A/B (7)				
SERVICE		Pompes d'extraction d'isopentane / Isopentane booster pump				
PID REFERENCE		F10163-SSA-PCS-PID-321401/2/3-M				
NOMBRE REQUIS / REQUIRED NUMBER		TOTAL 6	NORMAL 3	SECOURS / SPARE 3	MAGASIN / WAREHOUSE	
FONCTIONNEMENT / OPERATION		CONTINU / CONTINUOUS X	INTERMITTENT		PARALLELE / PARALLEL	
TYPE		CENTRIFUGE / CENTRIFUGAL		VERTICALE / VERTICAL		
FLUID PROPERTIES	CORROSIVE / EROSIIVE COMPONENTS		*			
	CHLORIDE CONCENTRATION	mg/l	H <sub>2</sub> S CONCENTRATION		mg/l	
	TOXIQUE / TOXIC		*			
	INFLAMMABLE / FLAMMABLE		OUI / YES			
SOLIDES / SOLIDS		TYPE	SIZE (mm)	QUANTITY (kg/m <sup>3</sup> )		
		*		*		
OPERATING CASE		ETE / SUMMER DESIGN 2010	HIVER / WINTER 2010	ETE / SUMMER DESIGN 2010 MINI FLOW		
		isopentane		isopentane		
FLUIDE / FLUID DATA	FLUIDE / FLUID		isopentane			
	TEMP. / PUMPING TEMP. T <sub>p</sub>	°C	184.2	180.8	80	
	MASSE VOLUMIQUE / DENSITY	at T <sub>p</sub> / kg/m <sup>3</sup>	439.8	439.0	594.7	
		at T=15 °C / kg/m <sup>3</sup>	640.1	636.7	640.1	
	VISCOSITE / DYN. VISCOSITY	at T <sub>p</sub> / cP	0.07	0.07	0.17	
		at T=15 °C / cP	0.28	0.25	0.26	
PRESSE DE VAPEUR / VAPOR PRESSURE		at T <sub>p</sub> / bara	19.25	19.25	2.11	
CONDITIONS OPERATOIRES / PUMP OPERATING DATA	DEBIT / FLOWRATE @ T <sub>p</sub>		NORMAL / m <sup>3</sup> /h	39	17	13.7
		DESIGN (RATED) / m <sup>3</sup> /h	42.9	*	*	
		MIN / m <sup>3</sup> /h	11.7	*	*	
	PRESSION D'ASPIRATION / SUCTION PRESSURE (1)		bar(g)	19.01	19.04	19.32
	REPOULEMENT / DISCHARGE PRESSURE (2)		bar(g)	34.56	37.1	43.90
	PRESSION DIFFERENTIELLE / DIFFERENTIAL PRESSURE (3)		bar	15.55	18.06	24.58
	HAUTEUR POMPE / DIFFERENTIAL HEAD (4)		m	380	419	421
	NPSH DISP. / NPSH (A)		m	>10 (B)	>10 (B)	>10 (B)

## **Résumé**

Dans ce travail, je présente une étude d'optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne débutaniseur au sein de l'unité de traitement des gaz associés GPLZcina–Hassi Messaoud, dont l'objectif est d'améliorer la production en condensat. Le condensat produit dans cette unité possède une TVR de 0,4 bar, le rendant ainsi beaucoup plus sable que la spécification exigée pour le transport et le stockage à une TVR de 0,68 bar. La production en condensat est réduite, conséquence de cette sur-stabilisation. L'objectif de cette présente étude est d'améliorer la production en condensat au sein de cette unité et cela en ramenant sa TVR à 0,68 bar

La réalisation de cette optimisation à été menée à l'aide du logiciel de simulation hysys en utilisant le model thermodynamique Peng Robinson qui est un model adéquat pour l'étude du comportement des gaz.

Après avoir paramétré le débutaniseur la température optimale obtenue est de 172°C avec un débit de soutirage de l'isopentane de 80 tonne/jour. Cela à permet de récupérer une production supplémentaire en condensat de 344 tonnes/jour et de 16 tonnes/jour du GPL tout en respectant les spécifications commerciales de ces deux derniers, à savoir la TVR du condensat inférieur à 10 psi et la teneur du GPL en C<sub>5+</sub> qui est inférieur à 0,4% molaire.

**Mots clés** : gaz naturel, unité Zcina, débutaniseur, simulation, hysys, TVR

## **Abstract**

In this work, I present a study to optimize the operating parameters of the debutanizer column within the associated gas treatment unit GPLZcina – Hassi Messaoud, the objective of which is to improve condensate production. The condensate produced in this unit has a TVR of 0.4 bar, making it much sandier than the specification required for transport and storage at a TVR of 0.68 bar. Condensate production is reduced as a consequence of this over-stabilization. The objective of this present study is to improve the condensate production within this unit by reducing its TVR to 0.68 bar

hysys simulation software using the Peng Robinson thermodynamic model which is a suitable model for studying the behavior of gases.

After setting up the debutanizer column, the optimum temperature obtained is 172 ° C with an isopentane withdrawal rate of 80 tonnes / day. This made it possible to recover an additional condensate production of 344 tonnes / day and 16 tonnes / day of LPG while respecting the commercial specifications of the latter two, namely the TVR of the condensate below 10 psi and the content of the GPL in C<sub>5+</sub> which is less than 0.4 mol%.

**Keywords**: natural gas, Zcina unit, debutanizer, simulation, hysys, TVR