

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
la Recherche Scientifique

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et techniques

Spécialité : Hydrocarbures et chimie

Option : Raffinage

Thème

Etude de l'effet de l'Augmentation de la
charge GPL 20% sur l'unité de production
du butane T02 A RHOUE NOUSS

Réalisé par:

✎ Gori Khaled
✎ Dou Abd Essalem
✎ Soualah Bedadi Mouhammed Elhadi

Proposé et dirigé par:

✎ Mr. Lati Moukhtar

PROMOTION 2012

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce travail à :

Mon très cher père.

Ma très chère mère.

Mes chères grand-père et grands-mères.

Mes très chers frères et sœurs.

Mes chères oncles.

Toute ma famille, mes tantes, mes cousins et mes cousines.

A tous mes camarades des groupes raffinage.

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir
ce travail.

< Abd Essalem >

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à

*A ma chère mère et mon chère père Pour tous les
Sacrifices qu'ils ont endurées qui m'ont guidé et
éclairé par leur présence*

Je leur souhaite une longue vie.

A mes chère frères et sœurs

Je leur souhaite la réussite.

A tous mes camarades des groupes raffinage.

A tous les enseignants et toutes les enseignantes

Institut de Sciences Et de Technologie.

A tout le personnel de L'université d'El-Oued.

< Khaled >

Dédicace

Ce modeste travail est dédié à:

Mes parents qui ont été les bougies allumant mon chemin vers la réussite; pour leur bonté, leur générosité et encouragement.

Mes frères : KHALIL, IBRAHIM, SAMI.

Mes sœurs : SAMIRA et ISLAM.

Mes beau-frères : NADJIB et YUCEF.

Mes Amis : KHALED, ABD ESSELAM, NASSEREDDINE.

Tous mes oncles et tantes.

Tout le groupe raffinage, je vous exprime ma vive reconnaissance et je vous assure mon indéfectible amitié.

< Mouhammed Elhadi >

Remerciements

Nous rendons nos profondes gratitude à dieu qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude à nos parents pour leurs encouragements, leurs soutiens et pour les sacrifices qu'ils ont enduré .

Nous Remercions nos encadreurs pour les efforts qu'ils ont déployés ,pour nous aider conseiller, encourager et corriger.

Nous Remercions aussi tout le corps enseignant et administratif qui ont contribué à notre formation universitaire.

Sommaire

Liste des symboles.....	I
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	IV

Introduction	01
---------------------------	-----------

Chapitre I. Généralités **03**

I.1. Le gaz naturel.....	03
I.1.1. Caractéristiques du gaz naturel.....	03
I.1.2. Composition chimique d'un gaz naturel.....	03
I.1.3. Les types de gaz naturel.....	04
I.2. Le GPL.....	05
I.2.1. Qu'est-ce que le GPL ?.....	05
I.2.2. Les sources des GPL.....	05
I.2.3. Les caractéristiques générales des GPL.....	06
I.2.4. Les caractéristiques du propane commercial.....	07
I.2.5. Avantages et inconvénients techniques de GPL.....	07
I.2.6. Prévisions sur le développement de l'industrie de GPL.....	08
I.3. Domaines d'utilisation du GPL.....	08
I.3.1. Le GPL/ carburant.....	08
I.3.2. Utilisation du GPL dans la pétrochimie.....	09
I.3.3. Autres utilisations du propane et du butane.....	10
I.4. Le GPL en Algérie.....	12
I.4.1. La demande nationale de GPL.....	12
I.4.2. La production nationale du GPL.....	12
I.4.3. La consommation nationale du GPL.....	13

Chapitre II. Partie Théorique Sur la Rectification **14**

II.1.Introduction.....	14
II.2.Théorie de la rectification.....	14
II.2.1. Définition.....	14
II.2.2. Principe de fonctionnement d'une colonne de rectification.....	15
II.2.3. Description d'une colonne de rectification.....	16
II.2.4. Types des colonnes de rectification.....	17
II.3. Colonne de fractionnement.....	18
II.3.1. Régime de température dans la colonne.....	19
II.3.2. Choix de la pression dans la colonne.....	20
II.3.3. Taux de vaporisation et composition des phases liquide et vapeur de la charge.....	21
II.3.4. Fonctionnement à reflux total.....	23
II.3.5. Fonctionnement à reflux minimal.....	23
II.3.6. Taux de reflux opératoire (optimal).....	24
II.3.7. Nombre de plateaux théoriques à reflux optimal.....	25

II.3.8. Bilan matière.....	25
II.3.9. Bilan thermique de la colonne	25
II.4. Transfert de matière et transfert de chaleur.....	26
II.4.1. Lois fondamentales de transfert de matière.....	27
II.4.2. Lois fondamentales de transfert de chaleur.....	27
 <u>Chapitre III. Partie technologique</u>	 30
III.1. Situation géographique.....	30
III.2. Description du champs de RHOURE-NOUSS.....	30
III.3. Description du projet.....	31
III.4. Présentation de l'usine GPL.....	31
III.5. Train de fractionnement du GPL.....	33
III.6. Stockage de produit GPL	37
 <u>Chapitre IV. Partie calcul par Hysys</u>	 38
Objectifs de l'étude.....	38
IV.1. Simulation de la Colonne T-02 par Hysys.....	39
IV.1.1. Données de départ.....	39
IV.1.2. Résultat de Calcul.....	41
IV.1.2.1. Condition et propriétés de la charge d'alimentation+20%	42
IV.1.2.2. Composition débit molaire de distillat et de résidu.....	43
IV.1.2.3. Les différents paramètres et propriétés de distillat et de résidu.....	44
IV.1.2.4. Profile de pression et de température dans la Colonne.....	47
IV.1.2.5. Les différents paramètres de la Colonne T-02.....	48
IV.1.2.6. Les différents paramètres et propriétés du ballon de reflux (condenser).....	49
IV.1.2.7. Les différents paramètres et propriétés de Rebouilleur.....	50
Interprétation des résultats.....	51
 Conclusion.....	 53
Annexe. A . Sécurité industrielle.....	54
Annexe. B. Généralités sur la simulation.....	56
Références bibliographiques.....	59

Liste des symboles

<i>Symbole</i>	<i>Signification</i>	<i>Unité</i>
L	Débit molaire de la charge.	kmol /h
D	Débit molaire du distillat.	kmol /h
R	Débit molaire du résidu.	kmol /h
Q_R	Charge thermique de rebouilleur.	kcal/h
Q_C	Charge thermique de condenseur.	kcal/h
h_L	Enthalpie de la charge biphasique.	kcal/kmole
H_0	Enthalpie de la phase vapeur de la charge.	kcal/kmole
h_0	Enthalpie de la phase liquide de la charge.	kcal/kmole
h_D	Enthalpie du distillat en état liquide.	kcal/kmole
H_D	Enthalpie de distillat en état vapeur (vapeur de tête de colonne).	kcal/kmole
H_R	Enthalpie de la phase vapeur provenant du rebouilleur.	kcal/kmole
hr	Enthalpie de résidu en état liquide.	kcal/kmole
g_x	Débit de reflux froid.	kmole/h
G_R	Débit de la vapeur (reflux chaud) provenant du rebouilleur.	kmole/h
g_o	Débit de la phase liquide dans l'alimentation.	kmole/h
G_o	Débit de la phase vapeur dans l'alimentation.	kmole/h
h'_L	Enthalpie du liquide alimentant le rebouilleur.	kcal/Kmole
m	Débit massique de la charge.	kg/h
m_i	Quantité massique de l'élément i dans la charge.	kg/h
M_L	Masse moléculaire de la charge.	kg/kmole
M_i	Masse moléculaire de l'élément « i ».	g/mol
T	Température.	°C
P	Pression.	bar
λ	Conductibilité thermique.	W/ m ² °c
q	Quantité de chaleur.	W/ m ²
W	Vitesse admissible des vapeurs.	m/s
ρ^V	Masse volumique des vapeurs.	kg/m ³
ρ^L	Masse volumique de liquide.	kg/m ³
X_{Li}	Fraction massique de l'élément « i » dans la charge.	-
X'_{Li}	Fraction molaire de l'élément « i » dans la charge.	-
Y'_{Di}	Fraction molaire de l'élément « i » dans le distillat.	-
X'_{Ri}	Fraction molaire de l'élément « i » dans le résidu.	-
K_i	Constante d'équilibre de l'élément « i » à la température et à la pression fixée	-
X'_{oi}	Fraction du constituant «i» dans la phase liquide.	-
Y'_{oi}	Fraction du constituant «i» dans la phase vapeur.	-
e'_o	Taux de vaporisation de la charge.	-
α_i	Volatilité relative du constituant «i».	-
K_r	Constante d'équilibre de l'élément de référence.	-
α_{Li}	Volatilité relative de l'élément «i» dans la zone d'alimentation.	-
α_{Di}	Volatilité relative de l'élément «i» dans la zone de rectification.	-
α_{Ri}	Volatilité relative de l'élément «i» dans la zone d'épuisement.	-
$r_{f \min}$	Taux de reflux minimal.	-
$r_{b \min}$	Taux de rebouillage minimal.	-
N_R	Nombre de plateaux théoriques dans la zone de rectification à reflux optimal.	-

N _E	Nombre de plateaux théoriques dans la zone d'épuisement à reflux optimal.	-
E _i	Constante d'Henry.	-

Liste des figures

Figure I.1	Principales transformations du propane.....	9
Figure I.2	Principales transformations du butane.....	10
Figure I.3	Demande nationale en GPL.....	12
Figure I.4	Offre prévisionnelle nationale de GPL (en Mt).....	13
Figure II.1	Schéma simplifié Rectification.....	15
Figure II.2	Schéma de la colonne de rectification.....	17
Figure III.1	Schéma Simplifié du Procède Phase “A” “ B”.....	32
Figure III.2	Schéma de Procède de L'usine de GPL de RHOURE – NOUSS.....	36
Figure IV.1	Schéma représente de production du GPL avec une augmentation de la capacité de 20%.....	40
Figure IV.2	Schéma Représente le Paramètres de la Colonne T-02.....	48

Liste des tableaux

Tableau I.1	La composition molaire du GPL.....	5
Tableau IV.1	Fraction Molaire du Composition.....	39
Tableau IV.2	Les Caractéristiques et la Composition du Gaz Alimentation+20%.....	39
Tableau IV.3	Composition débit massique et molaire de la charge.....	41
Tableau IV.4	Condition et Propriétés de composition d'alimentation+20%.....	42
Tableau IV.5	Les Fractions et Les Débits de Résidu et Distillat.....	43
Tableau IV.6	Conditions de production du GPL.....	44
Tableau IV.7	propriétés de production du GPL.....	45
Tableau IV.8	Conditions du Condensat.....	46
Tableau IV.9	Propriétés du Condensat.....	46
Tableau IV.10	Pression et de Température dans la Colonne.....	47
Tableau IV.11	Condition et Propriétés du Ballon de Reflux.....	49
Tableau IV.12	Condition et Propriétés de Rebouilleur.....	50
Tableau IV.13	Comparés Les Principaux Résultats de Calcul.....	51

Introduction générale ^[1]

Depuis la révolution industrielle du 18^{ème} siècle, l'augmentation continue de production de l'énergie était le but fixé par les industriels.

Sans se soucier des avantages qu'elle pourra provoquer plus tard, l'évolution s'est faite au détriment de la vie, menaçant ainsi l'existence des êtres vivants et même de la planète.

Sur ce, plusieurs études ont été faites afin de limiter l'effet négatif des énergies polluantes comme le charbon ou même le pétrole, lesquelles par leur combustion ou utilisation industrielle dégagent des gaz très toxiques : NO_x , SO_x ou bien par leur non biodégradabilité, affectent et polluent tout l'environnement.

D'autres énergies influent indirectement, mais d'une façon aussi négative que les précédentes, on peut citer par exemple le bois dont l'exploitation aveugle et non contrôlée a causé la déforestation massive d'un nombre très important de forêts, menaçant ainsi l'équilibre écosystème.

Récemment, vers la fin des années cinquante, on a assisté à l'émergence de nouvelles sources comme l'énergie nucléaire, l'énergie solaire, l'hydraulique, mais ces énergies restent limitées et leur utilisation est spécifique aux pays riches et qui possèdent une technologie très avancée.

Parallèlement au pétrole, l'énergie gazière n'a cessé d'évoluer occupant ainsi une place très importante dans le marché mondial grâce à ces propriétés énergétiques et écologiques.

Cette nouvelle énergie commence peu à peu à se substituer progressivement aux autres énergies ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans le futur.

Hormis le gaz naturel qui est de loin la première source gazière mondiale, un nouveau produit est apparu vers les années 70 et présente des avantages aussi considérables que le gaz naturel : C'est le GPL (gaz de pétrole liquéfié). La récupération des GPL à grande échelle en raffinerie, ne date que des années 70. Il aura fallu attendre les années 80 pour assister à un véritable essor de la récupération des produits sur champs. Cette dernière, s'est renforcée considérablement après la crise du pétrole de 1973.

Le GPL est donc passé d'une situation qui était celle de destruction du produit à celle de la récupération puis valorisation.

L'objectif de cette étude est la vérification par calcul (Le calcul a été réalisé le logiciel simulateur HYSYS) de l'état de l'unité (en particulier du débutaniseur) quand elle fonctionne avec une augmentation de 20% de la capacité. Cette dernière correspond à une valeur maximale qu'on ne peut pas dépasser, en partant des résultats d'un test de performance, puis faire une comparaison avec le calcul pour un fonctionnement normal en se basant sur le Design comme référence technique.

Notre travail est présenté comme suit :

- ✎ Généralités sur le gaz naturel et le GPL.
- ✎ Théorie de distillation et transfert de chaleur.
- ✎ Description de process.
- ✎ Partie calcul.(simulation)

Chapitre I. Généralités

I.1)- Le gaz naturel:^[2]

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

Le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le charbon ou le lignite. C'est un mélange dont le constituant principal, de **75 % à 95 %**, est le méthane (CH_4). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure.

I.1.1)- Caractéristiques du gaz naturel :

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

a)-Densité :

Pour un gaz la densité est définie par rapport à l'air dans les conditions déterminées de température et de pression.

b)-Pouvoir calorifique :

C'est la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une unité de volume du gaz, mesurée dans les conditions de référence. Le pouvoir calorifique pour le gaz naturel s'exprime en (J/m^3)

Il existe deux valeurs de pouvoir calorifique :

➤ Pouvoir calorifique supérieur : (PCS)

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

➤ Pouvoir calorifique inférieur : (PCI)

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

I.1.2)- Composition chimique d'un gaz naturel : ^[3]

La composition chimique d'un gaz est la nature des hydrocarbures et les autres constituants qu'il renferme, leur importance relative dans le mélange et leur fraction volumique ou moléculaire.

La composition chimique d'un gaz est utilisée pour étudier la vaporisation et calculer certaines de ces propriétés en fonction de la pression et la température. On peut classer les gaz naturel selon leur origine en :

➤ **Le gaz naturel bactérien : (biochimique)**

C'est un gaz formé par l'action des bactéries sur les débris organiques qui s'accumulent dans les sédiments.

➤ **Le gaz naturel thermique :**

C'est un gaz formé par la dégradation thermique des sédiments qui portés à des températures et pressions croissantes au cours de l'évolution des bassins sédimentaires, et donne à côté des hydrocarbures une large gamme de composés non hydrocarbures.

➤ **Le gaz naturel inorganique :**

C'est un gaz inorganique qui se forme au cours de la formation des gaz hydrocarbures à faible proportion, les gaz volcaniques et les sources hydrothermales contiennent parfois du méthane et des inclusions fluides des minéraux des roches métamorphiques ou magmatiques.

I.1.3)-Les types de gaz naturel :

La présence et l'apparition d'une phase liquide avec le gaz selon les conditions de pression et la température dans le réservoir de gisement et en surface conduit à distinguer :

✓ **Le gaz sec :**

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

✓ **Le gaz humide :**

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

✓ **Le gaz à condensât :**

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

✓ **Le gaz associé :**

C'est un gaz de couverture qui coexiste avec la phase d'huile dans le réservoir d'huile (Gisement de pétrole).

I.2)-Le GPL:

I.2.1)-Qu'est-ce que le GPL?

Ce sont le butane (C_4H_{10}), et le propane (C_3H_8) et un peu de traces de méthane (CH_4), de l'éthane (C_2H_6) et le pentane (C_5H_{12}) que l'on appelle généralement GPL, gaz de pétrole liquéfié. Ces gaz ont la particularité de se trouver à l'état gazeux à température ambiante et de passer à l'état liquide sous une pression de quelques (**4 à 5 bars**), Cette propriété permet de stocker, de transporter et de commercialiser aisément les GPL dans des simples bouteilles en acier.

Les GPL sont transportés à l'état liquide et utilisés à l'état gazeux. Ils sont extraits du pétrole brut au cours des opérations de raffinage, et du gaz naturel par un traitement qui a pour but d'isoler les produits condensables, au cours des opérations de liquéfaction du gaz naturel.

La composition molaire du GPL est variable selon leur source.

Tableau I.1. La composition molaire du GPL

Composants du GPL	% molaire
Méthane	0,32
Ethane	1,12
Propane	60,95
Iso butane	15,46
Normal butane	22,14
Iso pentane	0,01

Le GPL est l'un des meilleurs combustibles avec le gaz naturel en ce qui concerne le contrôle de l'environnement. ^[4]

I.2.2)-Les sources des GPL :

Le GPL est obtenu principalement :

- Dans les raffineries, soit au cours de la distillation du pétrole brut ou lors du Cracking ou du Reforming des produits en vue de la production des essences.
- Au cours des séparations du gaz naturel (GN) qui a pour but de séparer et de récupérer le condensât et GPL (**propane, butane, C_5^+**) dans les champs.

➤ Par liquéfaction du gaz naturel.

1.2.3)-Les caractéristiques générales des GPL :

✎ **Odeur** : Le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant. Ce sont des composés sulfurés tels que le diéthylmercaptane ou le diméthylsulfide pour des raisons de sécurité, dans des limites à des fins des commercialisations.

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

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

✎ **Densité** : Aux conditions normales de température et pression, le GPL est plus lourd que l'air. Cette densité diminue avec l'augmentation de la température. A titre exemple :

A 38°C, la densité est égale 0,534. La densité est très importante dans le GPL commercial.

De petites quantités de GPL dans l'eau peuvent former un mélange, c'est pour cela qu'il n'est pas toléré de négliger la moindre consigne de sécurité dans l'industrie du gaz.

✎ **Température d'ébullition** : A la pression atmosphérique la température d'ébullition. Du propane est de -42°C, celle de butane est de -6°C.

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

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

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

Propane : PC = 22506 (kcal/ kg).

✎ **Impuretés** : Le plus important est le soufre. La teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,005% en masse. L'eau est aussi, L'une des impuretés importantes.

-Le GPL est non corrosif à l'acier.

-Le GPL n'a aucune propriété de lubrification et cet effet doit être pris en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et compresseurs). Le GPL est incolore, que ce soit en phase liquide ou gazeuse.

Les GPL raffinés sont en général extrêmement inflammable, étant donné leur grande volatilité, Ils peuvent donner, au contact de l'air, des mélanges explosifs.

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

-Les GPL lorsqu'il se repend sous sa forme, hors d'un container sous pression produit du froid : Au contact de la peau, il provoque des brûlures caractéristiques appelées « **brûlures froides** ».

- Le poids spécifique du GPL est environ la moitié de celui de l'eau.
- Le GPL n'est ni toxique, ni corrosif vis à vis des aciers.

Les produits du commerce sont très différents les uns des autres, en outre, leur tension de vapeur, leur poids spécifique et leurs propriétés antidétonantes sont très sensibles aux variations de la température ambiante.

Le GPL est caractérisé par un indice d'Octane Recherché (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. ^[4]

1.2.4)-Les caractéristiques du propane commercial :

C'est un mélange d'hydrocarbures composé de 90%, moins de propane. Et de propylène. Il contient également des butane, éthane et éventuellement leurs dérivées insaturées. Les spécifications sont:

- **Masse moléculaire :** Supérieure ou égale 0.502 Kg/L à 15°C, ce qui correspond à 0.443 Kg/l à 50°C.
- **Pression de vapeur relative:** T.V.R. inférieure ou égale à 14.4 bars à 37.8°C garantissant un maximum de 19.3 bars à 50°C.
- **Teneur en soufre :** Inférieure ou égale à 0.0009% en masse.
- **Eau :** Non décelable à l'essai au bromure de Cobalt.
- **Évaporation :** Point final d'ébullition inférieur ou égal à -15°C.

1.2.5)-Avantages et inconvénients techniques de GPL :

- L'homogénéité du mélange air- GPL donne une meilleure régularité du couple moteur aux bas régimes mais perd environ de 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 dépôts (calamine) et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue. Les révisions peuvent être espacées tous les 30000 Km.
- La surconsommation du GPL est de l'ordre de 15 à 20% par rapport aux carburants traditionnels.
- 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.
- Pollution évitée.

- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation urbaine.

Le GPL carburant répond bien aux problèmes de pollution des villes.

I.2.6)-Prévisions sur le développement de l'industrie de GPL:

L'extension de la capacité de séparation a permis de doubler l'offre de GPL séparé qui est passée de 4,2 à 8,4 millions de tonnes à partir de 1999. Le niveau de l'offre de GPL issu des complexes GNL sera maintenu à 730000 t/an. Quant aux GPL issu des raffineries, Le niveau annuel prévu est de l'ordre de 500000 t/an .

- Ainsi, l'offre national de GPL connaît une évolution certaine avec le doublement de l'offre de butane et propane, passant de 5,5 à 9,8 Mt/an en l'an 2001.
- Un niveau de l'ordre de 10Mt maintenu jusqu'à 2010 pour atteindre 7 Millions tonnes en 2015.
- Une offre additionnelle de GPL non séparé de 1,5 Mt.
- Le niveau de GPL séparé sera de l'ordre de 9MT jusqu'à 2010 pour atteindre 7 Millions tonnes en 2015.
- Possibilités d'offre supplémentaire issue du développement du bassin de Ghadamès.

I.3)- Domaines D'utilisation du GPL : ^[5]

I.3.1)-Le GPL/ carburant :

Si les projecteurs de l'actualité se braquent aujourd'hui sur le GPL/C, il n'en a pas déjà une longue histoire.

Dés 1912, aux USA, le GPL/C alimentait les voitures, mais cette innovation est restée sans lendemain, car il n'était utilisé que comme carburant de substitution en cas de crises. Il fallut attendre les années 80 pour que la fiscalité devienne favorable dans certains pays et permette le développement des voitures équipées de la bi-carburant.

Le GPL/C a largement prouvé ses qualités à être un carburant alternatif avantageux tant au plan économique qu'au plan écologique. Actuellement, de nombreux pays possèdent une flotte de véhicules roulant au GPL/C. Ce sont principalement : Les Pays-Bas, le Japon, l'Italie, l'Allemagne, la Grande-Bretagne, la France, les USA, l'Espagne, le Canada....etc, Le GPL/C est adopté en Algérie sous le nom commercial « SIRGHAZ ».

L'indice d'octane élevé du GPL/C permet leur substitution à l'essence sans modification du moteur. Le niveau alarmant de pollution devrait au contraire favoriser l'utilisation des véhicules GPL/C, car il produit moins de CO₂ et de CO. Il ne contient pas de Pb. L'introduction massive du GPL/C en Algérie est aujourd'hui une option stratégique, d'une part en raison de l'accroissement

de la demande nationale en carburant et d'autre part pour des raisons environnementales cruciales. Il a été introduit en Algérie en 1980. La demande mondiale en GPL/C atteint 9,6 Mt en 1994, 12,3 Mt en 2000, le scénario forte table sur 20 Mt en 2010. La consommation sur le continent africain est très faible et environ de 1%.

I.3.2)-Utilisation du GPL dans la pétrochimie :

a)-Propane :

Le propane est oxydé en acétaldéhyde, formaldéhyde, acide acétique et acétone. Lors de la pyrolyse du propane, il se forme l'éthylène et le propylène, tandis que le nitro-méthane, le nitro-éthane et le nitro-propane sont issus de la réaction de nitration, les produits de chloration n'ont pas trouvés jusqu'à présent d'application industrielle, pourtant il est bien connu que le propane, à côté du méthane et d'éthane sont utilisés dans la fabrication de l'acétylène.

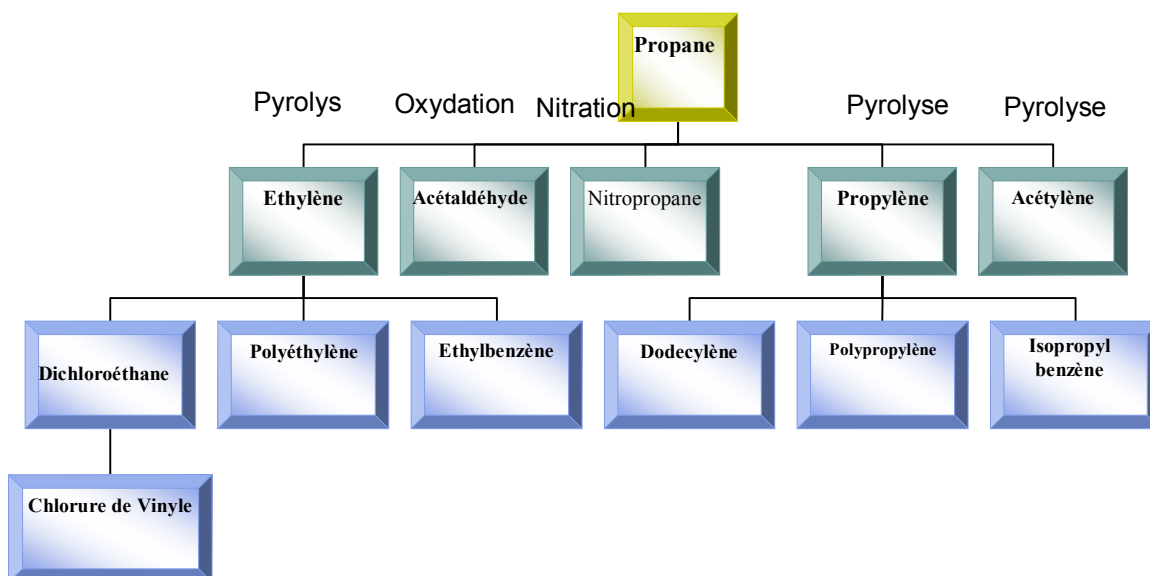


Figure I.1. Principales transformations du propane

b)-Butane :

On l'utilise pour produire de nombreuses oléfines comme. l'éthylène, le propylène et divers butylènes ou bien l'acétylène et le butadiène. Les butanes s'oxydent en donnant l'acétaldéhyde, l'acide acétique et formaldéhyde, l'acétoneetc.

Lors de la nitration du butane, on obtient les nitro-butanes -1 et nitro-butanes-2. L'isomérisation du butane le transforme en iso-butane.

c)-iso-butane :

L'iso-butane intervient dans les nombreuses alcoylations qui se produisent lors de la préparation des supercarburants à indice d'octane élevé. Il est considéré comme agent d'alcoylation très efficace. L'iso-butylène formé lors de la déshydrogénation de l'isobutane, sert de matière première dans la préparation du caoutchouc butyle du polyisobutylène et de l'essence de polymérisation.

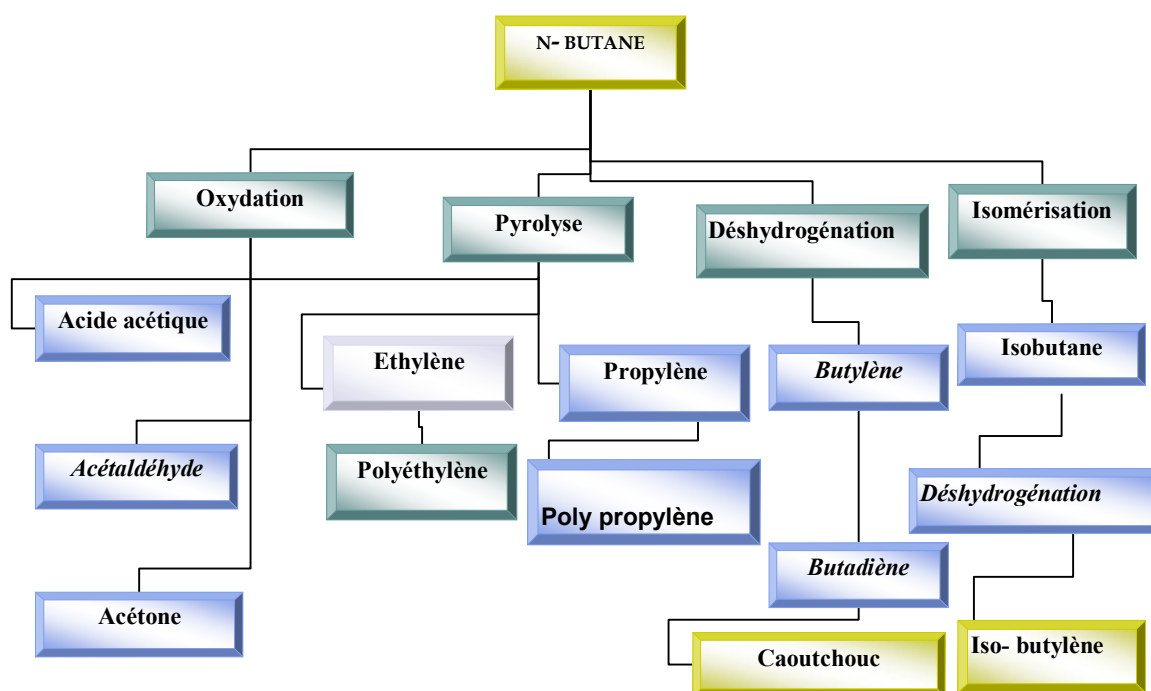


Figure I.2. Principales transformations du butane

I.3.3)-Autres utilisations du propane et du butane :**a)-Le GPL dans la production d'électricité :**

La production d'électricité en Algérie s'effectue uniquement par le gaz naturel, le GPL n'est pas introduit jusqu'à ici dans la génération d'électricité ou dans la combustion.

b)-Le GPL dans les ménages :

Le butane et le propane qui sont obtenu 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 13kg en 1996. Le propane représente 4,8% de la consommation nationale du GPL. Il est utilisé

comme combustible dans les unités industrielles et artisanales en substitution domestique dans les régions non reliées au gaz naturel.

c)-Le GPL dans la climatisation :

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

d)-Le GPL dans L'agriculture ;

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

e)-Utilisations collectives

Ses utilisations rapprochent par leur nature des utilisations domestiques mais elles répondent à des besoins beaucoup plus importants. En outre, leurs secteurs sont très variés ; ils comprennent aussi bien les services publics ou privés ayant à résoudre les professionnelles, artisanales, agricoles ou industrielles, pour lesquelles l'amélioration du confort est un facteur de productivité.

f)-Utilisations industrielles et artisanales :

Le propane intervient dans de nombreux travaux de fabrication, manuels ou mécaniques. Il convient aussi bien aux grands ensembles de production d'un automatisme poussé qu'aux installations les plus modestes.

Exemples :

1)-Industrie chimique:

- Chauffage de bacs d'acide.
- Fabrication de produits insecticides.
- fabrication de caoutchouc synthétique.
- Aérosols.
- Production de gaz inerte.

2)-Matières plastiques :

- Ramollissement avant formage.
- Travail au chalumeau.

I.4)-Le GPL en Algérie :^[6]

I.4.1)-La demande nationale de GPL :

Le niveau de la demande nationale de GPL est de L'ordre 1,4 millions de tonnes (sources NAFTAL) dont 90% de butane, 5% de propane et 5% de GPL carburant (GPL/C).

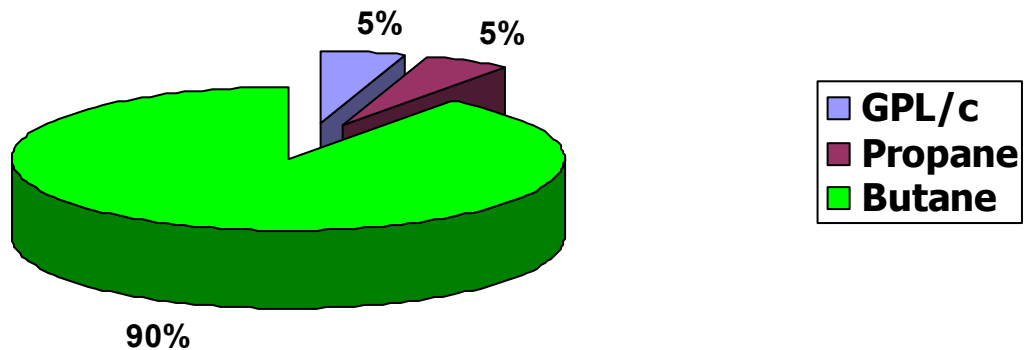


Figure I.3.Demande nationale en GPL^[5]

- 336.000 tonnes dans la région Ouest (24%).
- 516.000 tonnes dans la région Est (37%).
- et en fin 401.000 tonnes dans la région centre (29%).

I.4.2)-La production nationale du GPL :

La production algérienne de gaz naturel liquéfié (GNL) a augmenté de 3% en 2005, atteignant 42 millions de m³. Concernant le GPL (gaz de pétrole liquéfié, butane et propane), la production est passée à 8,8 millions de tonnes, en 2005, soit +4%. Cette progression reste toutefois inférieure aux prévisions qui tablaient sur 9,2 millions de tonnes. Sonatrach justifie la production limitée en Algérie durant 2004 par l'accident dans le complexe GNL de Skikda, lequel avait fait 26 morts et détruit complètement 3 unités de la raffinerie. Pour 2006, Sonatrach prévoit d'atteindre un volume de 43,9 millions de m³, notamment avec l'entrée en service d'une autre unité du complexe de Skikda elle aussi endommagée par l'accident.

L'offre du GPL est localisée essentiellement dans la région Ouest à Arzew avec 87%, 9% dans la région Est (Skikda), 2% au Centre et 2% dans le Sud au niveau des champs de Hassi R'mel, Haoudh - Berkaoui et Rhourde Nouss.

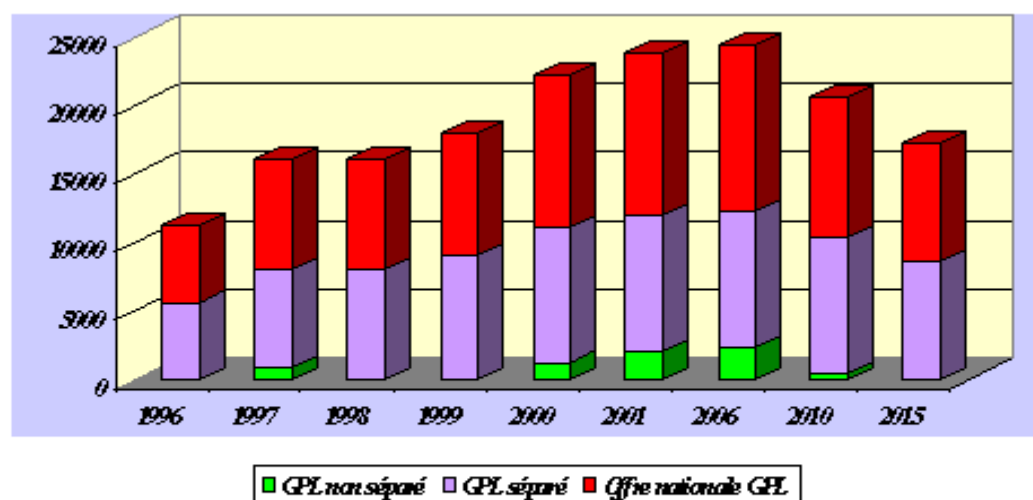


Figure I.4. Offre prévisionnelle nationale de GPL (en Mt)

I.4.3)-La consommation nationale du GPL :

Selon Sonatrach, cette évolution de la consommation, sans la mise en place de nouvelles capacités de raffinage, conduira, à terme, vers le recours conséquent aux importations des carburants (essence et gasoil). La consommation des GPL, principalement dans le secteur domestique, a enregistré une croissance de l'ordre de 2%. L'utilisation du GPL comme carburant (GPL/C), suscite un intérêt croissant. L'année 2009 a enregistré un taux de croissance de l'ordre de 7%.

Chapitre II. Partie théorique sur la Rectification

II.1)-Introduction:

Exploitant les différences de volatilités des constituants d'un mélange, la distillation permet la séparation; ou comme on dit généralement le fractionnement des constituants en fonction de leurs températures d'ébullition.

Travaillant comme une machine thermique entre une source chaude (four), et une source froide (condenseur de tête), la distillation met en œuvre un contre-courant de liquide et vapeur, discontinu dans le cas des colonnes à plateaux ou continu pour les colonnes à garnissage. Comme la thermodynamique l'a montré, 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 ils sont soutirés au 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 de 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 relations entre les concentrations des constituants dans chaque phase traduisant ainsi une sélectivité élémentaire de fractionnement.

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

II.2)- Théorie de la rectification : ^[1]

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

Par ce procédé également, on fractionne les produits issus de diverses opérations en obtenant à partir de ces mélanges des sous-produits (gaz liquéfié, butane, propaneetc.).

II.2.1)-Définition :

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

de température et de pression et une redistribution des constituants entre les phases d'autre part.

Le transfert de matière d'une phase à une autre s'effectue par diffusion moléculaire. La force motrice de transfert d'une substance est la différence de concentration de l'élément dans les deux phases. Tous les phénomènes de transfert de matière sont réversibles, le sens de transfert est déterminé par les paramètres suivants :

➤ Les concentrations de l'élément dans la phase vapeur et la phase liquide.

➤ La température et la pression.

➤ A la suite de telle mise en contact la phase

Vapeur, s'enrichit en constituant le plus léger.

➤ L'opération de rectification est basée sur

le phénomène de séparation par diffusion

des constituants d'une phase à une autre

phase par des mises en contacts des deux phases.

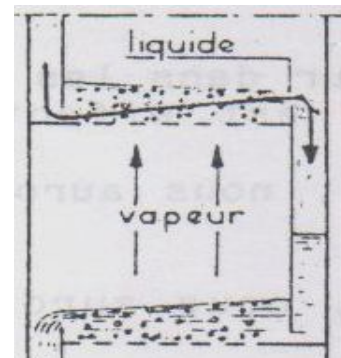


Figure II.1. Schéma simplifié Rectification

Une telle séparation est réalisée à contre-courant en continu dans un appareil appelé : **colonne de rectification**, soit par étage dans une colonne à plateaux, soit dans une colonne à garnissage. La colonne de rectification est un appareillage cylindrique vertical, de hauteur et de diamètre variable constitué à l'intérieur par des compartiments horizontaux appelés plateaux ou garnissages.

La rectification est une distillation fractionnée, autrement dit qualitative et cette augmentation de qualité par rapport à la distillation est due au placement soit des plateaux, soit des garnissages à l'intérieur de la colonne, par conséquent il y a augmentation de la surface de contact qui implique l'augmentation du degré de pureté. ^[7]

II.2.2)-Principe de fonctionnement d'une colonne de rectification :

La colonne de rectification est un appareil qui sépare un mélange en deux ou plusieurs produits qui sont soit des corps purs, soit des mélanges comportant moins des constituants que le mélange initial.

La colonne est une enveloppe cylindrique verticale (la virole) qui renferme des dispositifs (plateaux ou de garnissage) permettant d'assurer un contact intime entre les deux phases (reflux liquide et gazeux) afin de permettre un transfert de matière et d'énergie entre les deux phases et atteindre l'état d'équilibre.

Sur le long de la colonne, la phase vapeur s'enrichisse, de bas en haut en élément le plus volatil et la phase liquide s'enrichi en élément le moins volatil de haut en bas et ce Pour avoir en tête de la colonne un distillat **D** et en bas un résidu **R**.

II.2.3)- Description d'une colonne de rectification :

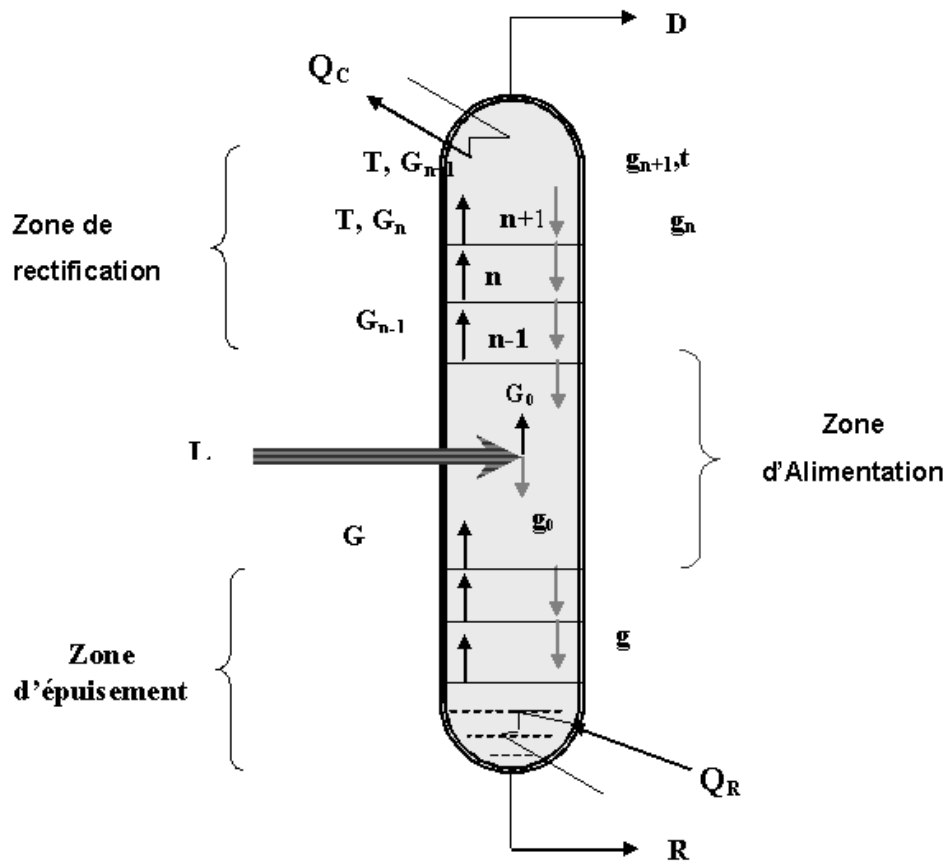
Chaque colonne de rectification se compose toujours de trois zones :

- Une zone d'alimentation dite (**zone de flash**) où l'alimentation est introduite à l'état vapeur, liquide ou biphasique (selon la température de la charge).
- Une zone située au dessus de la zone de flash est appelée (**zone de rectification**), caractérisée par un condenseur qui sert à condenser partiellement ou totalement la vapeur sortante de la tête de colonne. Une partie de ce mélange est envoyée en tant que (**reflux froid**) vers la partie supérieure de la colonne pour garder le gradient de température et corriger la composition des produits de tête. L'autre partie est extraite comme distillat à l'état liquide (lorsqu'il s'agit d'une condensation totale.)
- Une zone située au dessous de la zone de flash est appelée (**zone d'épuisement**), caractérisée elle aussi par la présence d'un rebouilleur, qui sert à apporter une certaine quantité de chaleur au liquide soutiré du dernier plateau (**reflux chaud** ou **rebouillage**) afin de récupérer les constituants légers entraînés par les lourds.

La quantité de matière échangée dépend de la concentration initiale et finale, des pressions partielles, de la surface de l'élément de contact et de l'écoulement (vitesse). Le fonctionnement normal de la colonne de rectification pour l'obtention d'un distillat et d'un résidu avec des compositions voulues dépend principalement de l'état de la charge et par conséquent du lieu d'alimentation.

Généralement, la charge peut être envoyée dans la colonne à :

- Etat liquide ($e_0=0$) :L'alimentation doit être introduite dans la partie supérieure de la colonne.
- Etat vapeur ($e_0=1$) :L'alimentation doit être introduite dans la partie inférieure de la colonne.
- Etat biphasique liquide-vapeur ($0 < e_0 < 1$) :L'alimentation doit être introduite dans la partie intermédiaire. Le lieu exact de l'alimentation peut être déterminé en calculant le nombre de plateau de la zone de rectification et de l'épuisement.



G_n : Vapeur montante. L : Alimentation. n : Rang du plateau

D : Distillat. R : Résidu. g_n : Liquide descendant.

Figure II.2. Schéma de la colonne de rectification

II.2.4)- Types des colonnes de rectification : ^[7]

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

- les colonnes à éléments séparés (plateaux, grilles, cascade).
- Les colonnes à garnissage.

a)- Colonnes à plateaux :

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

a.1)- Les différents types de plateaux :

- ★ Plateaux perforé à déversoirs;
- ★ Plateaux sans déversoirs;
- ★ Plateaux à calottes;

- ★ Plateaux à clapets;
- ★ Plateaux à jet dimensionnel;

b)- Colonnes à garnissage :

Elles sont utilisées dans la distillation et l'absorption. Ces colonnes réalisent à contre-courant continu. L'échange de matière croît en régime turbulent. C'est pourquoi elles sont remplies d'éléments solides.

On emploie comme garnissage n'importe quels morceaux solides, généralement du coke ou de la brique qui ont l'avantage d'être particulièrement bon marché.

Le garnissage efficace doit être tel que la surface par unité de volume soit la plus grande possible, distribution uniforme du liquide et du gaz et faible perte de charges. Les garnissages les plus utilisés dans l'industrie sont **les anneaux de RASHING** des manchons de cylindres dont la hauteur est égale au diamètre extérieur. Leur construction est en céramique ou en porcelaine (bon marché et grande résistance à la corrosion). Comme il existe aussi des anneaux en acier, en carbone et en matière plastique (polyéthylène).

Avantages :

- Prix moins élevé.
- Faible perte de charge.
- Rétention peu importante.

Inconvénients :

- Faible flexibilité.
- Faibles flexibilités des colonnes à grand diamètre.

II.3)- Colonne de fractionnement : ^[1]

Que ce soit pour préparer les charges ou réparer les effluents en produits valorisables, tous les procédés industriels utilisent des opérations de séparation, dont la finalité est d'isoler des constituants tout en respectant des contraintes sur le taux de récupération, et sur la composition, exprimée en fraction molaire, ou fraction poids. De nombreux techniques sont utilisables : l'absorption, l'extraction,... ont tout leur domaine particulier d'utilisation. Seule la distillation, est la plus fréquemment employée. Nous pourrions la qualifier de techniques universelles car elle, à l'aide d'une cascade d'équilibre liquide – vapeur, séparent quasiment tous les mélanges dans l'ordre des températures d'ébullition.

Le principe de fonctionnement d'une colonne à distiller est simple. Tout en travaillant à pression constante, il consiste à déplacer les équilibres de phases à l'aide d'un gradient de

température créée par une source froide (le condenseur) qui crée un flux de liquide froid descendant dans la colonne, et une source chaude (le rebouilleur), générant un flux de vapeur chaude montant. Pour assurer les transfères de matière, et de chaleur entre ces deux flux, des éléments de contact sont placés à l'intérieur d'une virole. Ils sont constitués soit par des plateaux, dont le principe de base est de faire barboter la vapeur dans une rétention liquide provoquée par un barrage coupant la phase liquide, soit par des garnissages, constitués le plus souvent par un treillis métallique dispersant les phases et assurant une bonne surface d'échange entre les fluides circulants à contre courant.

Le rebouilleur fonctionne à l'aide d'un fluide extérieur (vapeur, huile chaude, fluide procédé), Le plus souvent refroidi par de l'air ou de l'eau, par fois par un fluide procédé, le condenseur travaille dans des conditions différentes selon que l'on cherche à obtenir une coupe légère, ou distillat sous forme liquide ou sous forme vapeur.

De ce fait, certaines conditions rencontrées dans le raffinage, lorsque la charge contient des constituants incondensables, conduisent à la production simultanée d'un distillat liquide, et d'un distillat vapeur. Lorsque la colonne fonctionne en continu, la charge est injectée en un point de la virole dépendant des caractéristiques de la charge. Celle-ci est alors séparée en un résidu en fond de la colonne et un distillat en tête. La zone située en dessous du point de charge est appelée zone épuisement ; son objectif est d'appauvrir le résidu en produit léger.

La zone de tête, ou zone de rectification, a pour objectif d'éliminer les produits lourds du distillat.

En discontinu, le bouilleur sert aussi à contenir la charge. La colonne réduite alors à une zone de rectification, et seule la qualité du distillat peut être maîtrisée. Par contre, le liquide résiduel dans le bouilleur contiendra des produits relativement légers.

II.3.1)- Régime de température dans la colonne :

A la pression de service P_s , la température au sommet de la colonne est déterminée par approximations successives à partir de l'équation de l'isotherme de la phase vapeur.

$$\sum_{k_{Ri}} \frac{y_{Di}}{k_{Ri}} = 1 \dots\dots\dots (II-1).$$

La température au fond de la colonne doit être calculée comme la température du résidu à la pression P_f .

$$\sum_i k_i x'_{Ri} = 1 \dots\dots\dots (II-2).$$

Pour diminuer le nombre d'hypothèses jusqu'à trois on peut utiliser l'interpolation linéaire :
Pour l'équation (1) on a :

$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{\sum \left(\frac{y'_i}{k_i} \right) \cdot (T - 1)}{\sum \left(\frac{y'_i}{k_i} \right) T_2 - \sum \left(\frac{y'_i}{k_i} \right) T_1} \dots\dots\dots (II-3).$$

Pour l'équation (2) on a :

$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{1 - x'_i \cdot k_i}{\left(\frac{y'_i}{k_{2i}} \right) \left(\frac{y'_i}{k_{Li}} \right)} \dots\dots\dots (II-4).$$

où : K_{1i} et K_{2i} coefficients d'équilibre du constituant (i) respectivement à la température déterminée par l'interpolation et doit être toujours vérifiée par l'équation (II-1) – (II-2).

y'_{Di} : Fraction molaire du constituant (i) dans le distillat.

x'_{Ri} : Fraction molaire du constituant (i) dans le résidu.

II.3.2)-Choix de la pression dans la colonne :

Quelque soit la concentration du mélange à séparer, le choix de la pression dans la colonne est avant tout un problème économique. On s'ait qu'à faible pression, la sélectivité de la séparation sera meilleure et que l'on y' évitera l'altération thermique des produits, mais en contre partie, à faible pression il faut condenser à basse température les vapeurs de tête pour obtenir le reflux liquide à sa température de bulle. C'est donc le choix de fluide réfrigérant qui va imposer ce choix bon marché, abondance (eau douce, eau de mer, air, etc...), qui permet d'obtenir un condensât à 30°C et – 45 °C environ . La pression dans la colonne sera au moins égale à la température de bulle à la pression de bulle à ces températures.

Si la température de condensation des vapeurs de distillat à la pression atmosphérique est supérieure à celle de l'eau (ou de l'air), la rectification se fait généralement à une faible pression effective, un excès de pression est nécessaire pour vaincre les résistances des plateaux, des conduites, du condenseur etc...

Si la température de condensation des vapeurs de distillat à la pression atmosphérique est plus basse que celle de l'eau (ou l'air), la colonne doit fonctionner sous haute pression pour que la condensation des vapeurs de distillat puisse être réalisée par réfrigération ordinaire (à l'aide de l'eau ou de l'air).

Lorsque le distillat est constitué de composants très légers, il est nécessaire de faire appel à une réfrigération artificielle (utilisation d'une machine frigorifique) pour travailler à des basses températures.

Quel que soit la pression de service, la température de condensation totale des vapeurs de distillat doit être prise au moins 15 à 20 °C que celle du fluide réfrigérant.

Ainsi, la pression P_b dans le ballon de reflux est déterminée d'après l'équation d'isotherme de la phase liquide.

$$\sum k_i x'_{Ri} = 1 \dots\dots\dots (II-5).$$

Le calcul se fait par approximations successives.

Les pressions au sommet, au fond, et dans la zone d'alimentation de la colonne seront donc respectivement :

$$P_s = P_b + \Delta P_1 \dots\dots\dots (II-6).$$

$$P_f = P_s + \Delta P_2 \dots\dots\dots (II-7).$$

$$P_L = 0,5(P_s + P_f) \dots\dots\dots (II-8).$$

Où : $\Delta P_1 = (0,2 - 0,4)$ atm, perte de charge due aux résistances du condenseur et de la conduite reliant le sommet de la colonne au ballon de reflux.

$\Delta P_2 = (0,3 - 0,5)$ atm, pertes de charge dues aux résistances des plateaux.

II.3.3)-Taux de vaporisation et composition des phases liquide et vapeur de la charge :

D'après la définition de taux de vaporisation ou du taux de condensation de la charge on a :

$$e'_0 = \frac{G_0}{L} \quad \text{D'où:} \quad G_0 = L \cdot e'_0 \dots\dots\dots (II-9).$$

$$r'_0 = \frac{g_0}{L} \quad \text{D'où:} \quad g_0 = L \cdot r'_0 \dots\dots\dots (II-10).$$

Où :

e'_0 : Taux de vaporisation molaire de la charge.

r'_0 : Taux de condensation molaire de la charge.

G_0 : débit molaire de la phase vapeur de la charge.

g_0 : débit molaire de la phase liquide de la charge

A pression et température données le taux de vaporisation ainsi que la composition des phases vapeur et liquide de la charge sont déterminées par approximations successives d'après l'équation connue de **Tregoubov**.

$$\sum x'_{0i} = \sum \frac{x'_{Li}}{1 + e'_0 \cdot (k_i - 1)} = 1 \dots\dots\dots (II-11).$$

$$\sum x'_{0i} = \sum \frac{x'_{Li}}{k_i - r'_0 \cdot (k_i - 1)} = 1 \dots\dots\dots (II-12).$$

$$\sum y'_{0i} = \sum k_i \cdot x'_{0i} \dots\dots\dots (II-13).$$

Avec $e'_0 + r'_0 = 1$

x'_{Li} : fraction molaire du constituant (i) dans la charge.

x'_{0i} : fraction molaire du constituant (i) dans la phase liquide.

y'_{0i} : fraction molaire du constituant (i) dans la phase vapeur.

Les équations (II-11) et (II-12) peuvent être utilisées également pour déterminer la température de la charge si la pression, r'_0 et e'_0 sont connus.

Si le taux de vaporisation est relativement petit, il est très commode d'utiliser les formules suivantes :

$$\sum y'_{0i} = \sum \frac{x'_{Li}}{e'_0 + (1 - e'_0)/k_i} \dots\dots\dots (II-14).$$

$$\sum x'_{0i} = \sum \frac{y'_{0i}}{k_i} = 1 \dots\dots\dots (II-15).$$

Si la charge à séparer contient un constituant quelconque (j) non volatile ($k_j = 0$) sa concentration dans la phase liquide est donnée par :

$$x'_{0j} = \frac{x'_{Lj}}{1 - e'_0} = \frac{x'_{Lj}}{r'_0} \dots\dots\dots (II-16).$$

On peut écrire la même formule identique si la vapeur à condenser contient un constituant (j) non condensable.

$$y'_{0j} = \frac{y'_{Lj}}{1 - r'_0} = \frac{y'_{Lj}}{e'_0} \dots\dots\dots (II-17).$$

II.3.4)- Fonctionnement à reflux total :

Dans la théorie de rectification, on utilise deux méthodes d'idéalisation du procédé permettant d'établir les cas de fonctionnement de la colonne. L'un des cas limites est le fonctionnement à reflux total correspondant à un nombre minimal de plateaux théoriques et l'autre est le fonctionnement à reflux minimal demandant pour la séparation un nombre infini de plateaux. A reflux total, les volatilités relatives des constituants peuvent être considérées comme constituants 'i' et dans les produits obtenus (distillat et résidu), leurs volatilités relatives et le nombre minimal de plateaux théoriques est donné par la formule connue sous le nom de **FENSKE-UNDERWOOD**.

$$\frac{x'_{di}}{x'_{dj}} = \frac{(\alpha_i)^{N_{\min}}}{\alpha_j} \cdot \frac{x'_{ri}}{x'_{rj}} \dots\dots\dots(\text{II-18}).$$

A partir de l'équation (18), le nombre minimal de plateaux théoriques y compris le rebouilleur sera :

$$N_{\min} = \text{Log} \left(\frac{x'_{Di} \cdot x'_{Rj}}{x'_{Dj} \cdot x'_{Ri}} \right) \cdot \frac{1}{\text{Log}(\alpha_i / \alpha_j)} \dots\dots\dots(\text{II-19}).$$

L'application de cette équation aux constituants clés donne :

$$N_{\min} = \text{Log} \left(\frac{x'_{Dv} \cdot x'_{Rl}}{x'_{Dl} \cdot x'_{Rv}} \right) \cdot \frac{1}{\text{Log} \alpha_{v,l}} \dots\dots\dots(\text{II-20}).$$

$\alpha_{v,l}$: Volatilité relative du constituant-clé volatil (v) par rapport au constituant-clé lourd (L), elle est déterminée comme la moyenne géométrique entre le sommet, le fond de la colonne et le niveau de l'alimentation, c'est-à-dire le nombre des plateaux théoriques dans les zones de rectification et d'épuisement est fixé par l'application de Fenske – Underwood aux constituants – clés entre l'alimentation et le distillat ou le résidu soit :

$$N_{R \min} = \text{Log} \left(\frac{x'_{Dv} \cdot x'_{Ll}}{x'_{Dl} \cdot x'_{Lv}} \right) \cdot \frac{1}{\text{Log} \alpha_{v,l}} \dots\dots\dots(\text{II-21}).$$

$$N_{E \min} = \text{Log} \left(\frac{x'_{Lv} \cdot x'_{Rl}}{x'_{Ll} \cdot x'_{Rv}} \right) \cdot \frac{1}{\text{Log} \alpha_{v,l}} \dots\dots\dots(\text{II-22}).$$

II.3.5)-Fonctionnement à reflux minimal :

C'est un autre cas limite de fonctionnement de la colonne correspondant à un nombre infini de plateaux théoriques ; pour calculer le reflux minimal on a proposé plusieurs formules parmi-elles celle d'UNDERWOOD.

$$(r_f)_{\min} + 1 = \sum \frac{\alpha_{i,l} \cdot x'_{d,i}}{\alpha_{i,l-\Psi}} \dots\dots\dots(\text{II-23}).$$

$$(r_f)_{\min} = \sum \frac{\psi \cdot X'_{d,i}}{\alpha_{i,1-\psi}} \dots\dots\dots (II-24).$$

α_i : Coefficient de volatilité du constituant 'i' au constituant lourd de la charge.

φ : Paramètre conventionnel déterminé par approximations successives à partir des équations suivantes :

$$e'_0 = \sum \frac{\alpha_{il} \cdot X'_{il}}{\alpha_{i,1-\psi}} \dots\dots\dots (II-25).$$

$$-r_{b\min} = \varphi \sum \frac{\alpha_{Li} X'_{Ri}}{\alpha_{Li} - \varphi} \dots\dots\dots (II-26).$$

D'une manière générale la valeur de ψ se trouve dans l'intervalle $\alpha_1 < \varphi < \alpha_v$

α_1 et α_v : Etant respectivement les volatilités des constituants clés lourd et volatil.

La relation entre $(r_b)_{\min}$ et $(r_f)_{\min}$ est donnée par la formule suivante :

$$(r_b)_{\text{opt}} = \frac{D}{R} (r_f)_{\text{opt}} + \frac{L}{R} (1 - e'_0) - 1 \dots\dots\dots (II-27).$$

II.3.6)-Taux de reflux opératoire (optimal) :

A partir d'une alimentation il est possible de réaliser une séparation spécifique en choisissant un taux de reflux opératoire en tête de colonne.

D'une manière générale, le taux de reflux optimal (r_f) est conditionné par le prix de revient des produits obtenus. Pour calculer la valeur optimale de (r_f) surtout pour la rectification des mélanges complexes actuellement on ne dispose pas des méthodes théoriques simples et sûres. C'est pour cette raison que les données pratiques obtenues pendant l'observation du fonctionnement des colonnes industrielles sont largement utilisées

Pour les calculs approximatifs on peut utiliser la formule proposée par GILLILAND.

$$\frac{(r_f)_{\text{opt}} - (r_f)_{\min}}{(r_f)_{\text{opt}} + 1} = (0,1 \div 0,3) \dots\dots\dots (II-28).$$

Pour le rapport moyen 0,23 on aura :

$$(r_f)_{\text{opt}} = 1,3(r_f)_{\min} + 0,3 \dots\dots\dots (II-29).$$

On peut calculer la valeur optimale de $(r_f)_{\min}$ par la relation suivante :

$$\frac{(r_f)_{\text{opt}}}{(r_f)_{\min}} = (1,04 \div 1,5) \dots\dots\dots (II-30).$$

Donc le nombre optimal de plateaux théoriques dépasse de 2 à 3 fois le nombre minimal de plateaux.

II.3.7)-Nombre de plateaux théoriques à reflux optimal (Méthode approximative de GILLILAND) : ^[7]

GILLILAND a proposé une corrélation empirique entre le taux de reflux et le nombre de plateaux théoriques.

Si 'N' est le nombre de plateaux théoriques, correspondant à un taux de reflux opératoire $(r_f)_{opt}$ les deux fonctions sont reliées entre elles par une courbe de corrélation :

$$\frac{N - N_{min}}{N + 1} = \left(\frac{(r_f)_{opt} - (r_f)_{min}}{(r_f)_{opt} + 1} \right) \dots\dots\dots (II-31).$$

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

$$N = N_{min} (1,4 - 0,8) \text{Log} \left(\frac{(r_f)_{opt} - (r_f)_{min}}{(r_f)_{opt} + 1} \right) \dots\dots\dots (II-32).$$

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

Alors le nombre de plateaux théoriques pour chaque zone est donné par les formules :

$$N_E = N_{Emin} \cdot \frac{N}{N_{min}} \dots\dots\dots (II-33).$$

$$N_R = N_{Rmin} \cdot \frac{N}{N_{min}} \dots\dots\dots (II-34).$$

N_R : est le nombre de plateaux théoriques dans la zone de rectification à reflux optimal.

N_E : est le nombre de plateaux théoriques dans la zone d'épuisement à reflux optimal.

II.3.8)-Bilan matière :

Le bilan matière pour la colonne s'écrit comme suit :

$$L = D + R \dots\dots\dots (II-35).$$

Le bilan matière pour un constituant 'i' de la charge s'écrit comme suit :

$$LX'_{Li} = D\dot{Y}_{Di} + RX'_{Ri} \dots\dots\dots (II-36).$$

II.3.9)-Bilan thermique de la colonne :

L'établissement du bilan thermique de la colonne est nécessaire pour vérifier le débit de reflux liquide provenant du condenseur et pour déterminer les charges thermiques du rebouilleur et du condenseur.

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

$$h_L = e'_0 H_0 + (1 - e'_0) h_0 \dots\dots\dots (II-37).$$

$$L h_L + Q_R = D h_D + R h_R + Q_R \dots\dots\dots (II-38).$$

$$Q_R = G_R (H_R - h'_L) + R (h_R - h'_L) \dots\dots\dots (II-39).$$

$$Q_C = (D + g_x) (H_D - h_D) \dots\dots\dots (II-40).$$

A partir du bilan thermique de la colonne on a :

$$g_x = G_R \cdot \frac{(H_R - h'_L)}{(H_D - h_d)} - \frac{(R h'_L + D H_D - L h_L)}{(H_D - h_d)} \dots\dots\dots (II-41).$$

$$g_x = (r_f)_{opt} \cdot D \dots\dots\dots (II-42).$$

$$G_R = (r_b)_{opt} R \dots\dots\dots (II-43).$$

$(r_b)_{opt}$: Taux de rebouillage optimal défini par :

$$(r_b)_{opt} = \left((r_f)_{opt} \cdot \frac{D}{L} + (1 - e'_0) - \frac{R}{L} \right) \frac{L}{R} \dots\dots\dots (II-44).$$

II.4)- Transfert de matière et transfert de chaleur: ^[8]

Dans la charge chaude venant du four, là où arrive la vapeur de rebouillage, la température est plus élevée. En tête où, arrive le liquide plus froid du reflux de tête, on trouve la température la plus basse. Entre les deux extrémités, les températures s'échelonnent de plateau en plateau, chacune à elles ayant sa propre température qui est toujours supérieure à celle du plateau de dessus et inférieure à celle du plateau de dessous. La vapeur qui monte d'un plateau à l'autre rencontre un liquide plus froid qu'elle, il y a échange thermique. La vapeur montante réchauffe le liquide descendant qui le refroidit. Tout le long de sa montée, la vapeur va perdre ses calories à l'inverse du liquide qui va en gagner.

Parallèlement, il se produit un échange de matière entre les éléments plus volatils et moins volatils par vaporisation des liquides et condensation des vapeurs. Ainsi, plus il y aura de plateaux plus les produits en tête et au fond de la colonne seront purs. Certaines colonnes peuvent être équipées de plus de cent plateaux.

II.4.1)- Lois fondamentales de transfert de matière :

Considérons une phase vapeur composée de constituants auxquels; on peut appliquer la loi des gaz parfaits : alors la pression partielle d'un constituant (P_i) est proportionnelle à la pression du système (π) et à sa concentration molaire (y_{in}) :

$$P_i = \pi y_{in} \dots \dots \dots (II-45).$$

Lois de Raoult et d'Henry : Les lois de Raoult et d'Henry ne sont applicables que pour les liquides.

Considérons une phase liquide composée de constituants entièrement miscibles. On conçoit aisément que la tendance des molécules d'un constituant à s'échapper de la phase liquide soit proportionnelle à la concentration molaire de ce constituant à cette phase.

d'après la loi de Raoult la pression partielle (P_i^L) d'un constituant est égale au produit de sa tension de vapeur (P_{0i}) à l'état pur par sa concentration molaire en phase liquide :

$$P_i^L = P_{0i} X_i' \dots \dots \dots (II-46).$$

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

$$P_i^L = E_i X_i' \dots \dots \dots (II-47).$$

Avec :

E_i : constante d'Henry ; dépend de la nature du constituant et de la température.

A l'équilibre, les pressions partielles d'un même constituant dans les deux phases liquides et vapeur sont égales :

$$P_i^L = P_i^V \dots \dots \dots (II-48).$$

Donc :

$$Y_i' = (P_{0i} / \pi) X_i' \dots \dots \dots (II-49).$$

$(P_{0i} / \pi) = K_i$: coefficient d'équilibre du constituant «i».

II.4.2)-Lois fondamentales de transfert de chaleur :

L'expérience montre que deux corps isolés de l'ambiance et à température différente échangent de l'énergie sous forme de chaleur jusqu'à disparition complète de leur différence de température. Cet échange peut se faire de trois façons différentes :

Par conduction : s'il y a contact physique entre les molécules des corps contigus et immobiles, le transfert de chaleur correspond alors à la transmission d'une énergie cinétique due aux chocs des molécules fluide, aux oscillations longitudinales des molécules de solides non-conducteurs de l'électricité, ou aux mouvements des électrons dans les autres cas.

Par convection : s'il s'agit de fluide en mouvement, et que la transmission de chaleur accompagne le déplacement de filets d'un seul fluide ou s'opère par mélange des deux fluides, ce mode de transfert est donc essentiellement régi par les lois des écoulements des fluides, ainsi que par celles de la conduction.

Par rayonnement : tout corps porté à une température supérieure à zéro absolu (0°K) rayonne dans toutes les directions, une énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Inversement, tout corps est susceptible d'absorber tout ou partie d'une énergie électromagnétique analogue à celle qu'il serait susceptible d'émettre, cette forme de transfert de chaleur ne nécessite donc entre les corps considérés aucun support matériel, et s'identifie parfaitement à la propagation de la lumière c'est à dire à l'optique.

En réalité tout échange thermique s'effectue simultanément sous les trois formes précédentes, mais généralement l'une d'elles est prédominante, et les autres peuvent être négligées, cependant lorsque les trois modes de transfert sont concurrents, il est nécessaire de dire que l'échange est la somme des trois effets, comme se serait le cas pour le refroidissement à l'air d'une plaque métallique à très haute température.

a)-Lois fondamentales d'échange de chaleur :

a.1)-Gradient de température :

Dans tous les cas le transfert de chaleur est transmis des points les plus chauds aux points les plus froids. Cet écoulement s'effectue à travers des surfaces isothermes et suivant la ligne énergétique :

$$\frac{dT}{dn} = \text{grad}T \dots\dots\dots(\text{II-50}).$$

Où : gradT : gradient de température.

n : La normale à la surface isotherme.

Le gradient de température est un vecteur dirigé suivant la normale de la surface isotherme, numériquement égal à la dériver partielle de la température par la normale. Ce vecteur est dirigé vers le sens de l'augmentation de la température.

a.2)-Loi de Fourier :

Une quantité de chaleur qui passe par conduction à travers un élément de surface peut être exprimée par la loi de Fourier :

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx} = dF \cdot dT \dots\dots\dots(\text{II-51}).$$

$$Q = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx} = F \cdot T1 \dots\dots\dots(\text{II-52}).$$

En introduisant le flux thermique qui a pour expression:

$$q = \frac{Q}{F.T} \dots\dots\dots (II -53).$$

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (II -54).$$

Où : q : Quantité de chaleur qui s'écoule pendant une unité de temps à travers la surface (W/ m²).

λ : Conductibilité thermique (W/ m².°c).

b)-Fonctions des échangeurs de chaleur : Ces appareillages peuvent assurer des fonctions différentes, éventuellement simultanées relativement aux objectifs concernant l'un des fluides participant à l'échange.

☞ Fonction réfrigération.

☞ Fonction réchauffage.

☞ Fonction condensation.

☞ Fonction vaporisation.

Chapitre III. Partie technologique

III.1)-Situation géographique:^[9]

- La région de Rhourde-Nouss fait partie de la Willaya d'Illizi.
- Elle est située à 350Km au Sud/Sud-est de Ourgla, à 1200Km au Sud/Sud-est d'Alger et à 270Km au Sud/Sud-est de Hassi Messaoud. Elle est reliée à la route nationale N3 (Ouargla-Illizi) par une bretelle de 30km goudronnée.
- La Direction Régionale de Rhourde-Nouss se trouve à la lisière de l'Erg Oriental avec une alternance de Hamada (ou Gassi) et d'Erg (ou Siouf) de direction généralement Nord/Sud.
- L'altitude moyenne est située à 275m par rapport au niveau de la mer.
- Son climat est désertique (sec avec un très faible taux d'humidité).
- Ecart important de température entre l'hiver et l'été (-5°C à 55°C).
- Elle enregistre une pluviométrie très faible (2 à 4 mm/an).
- Terrain accidenté vu la position de la région (limite de l'Erg Oriental).
- Fréquence importante des vents de sable.
- La région de Rhourde Nouss est composée de plusieurs champs (Gisements) sur un rayon de 100Km par rapport au siège de la direction régionale qui est située dans le champ de Rhourde-Nouss centre.

⚡ Lithologie Des Réservoirs:

Complexe argilo-greux (Alternance de grès fins à moyens et d'argile) et de Quartzites.

⚡ Historique:

- La première découverte de gaz en ALGERIE sur le champ de HAMRA en 1956.
- Le premier puits foré RN1 en 1962 a mis en évidence la présence de gaz riche en condensat dans plusieurs horizons.

⚡ Tectonique:

Le complexe de Rhourde Nouss est un trend structural direction Nord- Est/Sud Ouest délimité par des failles majeures de direction Nord-est/Sud-ouest et de failles de direction Nord-Sud.

III.2)-Description du Champ de Rhourde-Nouss:^[9]

Les principaux champs mis en exploitation sont :

- ★ RHOURE-NOUSS centre.
- ★ RHOURE-NOUSS Nord-est.
- ★ RHOURE-NOUSS sud-est.
- ★ RHOURE-NOUSS sud-ouest.
- ★ RHOURE-CHOUFF.

- ★ RHOURDE-ADRA.
- ★ RHOURDE-HAMRA.
- ★ HAMRA.

III.3)-Description du projet:^[9]

Phase A:

L'usine existante a une capacité de traitement de gaz brut de $41 \times 10^6 \text{ Sm}^3/\text{J}$.

La capacité de production de condensat est de 7200 Tonnes/J.

Après extraction de condensat, le gaz riche en GPL est réinjecté dans le gisement soit 75%. L'autre partie est expédiée dans la gazoduc GR1/GR2 48" (soit 25%) La capacité de réinjection est de $32 \times 10^6 \text{ Sm}^3/\text{J}$.

Phase B:

Avec la phase B, la capacité de traitement est augmentée à $51 \times 10^6 \text{ Sm}^3/\text{J}$ par l'ajout d'un cinquième train au niveau de la phase A .

Le gaz sec de la phase A est traité dans l'usine du GPL

- Capacité de traitement est de $48 \times 10^6 \text{ Sm}^3/\text{J}$.
- Capacité de production de GPL est de 3800Tonnes/J

Présentation du cinquième train:

Avec l'ajout du cinquième train, le condensat récupéré au niveau des parties communes est traité dans les trains existants.

III.4)-Présentation de l'usine GPL: ^[9]

- L'usine GPL est composée de:
 - Trois trains pour extraire le GPL contenu dans le gaz traité de la phase A.
 - Une aire de stockage d'expédition de GPL composée de:
 - Trois sphères de GPL on spec de 500 m^3 chacune.
 - Une sphère de GPL hors spécification de 500 m^3 .
 - Pomperiez nécessaire pour véhiculer le GPL dans le pipe LR1 de 10.
 - Une station de recompression de gaz pour restituer son énergie de pression pour le renvoyer à la phase A à la même pression de départ.
 - Toutes les utilités nécessaires à cette usine .

L'énergie nécessaire au fonctionnement de l'usine GPL provient de la

Centrale électrique de HAMRA par une ligne électrique de 60 KV.

La puissance nécessaire est 15MW.

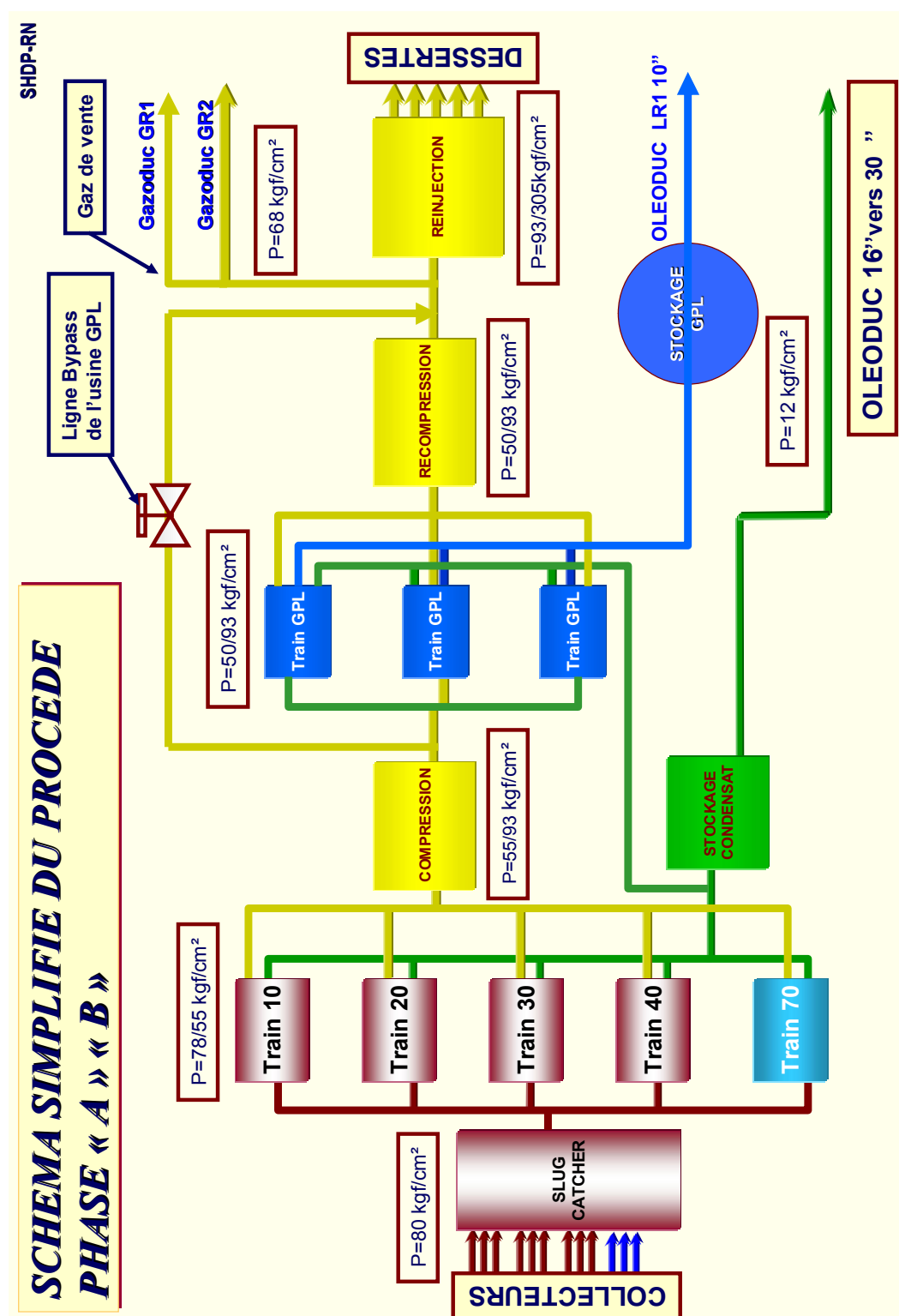


Figure III .1. Schéma Simplifié du Procède Phase “A” “B”

III.5)-Train de fractionnement du GPL:^[9]

Le gaz d'alimentation provenant des cinq trains de traitement de condensât (95bar/60°C) se divise en trois branches pour alimenter les trois trains. Un régulateur de pression avec biais permet de contrôler la répartition des charges entre les trois trains. Le gaz alimentant chaque train de GPL se divise en deux courants : le premier courant passe dans l'échangeur E-01 afin d'être refroidi à $-1,5^{\circ}\text{C}$ en échangeant de la chaleur avec le courant de gaz froid provenant du séparateur de sortie du turbo-expandeur (V-09) et le deuxième courant va vers l'échangeur E-02 à -5°C en échangeant de la chaleur avec le courant de gaz froid provenant du ballon de tête du dééthaniseur V-10. Environ 90 % du débit d'alimentation passe par l'échangeur E-01. Les deux courants de gaz se rejoignent et sont refroidis dans l'échangeur E-03 par le liquide froid en provenance du séparateur de sortie du turbo-expandeur (V-09). La température de sortie de E-03 est régulée automatiquement à -15°C en ajustant le by-pass du gaz chaud (TV – 1051). Le gaz refroidi est dirigé vers le séparateur d'entrée du turbo-expandeur (V-08) où le liquide présent dans le courant est séparé du gaz lequel va alimenter l'expandeur. Aux conditions de fonctionnement normales, aucun liquide ne devrait être collecté. Du liquide sera produit seulement lorsqu'une quantité plus importante de condensât sera laissée dans le gaz par les trains de récupération des condensâts.

Le débit d'alimentation du train est régulé par le débit à l'expandeur. L'expandeur opère en régulation de débit régulé, dont le point de consigne est ajusté par la pression à l'entrée du manifold de l'usine du GPL. Le turbo-expandeur fonctionne avec une chute de pression d'environ 53 bars et une chute de température de 38°C (opère à 40 bar et -53°C à la sortie). L'effluent bi-phasique de l'expandeur est séparé dans le séparateur de sortie de l'expandeur (V-09). Les gaz sont ensuite réchauffés dans le condenseur de tête du dééthaniseur (E-06) à -38°C et l'échangeur primaire gaz/gaz (E-01) à 50°C avant d'être repris par le turbocompresseur.

A la sortie de E-06. Une petite fraction du gaz (environ 1,5 %) se dirige vers E-11 pour refroidir à 45°C le GPL produit. Ce gaz se combine avec le gaz sortant de la calandre de E-01 et se dirige vers le turbocompresseur. Le gaz de refoulement du turbocompresseur (EC-01), refroidi à 55°C dans AE-03, est repris par les compresseurs de gaz de vente (C-01) qui comprime les gaz à la pression de gaz de vente soit 94 bar à la limite de l'unité. L'optimisation de la dimension des compresseurs de surpression et des compresseurs de gaz de vente avec le pourcentage de récupération des GPL, combinée avec cette contrainte de 94 bar, a permis de fixer la pression de sortie du turbocompresseur à 50.4 bar. La pression de sortie du turbocompresseur étant fixe, la pression et la température de sortie du turbo-expandeur se trouvent par conséquent fixées tout comme le taux de récupération des GPL.

L'effluent liquide du V-09, réchauffé à -5°C par l'échangeur E-03, alimente, par régulation de niveau, le dééthaniseur (T-01) au niveau du 14^e plateau. Le dééthaniseur contient 35 plateaux. L'effluent de tête du dééthaniseur ($-19,8^{\circ}\text{C}/29$ bar) se condense partiellement à $-36,5^{\circ}\text{C}$ dans le ballon V-10 en passant par l'échangeur E-06. Les non condensables en tête du dééthaniseur sont réchauffés à 53°C au travers de E-02, repris par les compresseurs de surpression (C-02) qui les compriment à 50 bars et combinés avec le gaz du compresseur de l'expandeur (EC-01). Le gaz sec combiné est ensuite comprimé à 95 bar par les compresseurs de gaz de vente (C-01) et dirigé vers la phase A pour être véhiculé vers la vente ou vers les unités de réinjection.

Le liquide du ballon de reflux V-10 retourne vers la colonne par régulation de niveau par les pompes de reflux P-03/ A/B. aucun produit liquide n'est soutiré de ce ballon de tête.

La charge thermique requise pour la séparation dans le dééthaniseur est fournie par un circuit d'huile chaude propre à chaque train. L'huile, chauffée dans un four (H-203) à 270°C , est utilisée pour assurer le rebouillage de la colonne à 99°C par E-09. Le rebouilleur est un thermosiphon à circulation naturelle dont le soutirage du produit se fait du rebouilleur. Le produit liquide de dééthaniseur alimente par régulation de niveau, le 15^e plateau du débutaniseur.

La teneur en GPL dans le gaz de tête du dééthaniseur est régularisée par la température de fonctionnement du ballon de tête (V-10). Cette dernière n'est pas régularisée directement et dépend de la température de sortie du turbo-expandeur qui dépend de la pression de sortie du turbocompresseur et de l'état du train de frigorie en aval de l'expandeur. La teneur en gaz dans le GPL est régularisée en maintenant une température de rebouillage de 80°C au 30^e plateau de la colonne en ajustant le débit d'huile chaude vers le rebouilleur E-09. Le débutaniseur (T-02), opérant à une pression inférieure (15 bars en tête) à celle du dééthaniseur. Aucune préchauffe n'est requise pour vaporiser une partie de l'alimentation. Le débutaniseur contient 35 plateaux. L'effluent de tête ($66^{\circ}\text{C}/15$ bars) se condense totalement dans le ballon V-11 à 53°C en passant par l'aérefroidisseur AE-02. La condensation étant complète. La pression dans le ballon de tête V-11 est régularisée par un by-pass chaud (PV-1035B) autour de EA-02, par une vanne de régulation (PV-1035A) vers la torche et l'ajustement du taux de condensation en variant l'angle des pâles des ventilateurs (HIC-1037) de AE-02. Une fraction du liquide du ballon de tête. V-11 est utilisé comme reflux par régulation de débit et le reste est envoyé au stockage par régulation de niveau comme produit GPL après avoir été refroidi à 45°C dans E-11. La charge thermique requise pour la séparation dans le débuthaniseur est fournie par un circuit d'huile chaude propre à chaque train. L'huile, chauffée dans un four à 270°C , est utilisée pour assurer le rebouillage de la colonne à 153°C par E-10. Le rebouilleur est un thermosiphon à circulation naturelle dont le soutirage du produit se fait du rebouilleur. Le produit liquide du débuthaniseur est refroidi à 55°C via l'aérefroidisseur EA-05 avant d'être envoyé vers l'aire de stockage de phase A. Dans le

meilleur des cas, le condensât produit aura une TVR de 15,7 psia à cause de la richesse du produit en iC5. De ce fait et pour des raisons de sécurité. Il est prévu de diriger le condensât produit dans le circuit hors norme lors des perturbations des unités de GPL.

Le reflux du débuthaniseur sera ajusté, selon le bilan matière, pour obtenir la teneur en C_5^+ requise dans le GPL. La teneur en GPL dans le condensât (et sa TVR) est ajustée en contrôlant la température de rebouillage à 141°C au 30^e plateau de la colonne en contrôlant le débit d'huile chaude vers 100-E-10.

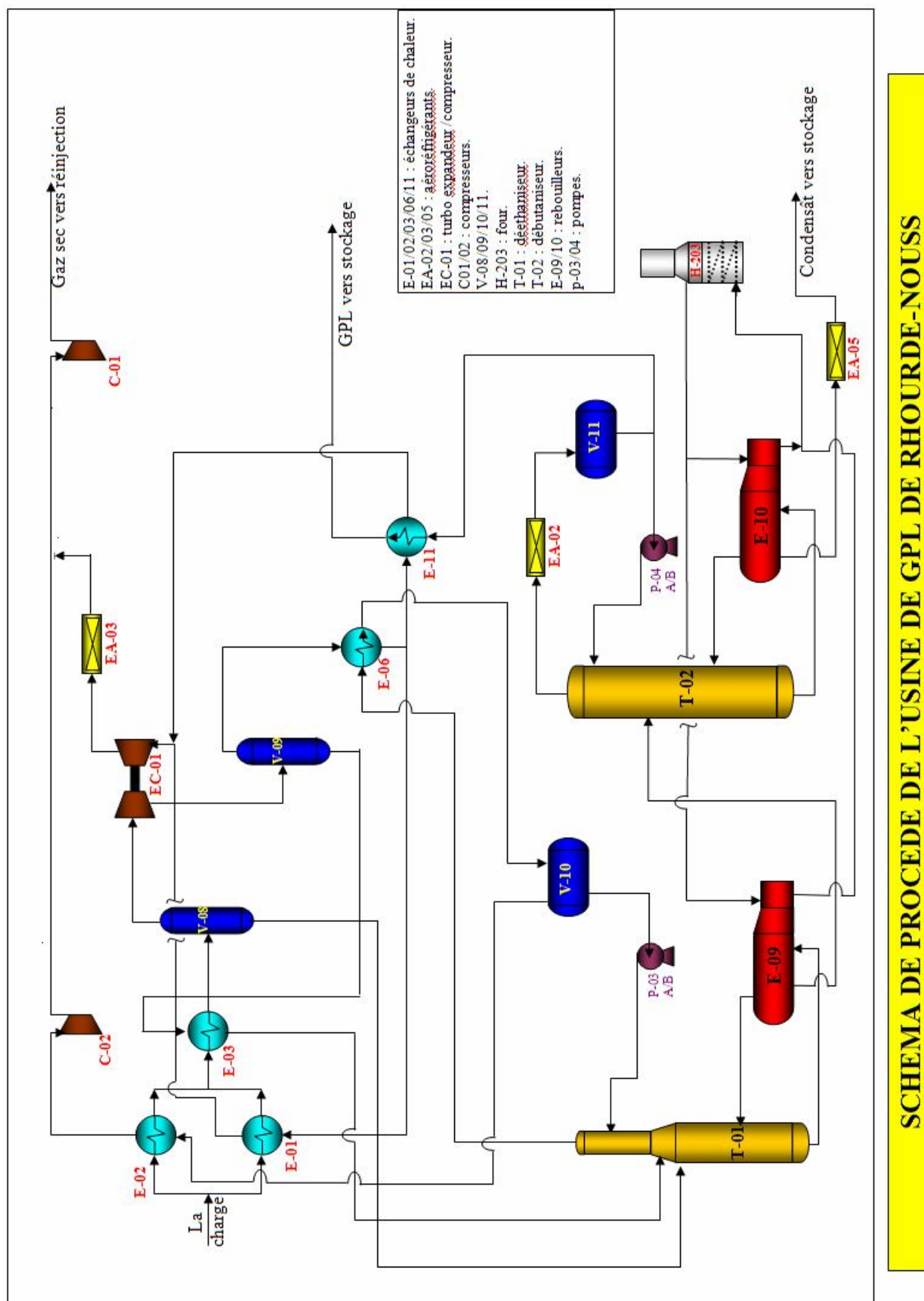


Figure III .2. Schéma De Procède De L'usine De GPL De ROURDE – NOUSS

III.6)-Stockage de produit GPL : ^[9]

Le stockage de produit GPL répondant aux spécifications consiste en trois sphères de 500 m³ chacune, 900-TK-101A/B/C, reliées aux trois pompes de pipeline 900-P-101A/B/C. les trois sphères sont exploitées en mode de vase communicant c'est à dire que les écoulements des trois trains sont combinés et dirigés vers les trois sphères. De même, les pompes prennent aspiration des trois sphères simultanément. Il est prévu d'expédier la production journalière de GPL en 15 heures tout en recevant le GPL produit par les trains. Ainsi, deux pompes en parallèle seront en fonction et la troisième est gardée en réserve.

Une quatrième sphère de 500 m³, 900-TK-102, reliée aux deux pompes de transfert, 900-P-103A/B, est utilisée pour le GPL hors spécifications. Le GPL hors spécifications est retraité aux dééthaniseurs des trois trains. Le débit à chaque train peut être ajusté au niveau désiré par une vanne de régulation. La capacité de retraitement est limitée à 8 m³/h par train sans effet sur la charge d'alimentation fraîche et jusqu'à 20 m³/h en réduisant proportionnellement la charge d'alimentation fraîche.

Si le contenu des sphères TK-101 devait s'avérer hors normes, son contenu peut être transféré vers la sphère TK-102 d'où il pourra être retraité dans les trains GPL.

Objectifs de l'étude:

Depuis son démarrage en 2000, l'unité d'extraction de GPL (phase B) est conçue pour traiter une capacité normale de 48,3 Millions (Sm^3/J) ce qui correspond à 28009,73 kmole/h dans chaque train.

Dans un test de performance, et afin d'améliorer la production des produits finis, une augmentation progressive de la charge alimentant l'usine a été faite en gardant les mêmes paramètres opératoires, jusqu'à atteindre un débit de 33611 kmole/h qui correspond à une augmentation de 20% par rapport au débit normal. Aucune perturbation n'a été détectée.

Au-delà de cette valeur précédente, l'apparition des produits (GPL, condensât) hors normes (qui ne répondent pas aux spécifications de stockage) commence. Cela est dû à :

- Le manque de la chauffe au niveau du rebouilleur (E 10) qui provoque la mauvaise récupération des (n-C₄) qui apparaît dans le condensât en quantité supérieure à la teneur admissible (0,5%).
- L'augmentation de la teneur en (i C₅), entraînée par les vapeurs dans le GPL jusqu'à une valeur supérieure à la norme (0,27%) à cause d'un faible refroidissement au niveau de l'aérocondenseur (AE-02).

Donc, il était nécessaire de:

- Augmenter la température de l'huile de rebouillage chauffée dans le four (H-201).
- Ajuster le taux de condensation en variant l'angle des pales des ventilateurs (HIC-1037) de l'aérocondenseur (AE-02).

Ces modifications auront pour conséquences:

- L'arrêt du four (H-201).
- L'ouverture de la vanne automatique de régulation, au niveau du ballon de tête (V11) vers le bourbier.

Dans le but de vérifier la possibilité de fonctionnement pour une augmentation de 20% de la capacité (et qu'elle corresponde à la capacité maximale) en gardant les mêmes paramètres opératoires du Design, on a procédé à faire un calcul de l'unité (en particulier le débutaniseur) pour la capacité normale, puis le recalcul de l'unité pour la capacité précédente (+20%) on aura à comparer les résultats obtenus avec ceux de Design, et afin de donner des explications logiques aux conséquences des modifications citées ci-dessus, et tirer les avantages et les inconvénients de cette augmentation de la capacité.

Chapitre IV. partie calcul

IV.1)-Simulation de la colonne T-02 par Hysys:

IV.1.1)-Données de départ :^[9]

Tableau IV.1. Fraction Molaire du Composition

constituants	composition molaire X'_{Li}
C_2H_6	0.02874
C_3H_8	0.55272
i- C_4H_{10}	0.16840
n- C_4H_{10}	0.16281
i- C_5H_{12}	0.04444
n- C_5H_{12}	0.02340
n- C_6H_{14}	0.01297
n- C_7H_{16}	0.00652
Total	1

Tableau IV.2. Les Caractéristiques et la Composition du Gaz Alimentation+20%

Condition de débit	
Alimentation+20%	
Débit molaire de la charge	$L=1545,2144$ (kmole/h).
Débit massique de la charge	$m=79045,34$ (kg/h).
La masse moléculaire de la charge	$M_L=51,15479$ (kg/kmole).
Température	70 (°C).
Pression	15.2 (bar).

a)- La composition massique et la masse moléculaire de la charge:

La composition massique et la masse moléculaire des constituants est donnée par la formule suivante :

$$x_{Li} = X'_{Li} \frac{M_i}{M_L} \dots\dots\dots (IV-1).$$

$$M_L = \sum X'_{Li} M_i \dots\dots\dots (IV-2).$$

- où :
- X_{Li} : Fraction massique de l'élément « i » dans la charge.
 - X'_{Li} : Fraction molaire de l'élément « i » dans la charge.
 - M_i : La masse moléculaire de l'élément « i ».
 - M_L : La masse moléculaire de la charge.

b)-La quantité massique de chaque constituant est calculée par la formule suivante :

$$m_i = X_{Li} m \dots\dots\dots(IV-3).$$

- Où :
- m_i : La quantité massique de l'élément i dans la charge.
 - m : Débit massique de la charge.

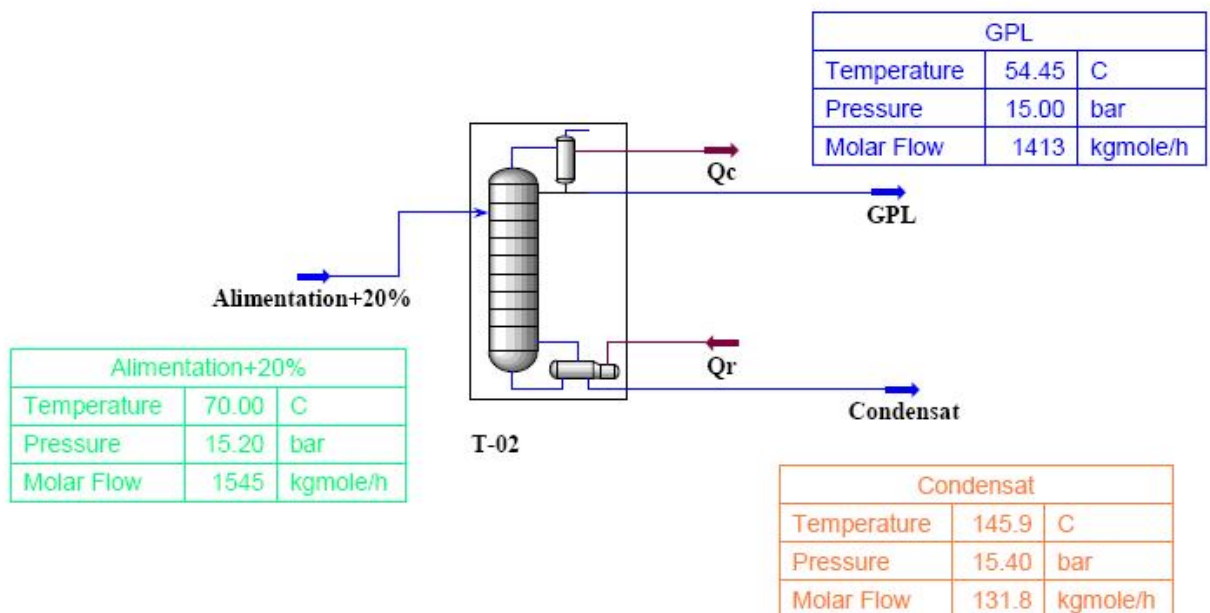


Figure IV.1. Schéma représente de production du GPL avec une augmentation de la capacité de 20%

IV.1.2)- Résultat de Calcule

La composition molaire et massique, la masse moléculaire moyenne de la charge ainsi que les débits molaires et massiques des constituants sont représentés dans le tableau(IV.3) :

Tableau IV.3. Composition débit massique et molaire de la charge

constituants	masse moléculaire M_i	composition molaire X'_{Li}	$M_i X'_{Li}$	composition massique X_{Li}	débit massique kg/h
C_2H_6	30.07	0.02874	0.86420	0.01689	1335.371
C_3H_8	44.1	0.55272	24.37515	0.47649	37664.95
i- C_4H_{10}	58.12	0.16840	9.78732	0.19132	15123.55
n- C_4H_{10}	58.12	0.16281	9.46253	0.18497	14621.68
i- C_5H_{12}	72.15	0.04444	3.20600	0.06267	4953.978
n- C_5H_{12}	72.15	0.02340	1.68838	0.03300	2608.91
n- C_6H_{14}	86.18	0.01297	1.11789	0.02185	1727.392
n- C_7H_{16}	100.21	0.00652	0.65331	0.01277	1009.503
Total		1	51.15479	1	79045.34

IV.1.2.1)- Condition et propriétés de la charge d'alimentation+20% :

Les résultats D'après le calcul par le logiciel HYSIS sont illustrés dans le tableau(IV.4):

Tableau IV.4. Condition et Propriétés de composition d'alimentation+20%

Conditions			
	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	0.5845	0.5845	0.4155
Temperature: (C)	70.00 *	70.00	70.00
Pressure: (bar)	15.20 *	15.20	15.20
Molar Flow (kgmole/h)	1545 *	903.2	642.0
Mass Flow (kg/h)	7.904e+004	4.402e+004	3.502e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	146.2	83.39	62.84
Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-2.893e+004	-2.649e+004	-3.237e+004
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	134.8	152.9	109.3
Heat Flow (kcal/h)	-4.471e+007	-2.392e+007	-2.078e+007
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	144.4	82.41	62.13
Properties			
	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Molecular Weight	51.15	48.74	54.55
Molar Density (kg mole/m3)	1.129	0.6966	8.911
Mass Density (kg/m3)	57.76	33.95	486.1
Act. Volume Flow (m3/h)	1369	1297	72.05
Mass Enthalpy (kcal/kg)	-565.6	-543.5	-593.3
Mass Entropy (kJ/kg-C)	2.635	3.137	2.004
Heat Capacity (kJ/kg mole-C)	130.5	106.7	164.0
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	2.550	2.188	3.005
Lower Heating Value (kcal/kgmole)	5.623e+005	5.371e+005	5.978e+005
Mass Lower Heating Value (kcal/kg)	1.099e+004	1.102e+004	1.096e+004
Viscosity (cP)	---	1.009e-002	9.698e-002

IV.1.2.2)-Composition débit molaire de distillat et de résidu :

D'après le calcul de la colonne par le logiciel HYSIS, nous pouvons tirer les propriétés suivantes :

Tableau IV.5. Les Fractions et Les Débits de Résidu et Distillat

Constituants	Distillat « D »(GPL)		Résidu « R »(condensat)	
	Y'_{Di}	$D.Y'_{Di}$	X'_{Ri}	$R.X'_{Ri}$
C_2H_6	0.03142	44.409	0	6.7673e-013
C_3H_8	0.604259	854.07	0	3.4239e-005
$i-C_4H_{10}$	0.183698	259.64	0.004337	0.5716
$n-C_4H_{10}$	0.166417	235.22	0.124130	16.360
$i-C_5H_{12}$	0.011373	16.074	0.399061	52.595
$n-C_5H_{12}$	0.002833	4.0037	0.243969	32.154
$n-C_6H_{14}$	0	3.9261e-004	0.15209	20.041
$n-C_7H_{16}$	0	6.4778e-009	0.07644	10.075
Total	1	1413.41359	1	131.79641

L : Débit molaire de la charge.

D : Débit molaire de distillat.

R : Débit molaire de résidu.

Y'_{Di} : Fractions molaire du constituant (i) dans le distillat.

X'_{Ri} : Fractions molaire du constituant (i) dans le résidu.

IV.1.2.3)-Les différents paramètres et propriétés de distillat et de résidu :

Le tableaux suivants résume les résultats obtenus :

Tableau IV.6. Conditions de production du GPL

Conditions		
	Overall	Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	0.0000	1.0000
Temperature: (C)	54.45	54.45
Pressure: (bar)	15.00	15.00
Molar Flow (kgmole/h)	1413	1413
Mass Flow (kg/h)	6.921e+004	6.921e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	130.7	130.7
Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-3.035e+004	-3.035e+004
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	104.8	104.8
Heat Flow (kcal/h)	-4.290e+007	-4.290e+007
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	129.4	129.4

Tableau IV.7. propriétés de production du GPL

Properties		
	Overall	Liquid Phase
Molecular Weight	48.97	48.97
Molar Density (kg mole/m³)	9.704	9.704
Mass Density (kg/m³)	475.2	475.2
Act. Volume Flow (m³/h)	145.7	145.7
Mass Enthalpy (kcal/kg)	-619.9	-619.9
Mass Entropy (kJ/kg-C)	2.140	2.140
Heat Capacity (kJ/kg mole-C)	150.2	150.2
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	3.067	3.067
Lower Heating Value (kcal/kg mole)	5.394e+005	5.394e+005
Mass Lower Heating Value (kcal/kg)	1.102e+004	1.102e+004
Viscosity (cP)	9.239e-002	9.239e-002

Tableau IV.8. Conditions du Condensat

Conditions		
	Overall	Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	0.0000	1.0000
Temperature: (C)	145.9	145.9
Pressure: (bar)	15.40	15.40
Molar Flow (kgmole/h)	131.8	131.8
Mass Flow (kg/h)	9835	9835
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	15.54	15.54
Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-3.733e+004	-3.733e+004
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	136.9	136.9
Heat Flow (kcal/h)	-4.919e+006	-4.919e+006
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	15.45	15.45

Tableau IV.9. Propriétés du Condensat

Properties		
	Overall	Liquid Phase
Molecular Weight	74.63	74.63
Molar Density (kgmole/m3)	6.337	6.337
Mass Density (kg/m3)	472.9	472.9
Act. Volume Flow (m3/h)	20.80	20.80
Mass Enthalpy (kcal/kg)	-500.2	-500.2
Mass Entropy (kJ/kg-C)	1.835	1.835
Heat Capacity (kJ/kg mole-C)	249.0	249.0
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	3.336	3.336
Lower Heating Value (kcal/kg mole)	8.076e+005	8.076e+005
Mass Lower Heating Value(kcal/kg)	1.082e+004	1.082e+004
Viscosity (cP)	8.459e-002	8.459e-002

IV.1.2.4)-Profile de pression et de température dans la colonne:

La température et la pression varient graduellement du sommet jusqu'au fond de la colonne, elles sont en fonction de la composition de chaque éléments, et du constante d'équilibre sur chaque plateaux.

Les résultats sont illustrés dans le tableau (IV.10):

Tableau IV.10. Pression et de Température dans la Colonne

Plateaux	Pression (bar)	Température (°C)	Plateaux	Pression (bar)	Température (°C)
1	15	66.77	19	15.21	99.36
2	15	70.89	20	15.22	101.3
3	15.01	72.48	21	15.24	102.6
4	15.01	73.26	22	15.25	103.6
5	15.04	73.73	23	15.26	104.4
6	15.05	74.06	24	15.27	105.1
7	15.06	74.30	25	15.28	105.8
8	15.07	74.49	26	15.29	106.6
9	15.08	74.64	27	15.31	107.6
10	15.09	74.78	28	15.32	109
11	15.11	74.92	29	15.33	110.9
12	15.12	75.08	30	15.34	113.3
13	15.13	75.30	31	15.35	116.5
14	15.14	75.69	32	15.36	120.5
15	15.16	76.48	33	15.38	125.2
16	15.18	85.26	34	15.39	130.6
17	15.19	91.85	35	15.4	137.2
18	15.20	96.38			150

IV.1.2.5)-Les différents paramètres de la colonne T-02 :

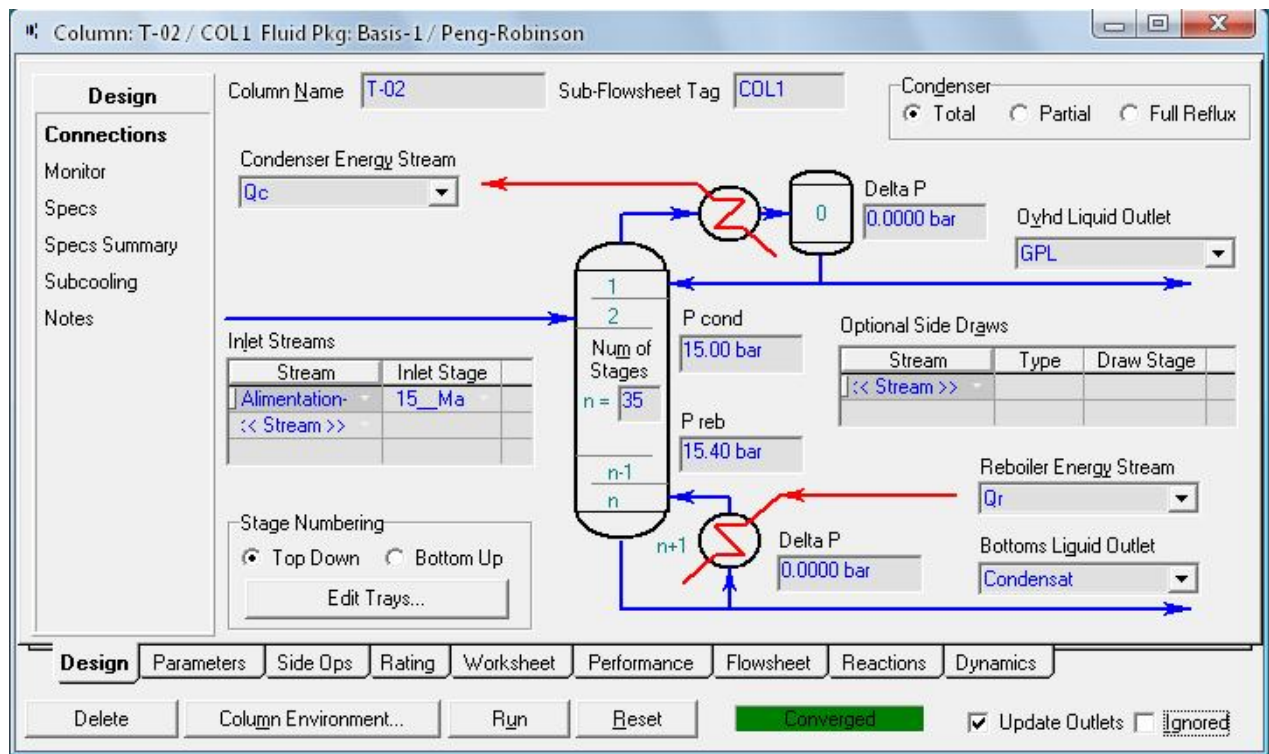


Figure IV.2. Schéma Représente le Paramètres de la Colonne T-02

IV.1.2.6)-Les différents paramètres et propriétés du ballon de reflux (Condenser):

Les résultats de calcul sont illustrés dans le tableau(IV.11):

Tableau IV.11. Condition et Propriétés du Ballon de Reflux

Conditions		
Inlet Stream Properties		
	To Condenser	
Vapour Fraction	1.0000	
Temperature: (C)	66.77	
Pressure: (bar)	15.00	
Molar Flow (kgmole/h)	2053	
Mass Flow (kg/h)	1.005e+005	
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	189.8	
Heat Flow (kcal/h)	-5.479e+007	
Outlet Stream Properties		
	Reflux	GPL
Vapour Fraction	0.0000	0.0000
Temperature: (C)	54.45	54.45
Pressure: (bar)	15.00	15.00
Molar Flow (kgmole/h)	639.1	1413
Mass Flow (kg/h)	3.129e+004	6.921e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	59.10	130.7
Heat Flow (kcal/h)	-1.940e+007	-4.290e+007

IV.1.2.7)-Les différents paramètres et propriétés de Rebouilleur:

Les résultats de calcul sont illustrés dans le tableau(IV.12):

Tableau IV.12. Condition et Propriétés de Rebouilleur

Conditions			
To Reboiler			
	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Vapour/Phase Fraction	0.0000	0.0000	1.0000
Temperature: (C)	137.2	137.2	137.2
Pressure: (bar)	15.40	15.40	15.40
Molar Flow (kgmole/h)	1153	0.0000	1153
Mass Flow (kg/h)	8.258e+004	0.0000	8.258e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	132.2	0.0000	132.2
Heat Flow (kcal/h)	-4.231e+007	0.0000	-4.231e+007
Boilup			
	Overall	Vapour Phase	
Vapour/Phase Fraction	1.0000	1.0000	
Temperature: (C)	145.9	145.9	
Pressure: (bar)	15.40	15.40	
Molar Flow (kgmole/h)	1021	1021	
Mass Flow (kg/h)	7.274e+004	7.274e+004	
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	116.6	116.6	
Heat Flow (kcal/h)	-3.299e+007	-3.299e+007	
Condensat			
	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Vapour/Phase Fraction	0.0000	0.0000	1.0000
Temperature: (C)	145.9	145.9	145.9
Pressure: (bar)	15.40	15.40	15.40
Molar Flow (kgmole/h)	131.8	0.0000	131.8
Mass Flow (kg/h)	9835	0.0000	9835
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	15.54	0.0000	15.54
Heat Flow (kcal/h)	-4.919e+006	0.0000	-4.919e+006

Interprétation des résultats

Tableau IV.13. Comparés Les Principaux Résultats de Calcul

Les différents cas paramètres	Capacité normale	Capacité Etudiée (simulée)
Débit d'alimentation (Kmole/h)	28009,73	33611,67
Charge de la colonne T-02 (Kmole/h)	1287,68	1545,21
GPL Produit (Kmole/h)	1177,86	1413,43
Condensat produit (Kmole/h)	109, 82	131,78
Diamètre de la Colonne T-02 (m)	2,35	2,57
Hauteur de la colonne T-02 (m)	28,33	28,44
Nombre de Plateaux de la colone T-02	35	35
Débit de reflux (Kmole/h)	530.1	639.1
Quantité de chaleur à retirer par le condenseur (Kcal/h)	6.251e+006	7.511e+006
Quantité de chaleur à apporter par le rebouilleur (Kcal/h)	3.648 e+006	4.394 e+006
Diamètre du ballon de Reflux V-11 (m)	2,33	2,47
Longueur du ballon de reflux V-11 (m)	7,73	7,93

D'après les résultats cités ci-dessus et les bilans matières et énergétiques, on peut tirer les conclusions suivantes:

- La possibilité d'augmenter la capacité de traitement jusqu'à 20% en gardant les mêmes paramètres opératoires de Design (pression, température) sans avoir des perturbations.
- Cette capacité de l'unité est maximale, Les dimensions de la colonne (T02) et du ballon (V11) sont très proches des spécifications du constructeur.
- Le fonctionnement avec une capacité supérieure à cette dernière exige:

1)-Augmentation de la température de l'huile de rebouillage mais ça provoque un arrêt du four (H201) à cause de la haute pression du fuel-gaz consommé dans le four.Cette pression est caractérisée par un point de consigne égale à 2 bars.

2)-Augmentation du taux de condensation dans l'aérocondenseur (AE- 02), en variant l'angle des palettes de ventilateurs (HIC- 1037), mais le volume du ballon de tête (V11) est insuffisant pour garder toute la quantité du liquide formé ce qui provoque l'ouverture de la vanne de régulation de niveau (LV-01) vers le bourbier.

Conclusion et recommandation

Malgré que l'augmentation de la capacité de traitement influe sur l'équipement car elle diminue sa durée de vie, son avantage majeur reste dans l'exploitation en quantités intéressantes des matières premières ce qui conduit à l'obtention d'un taux élevé des produits livrables à la consommation dont les recettes en devises seront importantes par rapport leur exportation à l'état brut.

Il faut noter aussi que la production au niveau de l'usine d'extraction de GPL Phase- B dépend des facteurs suivants :

- L'humidité des sécheurs de la phase –A- (mauvaise déshydratation).
- La haute pression gazoduc (70 bars pour le gaz commercial) vers le terminal (Arzew, Skikda).
- La haute pression LR1 (47bars) (l'expédition du GPL suit le stade terminal) provoque le déclenchement des stations DTR.
- En été, la réduction de la charge du gaz d'entrée des turbines, permet un meilleur contrôle de la température des gaz d'échappement et éviter le déclenchement de cette turbine.

Enfin, on recommande de travailler à capacité maximale de traitement pour les petites périodes (arrêt d'un train, ouverture d'un train pour la révision) et d'augmenter la capacité dans un intervalle [1 à 20%] par rapport à la capacité actuelle suivant les besoins pour les longues périodes de fonctionnement.

ANNEXE.A

Sécurité industrielle

1)- Introduction:

La sécurité industrielle est l'ensemble des moyens humains, matériels et organisationnels, mise en œuvre pour que le travail se déroule sans risque aussi bien pour l'être humain que pour l'environnement et matériel. Donc la sécurité favorise la production d'une façon indirecte. Les accidents liés au GPL sont des accidents très destructeurs, entraînant souvent des sinistres graves faisant parfois des victimes et causant d'importants dégâts matériels et une atteinte à l'environnement.

2)-Risques des GPL:^[1]

2.1)-Fuites de GPL:

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

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

2.2)-Feux de GPL:

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

3)-Protection anti-incendie: ^[1]

- Détection gaz
- Détection incendie
- Ignéfugeage
- Système déluge
- Injection de mousse
- Autres moyens : Moyens fixes du réseau incendie, Moyens mobiles, Moyens tractables, Vêtements ignifugeetc.

4)-Risques des GPL sur la santé: ^[1]

4.1)-Inhalation de vapeur de GPL: L'inhalation de vapeur de GPL, à concentration élevée peut entraîner des phénomènes de somnolence, ébriété, narcose, et dans les cas extrêmes, le coma (par manque d'oxygène).

4.2)-Contact avec la peau :

L'effet résultant de l'évaporation rapide, notamment les liquides, au contact de la peau, peut causer des brûlures par le froid.

4.3)-Premiers secours :

★ En cas d'inhalation de GPL :

- Faite évacuer la victime à l'air libre.
- Prodiguer les premiers soins.
- appeler un médecin en urgence.

★ En cas de brûlure par le froid :

- ne pas déshabiller.
- Arroser la partie touchée à l'eau tiède.
- allonger et couvrir la victime.
- Évacuation en urgence.

5)-Recommandations et consignes de sécurité : ^[1]

- Information et formation de tout le personnel sur site, notamment l'exploitant exposés au risque, sur les risques des hydrocarbures ;
- Études de risque et de danger;
- Port des équipements de protection individuelle ;
- Maîtrise des sources d'étincelle (caractère ADF, accès véhicule, vêtement synthétique, travaux à chauds);
- Inspection des équipements sensibles (corrosion, érosion) par mesure d'épaisseur par exemple;
- Gestion rigoureuse (inspection, test et entretien) des :
 - Sécurité process ESD & EDP des installations;
 - Systèmes de sécurité (détection gaz/incendie, système déluge et moyens mobiles);
- Renforcement des systèmes de sécurité :
 - Projet d'applications d'ignifuge sur les équipements sensibles;
 - Projet d'installation d'injection mousse sur les capacités de GPL;
 - Acquisition des émulseurs synthétique en quantité suffisante;
- Exercices de simulation sur les nouvelles techniques d'intervention et d'évacuation;

ANNEXE.B

Généralités sur la simulation

1)- Généralités sur la simulation:^[10]

La simulation est une forme particulière de l'expérience, dans une expérience ordinaire (au laboratoire), l'expérimentateur exerce une action directe sur l'objet à étudier, par contre, dans la simulation, ce contact n'existe pas en ce sens que l'expérimentateur n'agit pas directement sur l'objet mais sur son modèle mathématique.

La simulation est l'utilisation d'un modèle mathématique adéquat pour étudier le comportement d'un système physique.

Un modèle mathématique est un ensemble d'équations qui décrivent le comportement d'un système à étudier (opération unitaire). Ces équations sont souvent des relations de conservation de masse, d'énergie et des équations de conservation de quantité de mouvement.

En utilisant cet aspect mathématique de raisonnement, la simulation offre un avantage majeur et important, car elle fournit une bonne approche du comportement du système réel. de nos jours, vu le développement considérable de logiciels informatiques, la simulation est devenue un outil de travail indispensable pour l'ingénieur de génie chimique.

Le fonctionnement d'un simulateur est basé essentiellement sur le choix d'un modèle thermodynamique représentant mieux le système à étudier.

Les différentes tâches qu'un simulateur de procédé devrait effectuer sont :

- La résolution des bilans de matière et d'énergie ;
- Le dimensionnement des équipements ;
- L'évaluation économique du procédé ;
- L'optimisation du procédé ;

2)-Equations d'état usuelles:^[10]

Equation de SOAVE et de PENG ROBINSON:

Les équations de SOAVE (1972) et PENG ROBINSON (1976) diffèrent de l'équation de REDKICH-KWONG par l'introduction d'une fonction $a(T)$ qui dépend du facteur acentrique.

L'équation de SOAVE est de la même forme générale que l'équation (1)

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b)} \dots \dots \dots (1).$$

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

$$a(T) = a_c \alpha(T_R) \dots \dots \dots (2).$$

Avec :

$$\alpha(T_R) = \left[1 + m(1 - \sqrt{T_R}) \right]^2 \dots \dots \dots (3).$$

Le coefficient m est calculé en fonction du facteur acentrique " ω " :

$$m = 0.480 + 1.574\omega - 0.176\omega^2 \dots \dots \dots (4).$$

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

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b)+b(V-b)} \dots \dots \dots (5).$$

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

$$a = 0.45724 \frac{R^2 T_C^2}{P_C} \alpha(T_R) \dots \dots \dots (6).$$

Le terme $\alpha(T_R)$ présente la même forme générale que dans le cas de l'équation de SOAVE. Il suit la relation (3), mais la fonction reliant le paramètre m au facteur acentrique ω est différente :

$$m = 0.37464 + 1.54226\omega - 0.26992\omega^2 \dots \dots \dots (7).$$

$$b = 0.0778 \frac{RT_C}{P_C} \dots \dots \dots (8).$$

Ces équations sont très largement utilisées dans les modèles de simulation, en production et traitement de gaz.

L'équation la plus recommandée pour les systèmes d'hydrocarbures est l'équation de PENG ROBINSON, car elle résout correctement les problèmes d'équilibre et permet de prédire des densités liquides plus en accord avec les valeurs réelles que les autres équations.

3)-Description du simulateur HYSYS: ^[10]

Le HYSYS est un logiciel de simulation des procédés de génie chimique, développé par la société canadienne HYPROTECH. Il a été conçu pour permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant de la séparation bi, triphasique simple jusqu'à la distillation et la transformation chimique.

Le logiciel HYSYS est un outil de dimensionnement utilisé pour s'assurer que les conceptions optimales sont identifiées. Il est aussi utilisé pour modéliser les unités existantes et assurer que les équipements sont par spécification performants, ainsi évaluer et améliorer les procédés existants.

Les ingénieurs engagés dans l'engineering de design utilise le logiciel HYSIS pour faire des calculs rapides en utilisant des modèles efficaces et des techniques optimales.

La simulation par HYSYS réduit les coûts de l'engineering par :

- Des calculs rapides de différents designs en utilisant des modèles efficaces et des techniques optimales pour s'assurer que les équipements du procédé sont correctement spécifiés afin de délivrer les caractéristiques du produit voulues aux rendements de la production désirée.
- Création de modèles qui peuvent être appliqués durant le fonctionnement de l'unité à partir du design de conception jusqu'aux détails : Estimation, formation et optimisation.

Références bibliographiques

- [1]. Berrhail Adel - Benbouras – Abdelkarim (2007) Etude De Vérification De Débutaniseur T02 De L'unité D'extraction De GPL A Rhourde Nouss Pour Une Augmentation De 20% De Capacité De Traitement, Mémoire D'Ingéniorat, Université De Boumerdes.
- [2]. Alexandre ROJEY, « gaz naturel, production, traitement et transport », Paris 1994.
- [3]. M. LAGIER.E , traitement du gaz naturel, « ENSPM Formation Industrie - Forage " Production " Gisement. », 30 et 31 octobre 2000.
- [4]. conférence sur le GPL. Hassi Massoud .janvier 2000.
- [5]. "Pétrole et énergie 1995", Comité Professionnel du Pétrole, Tour Corosa, B.P. 282, 92505 Rueil-Malmaison, Juin 1996.
- [6]. Revue trimestriel de Sonatrach,
«Séminaire sur le développement et la production du GPL », Mars 1997.
- [7]. P. WUITHIER : Raffinage et génie chimique, Tome II, 2^{ème} édition 1972 –Paris.
- [8]. J.CRABOL ,Transfert de matière et transfert de chaleur,.
- [9]. Bureau du formation de la région de RHOURE-NOUSS.
- [10]. Kerkoud Abderazak - Abdelgueni Abdelhamid(2006 - 2007). Étude de l'effet de l'augmentation de la charge GPL (10%) sur l'unité de production du propane dans le module commun Champ de Hassi R'mel, Mémoire D'Ingéniorat, Université De Boumerdes.
- [11]. www.ufip.fr

Résumé

L'énergie fait partie de l'univers dans lequel nous vivons. On ne le voit pas, mais on peut observer ses effets, L'énergie peut être renouvelable ou non renouvelable.

Le charbon, le pétrole et le gaz naturel sont les principales énergies non renouvelables. Ces sources d'énergie sont souvent appelées énergies fossiles, car elles sont issues de la décomposition des végétaux. Elles se forment très lentement dans les sous sols de la terre.

Pendant longtemps, le gaz naturel a été considéré comme un sous-produit du pétrole, il était brûlé à la torche sur de nombreux gisements. Il a commencé à être utilisé aux Etats-Unis, dans l'industrie d'abord, puis pour des usages domestiques en se substituant peu à peu au gaz manufacturé.

Le gaz naturel joue un rôle énergétique croissant au niveau mondial. En raison de ses avantages économiques et écologiques, le gaz naturel devient chaque jour plus attractif pour beaucoup de pays. Les propriétés de ce produit, comme par exemple le faible intervalle de combustion le caractérisant, en font l'une des sources d'énergie les plus fiables connues à ce jour. Actuellement, il représente la deuxième source d'énergie la plus utilisée après le pétrole.

L'Algérie est l'un des pays les plus importants dans le domaine des hydrocarbures et ses dérivés, elle est classée le 3^{ème} exportateur mondial de gaz naturel .

Mots Clés : GPL, gaz naturel, champ de Rhourde-Nouss, colonne de rectification, simulation

ملخص

الطاقة هو جزء من الكون الذي نعيش فيه نحن لا نرى ذلك، ولكن يمكننا أن نلاحظ آثاره، و يمكن أن تكون الطاقة متجددة أو غير متجددة.

الفحم والنفط والغاز الطبيعي هي أهم الطاقة الغير متجددة ، غالبا ما تسمى هذه المصادر للطاقة الوقود الأحفوري لأنها تأتي من تحلل النباتات ، وهي تتشكل ببطء شديد في الطابق السفلي من الأرض.

لسنوات اعتبر الغاز الطبيعي كمنتج ثانوي من النفط ، ودخل في العديد من المجالات حيث بدأ استخدامه في الولايات المتحدة في الصناعة أولا ، ثم بعد ذلك للأغراض المنزلية والمعامل.

الغاز الطبيعي يلبي الطاقة العالمية المتزايدة، لما له من فوائد اقتصادية وبيئية، والغاز الطبيعي أصبح أكثر جاذبية لكثير من البلدان لخصائصه، مثل نطاق منخفض من خاصية الاحتراق، مما يجعلها واحدة من مصادر الطاقة الأكثر موثوقية المتاحة حتى الآن، حاليا الغاز الطبيعي هو مصدر الطاقة الثاني الأكثر استخداما بعد النفط.

الجزائر هي واحدة من أهم الدول في مجال النفط والغاز ومشتقاته، فهي تحتل المرتبة الثالثة من أكبر المصدرين للغاز الطبيعي.

الكلمات المفتاحية : غاز البترول المسال، الغاز الطبيعي، حقن غرد النص، تصحيح العمود، المحاكاة