



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمزة لخضر - الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar- EL Oued

كلية التكنولوجيا

Faculté de la Technologie

قسم هندسة الطرائق والبتروكيماويات

Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en génie de Raffinage Spécialité : Génie de Raffinage

Sujet de la mémoire :

Vérification des performances de la colonne de débutaniseur au niveau de la
section GPL Rhourde-Nouss

Présenté par :

- Belgot Ismail
- Berrabah Bilal

Soutenue le : 23/09/2021

Devant le jury composé de :

Dr : Ferhat Mohammed Fouad

Président

Dr : Belghit Yazid.

Examineur

Dr : Bilel Khaled

Encadreur

Année universitaire 2020/2021



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمزة لخضر - الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar- EL Oued

كلية التكنولوجيا

Faculté de la Technologie

قسم هندسة الطرائق والبتروكيمياء

Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en génie de Raffinage Spécialité : Génie de Raffinage

Sujet de la mémoire :

**Vérification des performances de la colonne de débutaniseur au niveau de la
section GPL Rhourde-Nouss**

Présenté par :

- Belgot Ismail
- Berrabah Bilal

Soutenue le : 23/09/2021

Devant le jury composé de :

Dr : Ferhat Mohammed Fouad

Président

Dr : Belghit Yazid.

Examineur

Dr : Bilel Khaled

Encadreur

Année universitaire 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail:

aux réserve d'amour , de tendresse , de patience et de générosité

à nos chères mères.

à ceux desquels nous apprenons le vrai sens de la vie :

La résistance, la persévérance et la prudence

à nos chers pères.

à ceux qui sont notre support dans la vie à nos frères et sœurs.

*à notre directeur de recherche, pour tous ses efforts, ses conseils
et ses encouragement, pour sa disponibilité, sa bonté et sa
patience.*

*à tous ceux qui font partie de notre promotion de la faculté de la
Technologie.*





Remerciement

Avant tout et en premier lieu, nous remercions ALLAH, notre créateur qui nous a donné le courage, la volonté, la force ainsi que la patience pour accomplir ce modeste travail.

Nous adressons nos profonds remerciements à notre encadreur Mr. Khaled Bilel pour son aide, sa disponibilité, ses précieux conseils et ses remarques pertinentes durant toute la période de préparation de ce travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants du département de Génie des procédés et Hydrocarbures, qui nous ont aidées par le fruit de leur connaissance pendant toute la période de nos études.

Nous adressons également nos vifs remerciements à tout le personnel de l'unité GPL de RHOURDE NOUSS et en particulier le personnel de département Exploitation.

En fin notre reconnaissance va à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions.

Résumé

ملخص :

تم تصميم مرافق مصنع غاز البترول المسال لاستعادة غاز البترول المسال والمكثفات المتبقية في الغاز من المرحلة أ (معالجة الغاز واستعادة المكثفات) . أدى استغلال حقل رود الناس (الغاز والمكثفات) بمرور الوقت إلى انخفاض ثراء المنتجات الثقيلة. أثر هذا الانخفاض في الثراء على إعدادات تشغيل الوحدة يتمثل عملنا في إجراء حساب تحقق من خلال طريقة التحجيم التقريبية على عمود نزع البوتان (T-02) ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع التصميم، لضمان الأداء الصحيح للعمود.

الكلمات المفتاحية: غاز البترول المسال، المكثفات، عمود نزع البوتان (T-02)، طريقة التحجيم التقريبية.

Résumé:

Les installations de l'usine de GPL sont conçues pour récupérer du GPL et du condensat restant dans le gaz provenant de la phase A (traitement de gaz et récupération de condensât).

L'exploitation du gisement de RHOURE NOUSS (gaz et condensât) avec le temps a conduit à une diminution de la richesse en produit lourd. Cette diminution de la richesse a influencé les paramètres de fonctionnement de l'unité.

Notre travail consiste à faire un calcul de vérification par méthode de dimensionnement approximative sur la colonne débutaniseur (T-02) et de comparer les résultats obtenus avec celle de design, pour s'assurer le bon fonctionnement de la colonne.

Mots Clés : GPL, Condensât, Colonne débutaniseur (T-02), Méthode de dimensionnement approximative.

Abstract:

The LPG plant facilities are designed to recover LPG and condensate remaining in the gas from phase A (gas treatment and condensate recovery). The exploitation of the RHOURDE NOUSS field (gas and condensate) over time has led to a decrease in the richness of heavy product. This decrease in richness influenced the operating parameters of the unit.

Our work consists in making a verification calculation by approximate sizing method on the debutaniser column (T-02) and comparing the results obtained with the design one, to ensure the correct functioning of the column.

Keywords: LPG, Condensate, Debutanizer column (T-02), Approximate sizing method.

Sommaire

Sommaire

Résumé	
Liste de figures	
Liste de tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la région Rhourde Nouss	
I.1. Introduction	3
I.2. Présentation de la région de Rhourde Nouss	3
I.2.1. Situation géographique	3
I.3. Historique	4
I.4. Organisation de la direction régionale de Rhourde Nouss	4
I.5. Description des complexes de Rhourde Nouss	4
I.5.1. Capacité globale de production de Rhoude-Nouss	5
I.5.2. Réseaux collectes	6
I.6. Description de la phase A	6
I.6.1. Description de l'unité 01	6
I.6.2. Description de l'unité 02 (slug catcher)	6
I.6.3. Description de Train 10	6
I.6.4. Station de compression et de reinjection	7
I.7. Description de Phase B (GPL)	8
I.7.1. Charge et Produits	8
I.7.2. Caractéristiques de l'alimentation	9
I.7.3. Objectif des installations	9
I.8. Description de l'usine de CSC	10
I.8.1. Charge et Produits	11
I.8.2. Unités composant le Centre de Séparation et de Compression (C.S.C.)	11
I.9. Description de l'usine de CPF	12
I.10. Conclusion	12
Chapitre II : Généralités Sur GPL	
I.1. Introduction	13

II.2. Définition de GPL	13
II.3. Origine des GPL	13
II.3.1. Fractions lourdes de l'extraction de gaz naturel	13
II.3.2. Fractions légères du raffinage du pétrole	13
II.4. Propriétés des GPL	14
II.5. Caractéristique générale de GPL	14
II.5.1. Les caractéristiques du GPL commercial	15
II.5.2. Propane l'hiver, butane l'été	16
II.6. Domaines d'utilisation du GPL	16
II.6.1. Le GPL comme carburant	16
II.6.2. Le GPL dans la Pétrochimie	17
II.6.3 .Le GPL dans les ménages	17
II.6.4 .Le GPL dans la production d'électricité	17
II.6.5. Le GPL dans la climatisation	17
II.6.6 .Le GPL dans L'agriculture	17
II.7. SONATRACH et le gaz	18
II.8. Production mondiale de GPL	18
II.9. Production nationale des GPL	19
II.10. La demande nationale en GPL	19
II.11. Stockage et distribution des GPL	20
II.12. Description du procédé de GPL de Rhourde Nouss	21
II.12.1. Objectif des installations	25
II.12.2. Mode de fonctionnement	26
II.12.3. Pipelines	26
II.12.4. Section Commune	27
II.12.5. Compresseurs de surpression	27
II.12.6. Compresseurs de gaz de vente	27
II.12.7. Stockage de produit GPL	28
II.13. Conclusion	28
Chapitre III : Les Colonnes De Distillation	
III.1. Introduction	29
III.2. La théorie de distillation	29
III.3. Définition et principe de fonctionnement d'une colonne de distillation	29
III.4. Eléments constitutifs d'une colonne de distillation	30

III.5. Les différents types de colonnes de distillation	31
III.5.1. Colonnes à plateau	32
III.5.1.1. Principe d'action	32
III.5.1.2. Différents types de plateau	32
III.5.1.3. Avantage et inconvénients des plateaux	36
III.5.2. Colonnes à garnissage	36
III.5.2.1. Principe d'action	37
III.5.2.2. Avantage et inconvénients des colonnes à garnissage	38
III.6. La colonne débutaniseur T-02	39
III.7. Conclusion	40
Chapitre IV : Calcul Par Méthode De Dimensionnement Approximative	
IV.1. Introduction	41
IV.2. Méthode de dimensionnement approximative	41
IV.2.1. Données du problème	41
IV.2.2. Débit et composition du distillat (D) et du résidu (R)	42
IV.2.3. Détermination des pressions dans les différentes zones de la colonne	42
IV.2.4. Détermination de la température aux différentes zones de la colonne	43
IV.2.5. Taux de vapeur et composition des phases vapeur et liquide de l'alimentation	44
IV.2.6. Nombre de plateaux théorique dans la colonne	44
IV.2.7. Calcul du diamètre de la colonne (Dc)	46
IV.2.8. Calcul de la hauteur totale de la colonne	48
IV.3. Comparaison entre cas design réelet cas calculé	48
IV.4. Conclusion	49
Conclusion générale	50
Références bibliographiques	51
Annexe	52

LISTE DE FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure I.1	Situation géographique de la région Rhourde Nouss	3
Figure I.2	Traitement de gaz dans la phase A	7
Figure I.3	Schéma simplifié de procédé des phases A et B	10
Figure II.1	Demande nationale en GPL	19
Figure II.2	Vue extérieure de réservoirs sous pression	20
Figure II.3	Section de refroidissement et de séparation	22
Figure II.4	Section de fractionnement par dééthaniseur	23
Figure II.5	Section de fractionnement par débutaniseur	24
Figure II.6	schéma général de l'usine de GPL	25
Figure III.1	Schéma d'une colonne de distillation (à plateaux)	30
Figure III.2	Eléments constitutifs d'une colonne de distillation	31
Figure III.3	Le trop – plein	33
Figure III.4	Plateau à calottes (à cloches)	33
Figure III.5	Plateau perforé	34
Figure III.6	Plateau à clapets	35
Figure III.7	Plateau à fentes	35
Figure III.8	Colonne à garnissage et ces éléments internes	38
Figure III.9	La colonne débutaniseur T-02	40

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau I.1	Capacité de désigne du complexe RNS	5
Tableau I.2	Capacité de production de l'usine de GPL	9
Tableau II.1	Caractéristiques du GPL commercial	15
Tableau IV.1	La composition molaire de la charge	41
Tableau IV.2	Les compositions du distillat et du résidu	42
Tableau IV.3	Comparaison des résultats obtenus	48

LISTE DES ABREVIATIONS

RNS :	Rhourde-Nouss
RN1,4 :	Puits Rhourde-Nouss 1,4
HEH :	HAOUDH EL HAMRA
GPL:	Gaz de Pétrole Liquéfié
GNL:	Gaz Naturel Liquéfié
CPF:	Central Processing Facility
CSC :	Centre de Séparation et de Compression
TVR :	Tension de Vapeur Reid
PCI :	Pouvoir Calorifique Inférieur
PCS :	Pouvoir Calorifique Supérieur
P :	Pression (bar)
MP :	Moyen Pression,
BP :	Basse Pression,
TBP :	Très Basse Pression
T :	Température (°C)
On Spec :	On Spécification
Off Spec :	Off Spécification
EC-01:	Turbo-expander
C (01-02) :	Compressor
V (08-09-10-11-12-13) :	Ballons de séparation
E (01-02-03-06-09-10-11) :	les échangeurs de chaleur

T-01 :	Colonne Dééthaniseur
T-02 :	Colonne Débutaniseur
RYC :	Recycleur
P-03/ A/B :	Pompes de reflux
H-203 :	Four
PV :	Vanne de régulation de Pression
FV-1004 :	Vanne Joule Thomson
TV-0051 :	Vanne de régulation de Température
AE (02-03-04-05-06) :	Les aérorefroidisseurs
900-P-101 A/B/C :	Pompes de pipeline (vers stockage)
900-TK-101 A/B/C :	Sphères de stockage de GPL on spec
900-P-103 :	Pompe de transfert de GPL vers off spec
900-TK-102 :	Sphère off spec
Sm ³ /j :	Standard Mètre Cube par Jour.
MMSM ³ /j :	Million Standard Mètre Cube par Jour.
MW :	MégaWatt (Unité de puissance électrique valant 1 million de watts).
T/j :	Tonne par Jour.
Kg/cm ² :	Kilogramme par centimetre carré (c'est une mesure de pression appelée atmosphère technique).
Kcal/kg :	Kilocalorie par kilogramme (conduisait à mesurer la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C la température de 1 kilogramme d'eau).

Introduction Générale

Introduction Générale

Le gaz naturel joue un rôle énergétique croissant, l'importance de ses réserves et les avantages qu'il présente sur le plan de l'environnement favorisent son utilisation.

Les frais opératoires de production, de traitement et surtout de transport du gaz naturel restent toutefois élevés et représentent un handicap. Cette difficulté est d'autant plus réelle lorsque les réserves de gaz naturel situées en mer ou dans des zones difficiles à atteindre.

Le gaz naturel à sa sortie des puits n'est pas directement utilisable avant qu'il ne soit pas traité et débarrassé de ses impuretés. Le traitement du gaz naturel consiste à séparer au moins partiellement certains des constituants présents à la sortie des puits tel que l'eau, les gaz acides et les hydrocarbures lourds.

Durant la dernière vingtaine d'années, une nouvelle énergie a réussi à se frayer un chemin à côté du pétrole et du gaz naturel il s'agit des gaz du pétrole liquéfié (GPL). Grâce à leurs atouts d'énergie propre et transportable, les GPL ont réussi à pénétrer des secteurs aussi divers que la pétrochimie, l'agriculture, l'industrie et l'automobile. Aujourd'hui le GPL est considéré comme une grande source d'énergie qui présente plusieurs avantages. Depuis 1995 la SONATRACH a lancé un programme de développement et d'augmentation de la production de GPL avec des normes de commercialisation.

Le rôle essentiel de l'unité GPL de RHOURE NOUSS est de l'extraction de GPL et du condensat du gaz venant de l'usine de traitement de gaz et de stabilisation de condensat.

Le suivi avec le temps les paramètres de marche de l'unité est une nécessité afin d'assurer le fonctionnement de l'unité dans les meilleures conditions.

Dans le but de vérifier les bons paramètres de fonctionnement de l'unité GPL, nous allons faire une étude de vérification de ces paramètres sur la colonne dé-butaniseur (T-02) pour vérifier le bon fonctionnement de l'unité afin de maximiser les profits de l'unité en atteignant les objectifs fixes en termes de production du GPL et du condensat.

Dans la présentation de notre travail nous avons la première partie ,un chapitre sur la synthèse bibliographique dans laquelle nous présentons la région d'étude de RHOURE-NOUSS. Ensuite, la deuxième partie traite les généralités sur le GPL.La troisième partie concerne des généralités sur les colonnes. Et la quatrième partie c'est une partie de calcul par méthode de dimensionnement approximative pour atteindre notre objectif, dans ce partie nous

Introduction Générale

présentons les résultats obtenus et faire une comparaison avec les données de constructeur et les paramètres opérationnels.

Enfin nous terminons par une conclusion générale qui résume les résultats de notre travail.

Chapitre I :
Présentation de
la région
Rhourde Nouss

I.1. Introduction :

Le gaz naturel se trouve sous pression, dans les roches poreuses du sous-sol, on le trouve généralement en solution avec du pétrole brut ou du condensât.

Le gaz naturel est un mélange souvent très riche en méthane, il contient généralement en proportions décroissantes tous les hydrocarbures saturés. En outre, il renferme également en proportions variables de l'azote, du gaz carbonique, ainsi que de l'eau. La présence de l'eau dans le gaz naturel provoque beaucoup de problèmes lors de son traitement, ce qui nécessite une déshydratation de ce dernier.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la présentation de la région de Rhourde Nouss.

I.2. Présentation de la région de Rhourde Nouss :

I.2.1. Situation géographique :

La région de RHOURE-NOUSS fait partie de la Wilaya d'ILLIZI, elle est située à 350 km au Sud-est de OUARGLA, à 1200 km au Sud-est d'ALGER et à 270 km au Sud-est de HASSI MESSAOUD. Elle est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI).

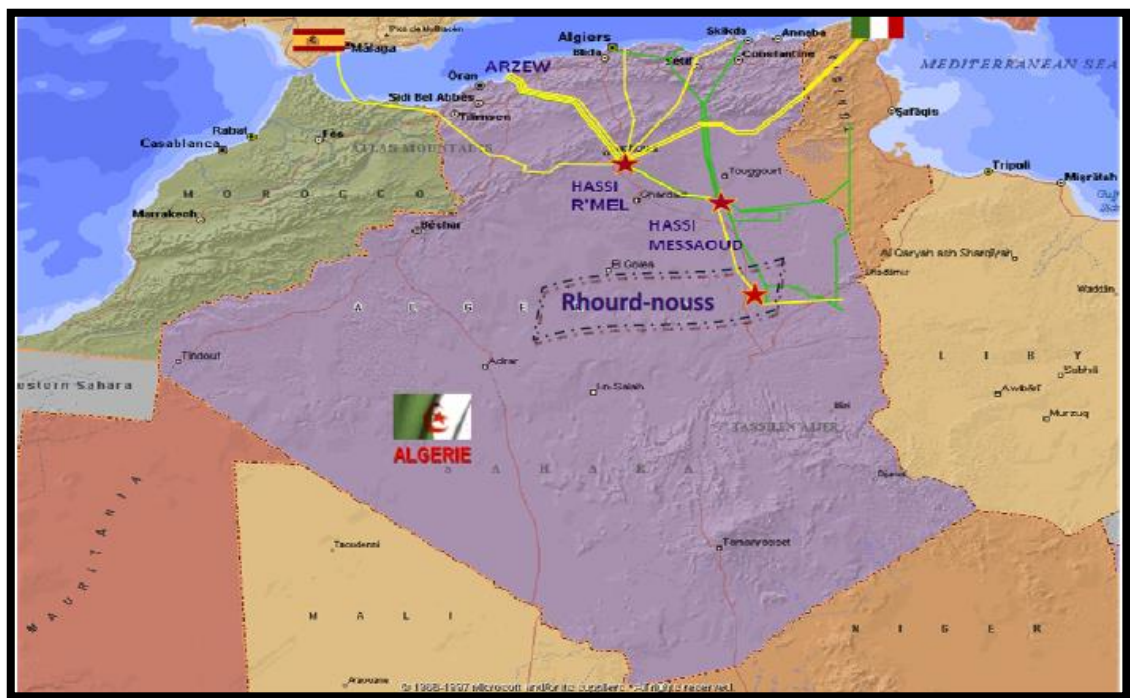


Figure I.1 : Situation géographique de la région Rhourde Nouss.

- 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).
- Fréquence importante des vents de sable.

La région de RHOURE NOUSS est composée de plusieurs champs (Gisements) sur un rayon de 100 km par rapport au siège de la direction régionale qui est située dans le champ de RHOURE NOUSS centre [1].

I.3. Historique :

Les travaux de recherche sur cette région ont débuté en 1956 par la compagnie EL paso France Afrique avec l'implantation de premier puit RN1, qui a été foré en 1962, celui-ci a mis en évidence la présence de gaz riche en condensât au niveau de plusieurs réservoirs.

Après la découverte de l'huile sur le puits RN4, un centre de traitement d'huile a été construit et mis en exploitation en 1966 [1].

I.4. Organisation de la direction régionale de Rhourde Nouss :

La direction régionale est constituée de différentes divisions :

- Division instrumentation et production.
- Division exploitation.
- Division maintenance.
- Division sécurité.
- Division réalisation.
- Division finance.
- Division achat et transport.
- Division personnel.
- Division intendance.

I.5. Description des complexes de Rhourde Nouss :

Le complexe de traitement du brut et du gaz naturel de Rhourde-Nouss a pour but de séparer et récupérer le GPL et le condensât dissous dans le gaz naturel brut ainsi que la production et la stabilisation du brut.

Le complexe contient plusieurs usines et stations comme suite :

- Trois usines de traitement du gaz humide :

- La phase A (l'usine d'extraction de condensât) : Traitement de 51 million Sm³/j pour récupérer le condensât.
 - La phase B (l'usine de GPL) : Traitement de 48.3 million Sm³/j pour récupérer le GPL, et quelques traces de condensât.
 - Le cinquième train (l'usine de CPF) : Traitement de 10 million Sm³/j pour récupérer condensât et éliminer le CO₂.
- Un centre de traitement d'huile (l'usine de CSC) : d'une capacité de 1058 m³/j. Il consiste à séparer l'huile, l'eau et le gaz, et à envoyer le brut vers HEH (Haoud El Hamra) et le gaz vers la phase A.
- Un réseau de collectes : contient 37 manifolds
- Une centrale électrique produit 21 MW de l'énergie propre pour la région.

I.5.1. Capacité globale de production de Rhoude-Nouss :

Le tableau I.1 représente la capacité de production du champ de Rhoude-Nouss. Selon le design :

Tableau I.1 : Capacité de désigne du complexe RNS [1]

Produits	Quantités
Gaz brut	51 millions SM ³ /j.
Réinjection	75% environ, soit 32 millions SM ³ /j gaz sec.
Commercialisation	20 MMSM ³ /j.
GPL	3986 T/j.
Condensât	5000 T/j.
Pétrole brut	500T/j.

I.5.2. Réseaux collectes :

Cette production est assurée par un certain nombre de puits producteurs et injecteurs de gaz, un ensemble de manifolds est cité ci-dessous :

- Nombre des puits producteurs de gaz : 70.
- Nombre des puits injecteurs de gaz : 36.
- Nombre des puits d'huile : 16.
- Nombre des manifolds : 37 [1].

I.6. Description de la phase A :**I.6.1. Description de l'unité 01 :**

L'unité 01 est essentiellement composée des puits producteurs du gaz riche, le but de l'unité est de fournir une quantité suffisante de produits aux unités de traitement successives.

Le gaz sort du puit producteur grâce à la pression qui se trouve dans le gisement.

I.6.2. Description de l'unité 02 (slug catcher) :

L'unité 02 reçoit par le réseau de collecte (11 collecteurs venant des puits producteurs et 02 collecteurs venant du centre de séparation et compression) le gaz riche en condensât et en humidité.

Le gaz riche se sépare en phase gazeuse et en phase liquide dans le premier séparateur biphasé sous une pression de 77 kg/cm² et une température de 55 °C, ensuite les deux phases passeront dans un séparateur triphasé qui nous donnera 3 phases : gazeuse, condensât et eau.

Le gaz et le condensât sont partagés sur les 5 unités de traitement 10, 20, 30, 40 (qui sont identiques) et 70 qui traite uniquement le gaz, tandis que l'eau est envoyée dans l'unité 85 qui traite les eaux huileuses. La pression d'entrée du gaz dans cette unité est de 78 kg /cm² à 55 °C, cette unité peut traiter 1 648 413 kg du gaz brut par heure.

I.6.3. Description de Train 10 :

Le gaz venant de l'unité 02 entre dans la partie supérieure du ballon séparateur d'où il sort sous contrôle de pression pour aller aux unités 10, 20, 30, 40 et 70. Si la pression est

élevée, on l'envoie aux torches chaudes, du méthanol est injecté dans la ligne qui va à la torche.

Le condensât avant d'être envoyé aux 4 unités de traitement (l'unité 70 traite uniquement le gaz), est filtré par les filtres dont deux sont en fonction et un est en réserve.

Etant donné que les 4 unités de traitement de gaz (10, 20, 30 et 40) sont identiques, on ne citera que l'unité 10.

L'unité 10 qui travaille en parallèle avec les unités 20, 30, 40 et 70 condense les hydrocarbures plus lourds. Les condensats sont ensuite fractionnés pour produire une gazoline, le gaz léger et le gaz lourd [1].

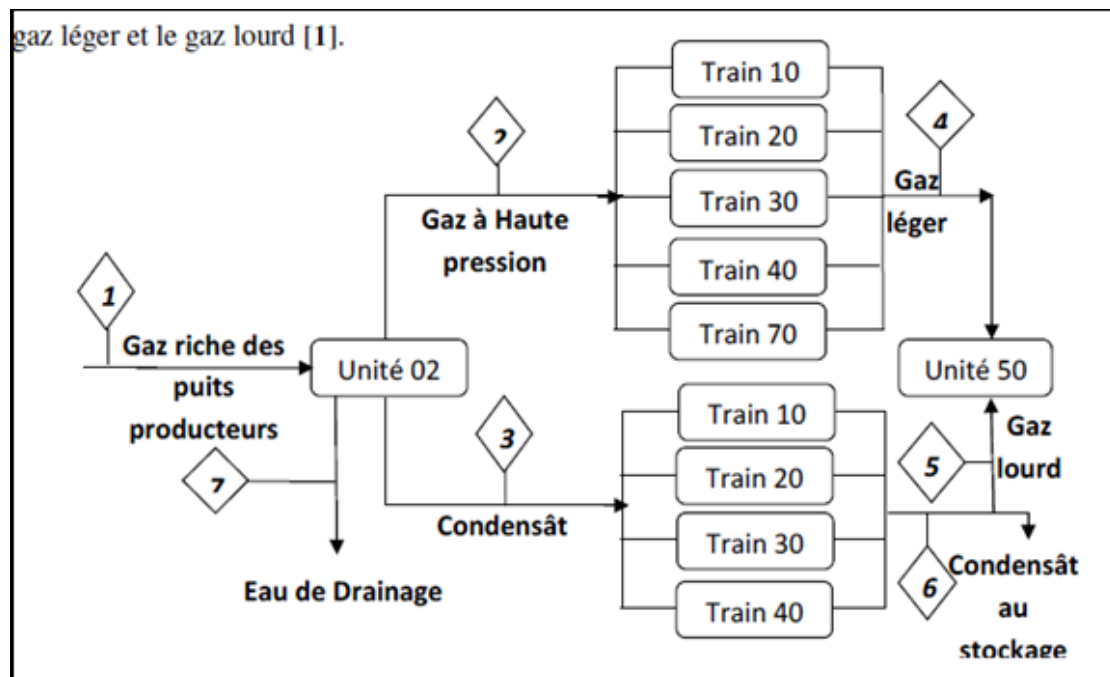


Figure I.2 : Traitement de gaz dans la phase A [1].

I.6.4. Station de compression et de réinjection :

Elle se compose de deux unités principales :

- **Unité 50** : Elle a pour but de compresser les gaz venant des trains de traitement de gaz brut, haute pression et basse pression, jusqu'à la pression d'aspiration de l'unité 60 qui est aussi la pression d'expédition vers l'unité de GPL (environ 94 kg/cm²).

- **Unité 60** : Le but de cette unité est de comprimer le gaz sec (pratiquement le méthane) venant de l'unité de traitement GPL jusqu'à la pression nécessaire pour la réinjection aux puits (environ 300 kg/cm²).

Notons que la lubrification de tous les équipements de la station de compression est assurée par un système centralisé de l'huile de lubrification à alimentation forcée, équipé de réfrigérants, filtres, soupapes et dispositifs de contrôle à protections diverses. On note aussi qu'une partie d'huile est conçue pour l'étanchéité [1].

I.7. Description de Phase B (GPL) :

Les installations de l'usine de GPL sont conçues pour récupérer les GPL contenus dans le gaz de vente produit par les installations de la phase A. Le gaz résiduaire est renvoyé aux installations de la phase A pour être dirigé vers la vente ou la réinjection. Quant au GPL produit, il est envoyé dans un pipeline vers HAOUDH ELHAMRA. Le condensât résultant du fractionnement est renvoyé aux installations de la phase A.

L'usine de GPL est composée de :

- Trois trains de fractionnement de GPL.
- Une aire de stockage et d'expédition de GPL composée de :
 - Trois sphères de GPL on-spec de 500 m³ chacune.
 - Une sphère de GPL off-spec de 500 m³.
- Une station de compression de gaz pour restituer son énergie de pression pour le renvoyer à la phase A à la même pression de départ (96 kg/cm²).

I.7.1. Charge et Produits :

La charge de la phase B est le gaz à traiter (environ 48,3 MMSM³/j). Le tableau I.2 représente les produits de la phase B :

Tableau I.2 : Capacité de production de l'usine de GPL [1]

Produits	Quantités
Gaz résiduel	46,2 millions SM ³ /j.
GPL produit	3986 T/j.
Condensât produit	611 T/j.

I.7.2. Caractéristiques de l'alimentation :

Les conditions du gaz à l'entrée de l'usine de GPL sont :

- Débit cumulatif pour les trois trains : 48,3. MMSM³/j.
- Pression : 94,68 bars.
- Température : 60 °C.
- Poids moléculaire : 19,3.

I.7.3. Objectif des installations :

Les installations de l'usine de GPL sont conçues pour récupérer les GPL contenus dans le gaz de vente produit par les installations de la phase A.

Le gaz résiduel est renvoyé aux installations de la phase A pour être dirigé vers la vente ou la réinjection. Quant au GPL produit, il est envoyé dans un pipeline vers HEH.

Le condensat résultant du fractionnement est renvoyé aux installations de la phase A [1].

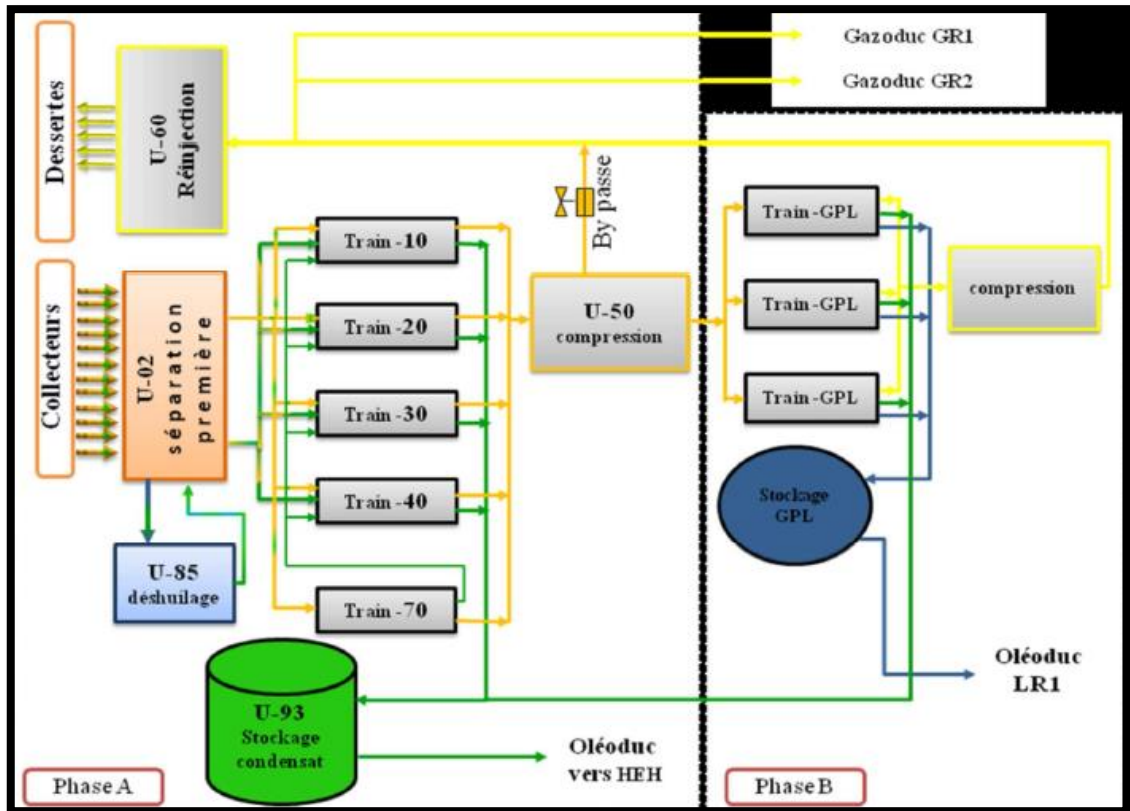


Figure I.3 : Schéma simplifié de procédé des phases A et B [1].

I.8. Description de l'usine de CSC :

Le Centre de Séparation et de Compression (**CSC**) a pour but de séparer l'huile, l'eau et le gaz provenant des 33 puits dans l'unité 500 qui sont regroupés suivant leur niveau de pression, ils sont connectés à trois séparateurs.

Les gaz provenant de la ligne de tête des trois séparateurs de différentes pressions MP (moyen pression), BP (base pression), TBP (très base pression) sont comprimés dans le système de compression, qui est de 83 bars efficace.

L'huile récupérée au séparateur TBP est expédiée au dessaleur de brut, puis elle est envoyée vers la colonne de stabilisation. Après le traitement, le brut dessalé et stabilisé provenant de la colonne est stocké dans le bac de stockage.

L'objectif prioritaire de cette installation est la production d'huile.

I.8.1. Charge et Produits :

Les capacités de production d'huile et du gaz sont les suivantes :

- Gaz : 8,7. MMSM³/j.
- Huile : 939-1058 Sm³/j.
- Teneur en CO₂ : 1,8 mol%.
- Pression du gaz de vente : 96 bar.
- Capacité de Conception : 11 MMSM³/j.

I.8.2. Unités composant le Centre de Séparation et de Compression (C.S.C):

Les usines composant le centre CSC sont les suivantes :

- unité 20 : Manifolds CSC, Séparateurs huile/gaz
- unité 21 : Dessaleur et colonne de stabilisation
- unité 22 : Stockage
- unité 23 : Compresseurs TBP et BP/MP
- unité 42 : Système d'injection des produits chimiques CSC
- unité 43 : Torche et fosse de brûlage
- unité 44 : Traitement eau de production
- unité 45 : Gaz combustible
- unité 50 : Eau brute / Eau de service
- unité 62 : Système Diesel
- unité 63 : Air instrument et air service
- unité 64 : Azote
- unité 69 : Traitement huile machines
- unité 71 : Système anti-incendie [1].

I.9. Description de l'usine de CPF :

La nouvelle installation CPF est conçue pour traiter 11 millions Sm³/jour de gaz (base sèche) provenant de 33 puits de production dans quatre champs dans la région de Rhourde Nouss.

L'usine a une production nominale de 10 millions Sm³/jour et produit du gaz résiduaire sec. Le mélange multi-phase de gaz, condensat et eau entre dans le slug catcher de l'usine à une pression opérationnelle normale d'environ 40 bar, à une température d'environ 50 °C et contenant jusqu'à 8,6 % molaire de CO₂. Dans le slug catcher, le gaz est séparé du Condensat et de l'eau libre.

Le gaz sec passe ensuite à travers une unité d'expansion où le condensat du gaz est séparé grâce à l'effet de refroidissement, selon les besoins, le gaz décarbonaté sec est comprimé à 96 bar et refroidi à 60 °C avant d'être mélangé au gaz de retour de l'usine GPL.

Le CPF est subdivisé en six sections :

- la séparation du mélange multiphasé (Slug Catcher).
- le traitement du gaz.
- la compression et la déshydratation du CO₂.
- le prétraitement du condensat instable.
- le traitement de l'eau produite (désuilage).
- les utilités [1].

I.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté la région de Rhourde Nouss afin de découvrir le monde professionnel d'une façon générale et l'industrie gazière particulièrement, d'avoir une idée générale sur le traitement et le recyclage du gaz, ainsi que le GPL et le condensât, d'acquérir une petite expérience sur le terrain et se familiariser avec les différents équipements utilisés dans le domaine gazier et de prendre conscience de l'importance des moyens mis par SONATRACH pour le développement de l'industrie gazière en Algérie.

Chapitre II :

Généralités Sur

GPL

II.1. Introduction :

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

II.2. Définition de GPL :

Le GPL (gaz de pétrole liquéfier), est un mélange gazeuse a température et de pression atmosphérique, constituée essentiellement de propane et de butane, et un peu de traces de méthane et d'éthane, il est liquéfier à faible pression (4 à 5 bar) pour faciliter son transport et stockage [4].

II.3. Origine des GPL : Le GPL provient de deux origines :

II.3.1. Fractions lourdes de l'extraction de gaz naturel :

Les champs de gaz (pour plus de 60%). En moyenne, un champ de gaz naturel fournit près de 90% de méthane (CH_4) mais aussi 5% de propane et 5 % d'autres gaz dont le butane. Schématiquement, on refroidit le gaz naturel extrait pour en séparer les différents constituants. On obtient alors des GPL (butane et propane à l'état liquide), alors que le méthane se trouve encore à l'état gazeux, ces gaz ayant des points de liquéfaction différents. Du butane et du propane sont également récupérés lors de l'extraction de pétrole, sous forme de gaz associés dissous (d'où l'appellation de « de gaz de pétrole » liquéfiés). Les pourcentages de butane et du propane contenus dans le gaz naturel et le pétrole brut sont très variables d'un gisement à un autre.

II.3.2. Fractions légères du raffinage du pétrole :

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

II.4. Propriétés des GPL :

Le propane et le butane sont naturellement gazeux à pression atmosphérique (1bar) et à température ambiante (15°C). Ils peuvent toutefois facilement être liquéfiés et sont alors qualifiés de GPL. Cet état liquide permet de les manipuler, de les stocker dans de faibles volumes. En effet, 1 litre de butane liquide libère 239 litres de gaz (à 15°C sous 1 bar de pression) et 1 litre de propane liquide libère 311 litres de gaz (15°C sous 1 bar de pression).

Le propane et le butane se différencient l'un de l'autre par la température et la pression auxquelles ils passent de l'état gazeux à l'état liquide. A pression atmosphérique (1 bar), le propane devient liquide en dessous de -42°C tandis que le butane passe à cet état dès que la température descend en dessous de 0°C. A titre de comparaison, le méthane (CH_4), principal composant du gaz naturel, se liquéfie sous la haute pression (47 bar à -82°C) ou à très basse température (1 bar à -161°C) [5].

II.5. Caractéristique générale de GPL :

- **Odeur** : à l'état naturel le GPL est in odeur, mais pour de raisons de sécurité on ajoute des additifs tels que le diéthylmercaptane.
- **Tension de vapeur** : la TVR du GPL est de 8 et 2 bars pour le propane et le butane respectivement à 20 °C.
- **Densité** : aux conditions normales de température et pression, le GPL est plus

lourds que l'air, il est diminué avec l'augmentation de la température comme

Exemple : à 38 °C, la densité est égale 0,534. La densité est très importante dans le GPL commerciale.

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

- **Pouvoir calorifique** : c'est la propriété la plus intéressante étant que le

GPL est traditionnellement utilisé pour les besoins domestiques :

- Iso-butane: PC = 29460 (kcal/kg).
- Normal butane: PC = 29622 (kcal/kg).

- Propane: PC = 22506 (kcal/ kg).

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

II.5.1. Les caractéristiques du GPL commercial :

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 pouvoir calorifique du GPL est pratiquement égal à celui de l'essence, si on l'exprime en kilocalories par kilogramme de carburant. Mais, ces valeurs seront très différentes si elles sont exprimées en kilocalories par litre de carburant liquide à 15°C.

Cette différence provient de la différence des densités entre le GPL et l'essence. En moyenne, la densité à 15°C d'un G.P.L est de 0.555 kg/ litre.

Tableau II.1 : Caractéristiques du GPL commercial. [5].

Caractéristiques	Propane	Butane
Odeur	Caractéristique	Caractéristique
Tension de vapeur relative en bars à 50 °C (NF M41-007)	11,5 à 19,3	6,9 max
Teneur en soufre (ppm)	Non décelable à l'essai	Absence d'eau séparable par décantation
Composés sulfurés	15 max	----
Evaporation (NF M41-012)	/	Absence de réaction à l'essai à la plombière de sodium
Corrosion à la lame de Cu 01 heure à 37,8 °C (NF M41-014)	95 min à 15 °C	95 min à 1 °C
Masse volumique à 15 °C	<= 0,520	>= 0,559
Pouvoir calorifique inférieur (KWh/Kg)	12,78	12,66
Pouvoir calorifique supérieur (KWh/Kg)	13,8	/

II.5.2. Propane l'hiver, butane l'été :

Le butane se liquéfiant à une température plus élevée que le propane (autour de -5°C contre -39°C), par temps froid, un mélange riche en butane aura du mal à se vaporiser, rendant la combustion difficile, voire impossible. C'est pourquoi les distributeurs proposent des GPL ayant une plus forte proportion de propane l'hiver et de butane l'été [4].

II.6. Domaines d'utilisation du GPL :

II.6.1. Le GPL comme carburant :

Le GPL / C est adopté sous le nom commercial « SIRGHAZ ». Dès 1912, aux USA le GPL / C alimentait les voitures, mais cette innovation est restée sans lendemain. Actuellement de nombreux pays possédant une flotte de véhicules roulant au GPL/C, ce sont principalement : Pays-Bas, Japon, Italie, Allemagne, Grande Bretagne, France, USA, Espagne et Canada.

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 CO_2 et de CO, il ne contient pas de Plomb 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.

a. Les avantages techniques du GPL carburant sont :

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

Il existe un inconvénient majeur à l'encombrement, le réservoir peut amputer le volume du coffre. Toutefois les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles une version GPL avec réservoir intégré. [5].

II.6.2. Le GPL dans la Pétrochimie :

En Algérie, la demande pétrochimique en GPL est de 18%, il est utilisé comme matière première pour obtenir les oléfines, butadiène et le propylène, Comme l'unité de CP1K de Skikda.

II.6.3. 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 représentée l'équivalent de 11millions de bouteilles de 13 kg en 1996. Le propane représenté 4,8% de la consommation national du GPL, il est utilisé comme combustible et de réfrigération dans les unités industrielles.

II.6.4. Le GPL dans la production d'électricité :

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

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

II.6.5. Le GPL dans la climatisation :

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

II.6.6. Le GPL dans L'agriculture :

L'utilisation du GPL dans ce secteur sera orientée vers l'aviculture, et certaines cultures sous-verre, le niveau de consommation prévu est relativement faible (40.000 tonnes/an) pour le court terme et il est attendu une évolution plus significative à moyen et long terme particulièrement par son introduction dans le domaine de l'élevage (éclairage, climatisation, chauffage... etc.). La distribution des GPL est assurée par voie routière et ferroviaire depuis les centres de stockage vers les citernes, les revendeurs de bouteilles et les stations de GPL carburant [6].

II.7. SONATRACH et le gaz :

Hassi R'mel, l'un des plus grands gisements de gaz au monde ; Mais aussi Ain Salah, Ohanet, Tin Fouyé Tabenkort, Rhourde Nouss, Hamra et Alrar pour ne citer que les plus importants. Ces réserves gazières représentent 56 % du total des réserves en hydrocarbures.

Une production brute de 150 milliards de m³ de gaz en 2006, soit près de 62 % de la production totale d'hydrocarbures. Une production commercialisée nette de près de 81 milliards de m³ de gaz, dont 66% provenant du champ de Hassi R'mel. SONATRACH est la 4ème société exportatrice mondiale de GNL (gaz naturel liquéfié) et la 2ème de GPL (gaz pétrole liquéfié).

SONATRACH pionnière dans le GNL, dispose aujourd'hui de quatre complexes de liquéfaction du gaz naturel : trois (03) à Arzew (GL1Z, GL2Z et GL4Z), un (01) à Skikda GL1K (gaz liquéfié Skikda). SONATRACH signe une série de contrats d'approvisionnement en GN et GNL avec différents clients en Europe et aux Etats- Unis. Une nouvelle impulsion est ainsi donnée aux exportations de GNL [11].

II.8. Production mondiale de GPL :

Le GPL est récupéré à partir des deux sources essentielles :

1. La récupération du propane et du butane sur les champs de pétrole.
2. La récupération du propane et du butane sur les champs du gaz naturel. Cette dernière représente 60% des ressources.

Aux Etats-Unis où une longue tradition d'utilisation existe, la production et la consommation sont équilibrées.

Au Moyen-Orient, la production de GPL s'est considérablement développée à la fin des années 70 lorsque l'augmentation du prix de l'énergie a rendu attractive la récupération du propane et du butane. Auparavant, ces produits étaient brûlés avec le gaz associé.

Le Moyen-Orient est actuellement la principale source d'exportation des GPL dans le monde. En Afrique du nord et tout particulièrement en Algérie, le GPL est surtout récupéré à partir du gaz naturel dans les unités de traitement de gaz humide. La production des raffineries assure le complément. Le propane et le butane sont récupérés au niveau de la distillation atmosphérique du pétrole brut et par craquage des molécules lourdes dans la

plupart des unités de transformation et de conversion. Le propane et le butane commerciaux ne sont pas des produits purs mais des mélanges.

Une séparation complète des molécules serait aussi coûteuse qu'inutile car la plupart des utilisations acceptent des mélanges. La production mondiale du GPL croît à un rythme de 5% par an [6].

II.9. Production nationale des GPL :

L'Algérie pays pétrolier et gazier, possède une industrie de GPL très importante, sa production a suivi une croissance soutenue en raison de l'intérêt suscité chez les pays industrialisés pour cette forme d'énergie idéale pour la protection de l'environnement.

Jusqu'à 1984, l'Algérie importait du butane en période de pointe. Depuis cette date et suite, à la mise en service du complexe GP-1Z la production nationale est largement excédentaire par rapport à la demande du marché national.

Durant la dernière décennie, l'industrie algérienne du GPL a connu des changements profonds, notamment en matière de production, d'exploitation et dans les activités de transport maritime. Le programme de valorisation des ressources gazières lancé au début des années 90 fait bénéficier aujourd'hui l'Algérie de disponibilités importantes en GPL [6].

II.10. La demande nationale en GPL :

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

Elle est répartie comme suit : 336.000 tonnes dans la région Ouest (24%), 516.000 tonnes dans la région Est (37%) et enfin 401.000 tonnes dans la région Centre (29%).

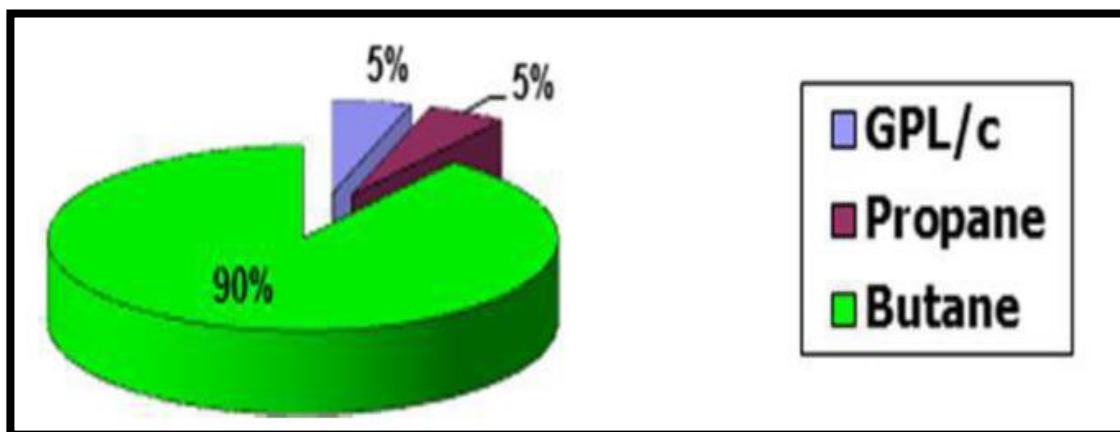


Figure II.1 : Demande nationale en GPL [6].

II.11. Stockage et distribution des GPL :

Le fait que le gaz de pétrole soit utilisés à l'état gazeux dans les conditions normales de pression et de température, et qu'ils soient obligatoirement stockés et transportés à l'état liquide influence toutes les conditions de manutention.

Les récipients métalliques (de capacité ≤ 100 litres) contenant les gaz de pétrole sont soumis à des pressions d'épreuve de 30 bars pour le propane et de 15 bars pour le butane.

Les stockages se rencontrent tout au long de la chaîne de distribution, depuis la raffinerie jusqu'aux points de distribution et d'utilisation. Si les moyens de stockage classiques (sphères, réservoirs cylindriques, horizontaux ou verticaux) sont encore largement utilisés, les sphères le sont plus, elles ont des capacités pouvant aller jusqu'à alors que 3 000 m³ les réservoirs cylindriques horizontaux ont couramment des capacités d'une centaine de mètres cubes.

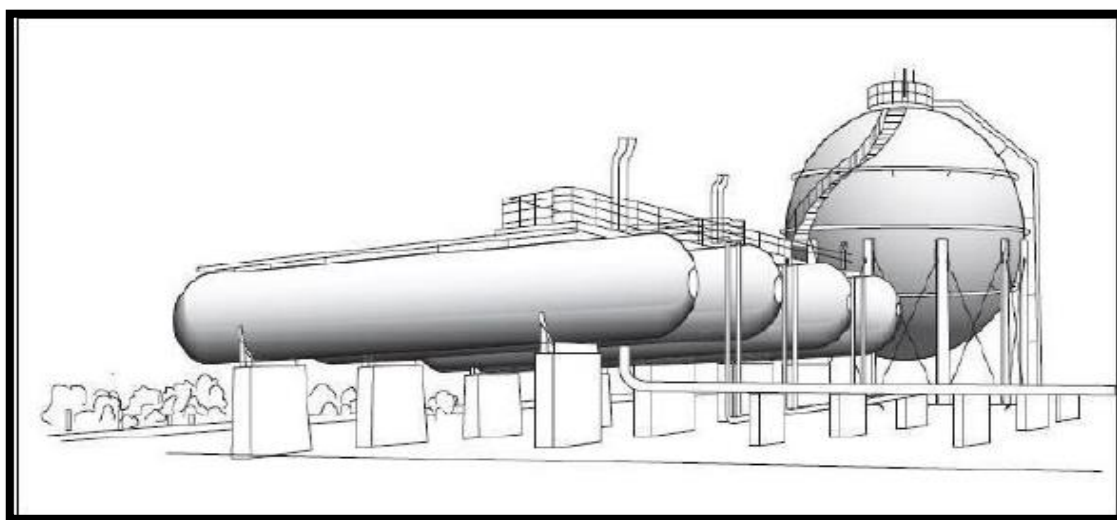


Figure II.2 : Vue extérieure de réservoirs sous pression [6].

Tous les modes de transport valables pour les produits pétroliers peuvent être employés pour les gaz liquéfié : pipelines, navires pétroliers, péniches, camions, wagons citernes, bouteilles.

Les termes de la distribution, c'est-à-dire les gaz vendus aux consommateurs, se fait soit par des bouteilles de différentes capacités surtout (13 Kg) ou par des réservoirs de plusieurs centaines de kilogrammes, soit fixes (remplis périodiquement par un camion-citerne), soit mobiles et laissés en dépôt chez l'utilisateur [6].

II.12. Description du procédé de GPL de Rhourde Nouss :

Le gaz d'alimentation provenant des cinq trains de traitement de condensât (93 bar à 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-expander (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-expander (V-09). La température de sortie de E-03 est régularisée automatiquement à -15°C en ajustant le by-pass du gaz chaud (TV 0051). Le gaz refroidi est dirigé vers le séparateur d'entrée du turbo-expander (V-08) où le liquide présent dans le courant est séparé du gaz lequel va alimenter l'expander. 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 de condensât.

Le débit d'alimentation du train est régularisé par le débit à l'expander. L'expander opère en régulation de débit régularisé, dont le point de consigne est ajusté par la pression à l'entrée du manifold de l'usine du GPL. Le turbo-expander fonctionne avec une chute de pression d'environ 53 bars et une chute de température de 38°C (opère à 40 bar (a) et -53°C à la sortie). L'effluent bi-phasique de l'expander est séparé dans le séparateur de sortie de l'expander (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 d'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 d'E-11 et se dirige vers le turbocompresseur. Le gaz de refoulement du turbocompresseur (EC-01), refroidi à 45°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(a) 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), a permis de fixer la pression de sortie du turbocompresseur à 50 bar(a). La pression de sortie du turbocompresseur étant fixe, la pression et la température de

sortie du turbo-expander se trouvent par conséquent fixées tout comme le taux de récupération des GPL.

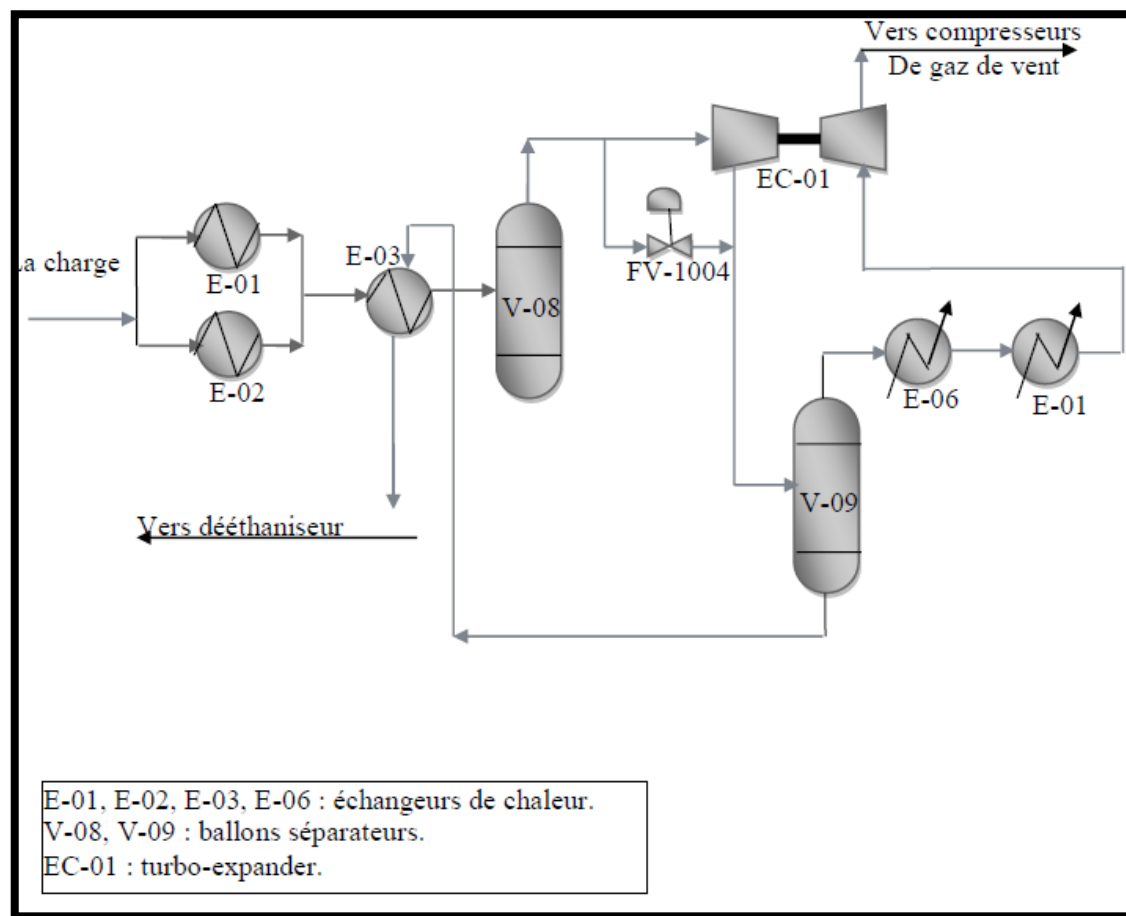


Figure II.3 : Section de refroidissement et de séparation [1].

L'effluent liquide du V-09, réchauffé à -5°C par l'échangeur E-03, alimente, par régulation de niveau, le dééthániseur (T-01) au niveau du 14^e plateau. Le dééthániseur contient 35 plateaux.

L'effluent de tête du dééthániseur ($-19,8^{\circ}\text{C}/29\text{ bar (a)}$) 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 dééthániseur sont réchauffés à 53°C au travers d'E-02, repris par les compresseurs de surpression (C-02) qui les compriment à 50 bar(a) et combinés avec le gaz du compresseur de l'expander (EC-01). Le gaz sec combiné est ensuite comprimé à 95 bar (a) 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.

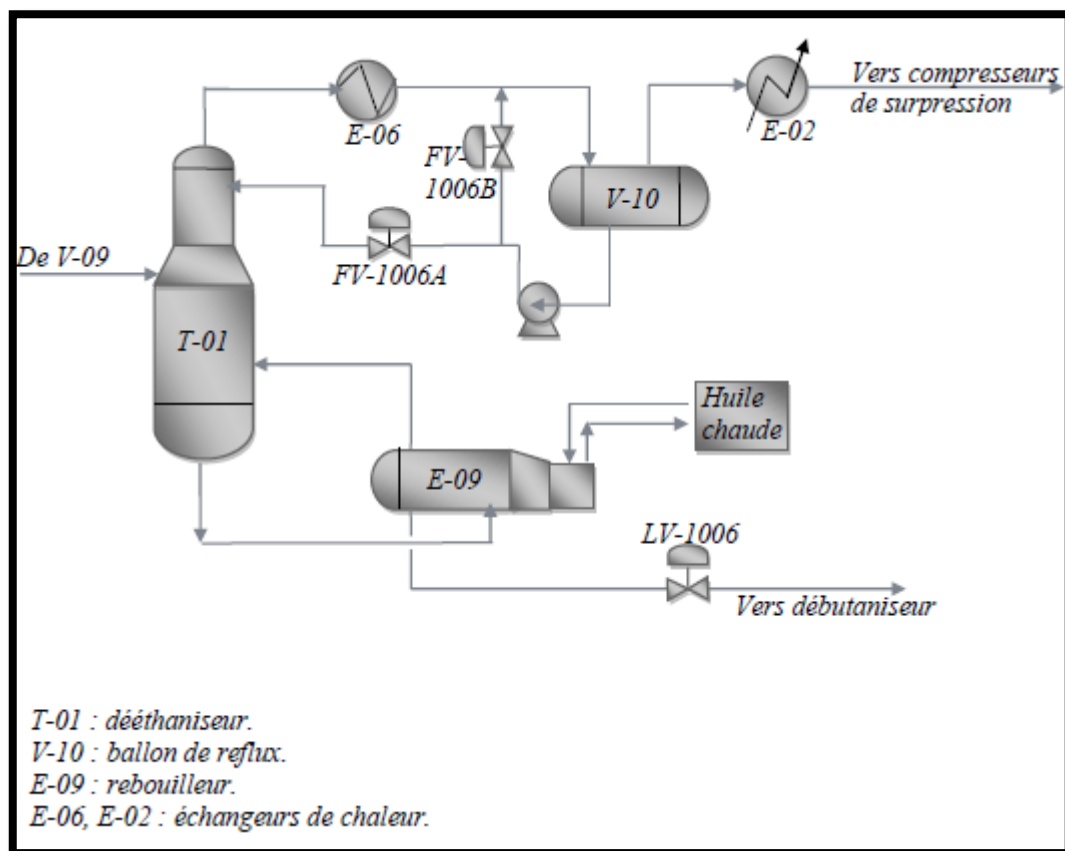


Figure II.4 : Section de fractionnement par dééthaniseur [1].

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 250°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^{ème} 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-expander qui dépend de la pression de sortie du turbocompresseur et de l'état du train de frigorie en aval de l'expander. 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 bar(a) 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°C/15 bar a) 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 régulière 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 débutaniseur 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 débutaniseur 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 psi 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.

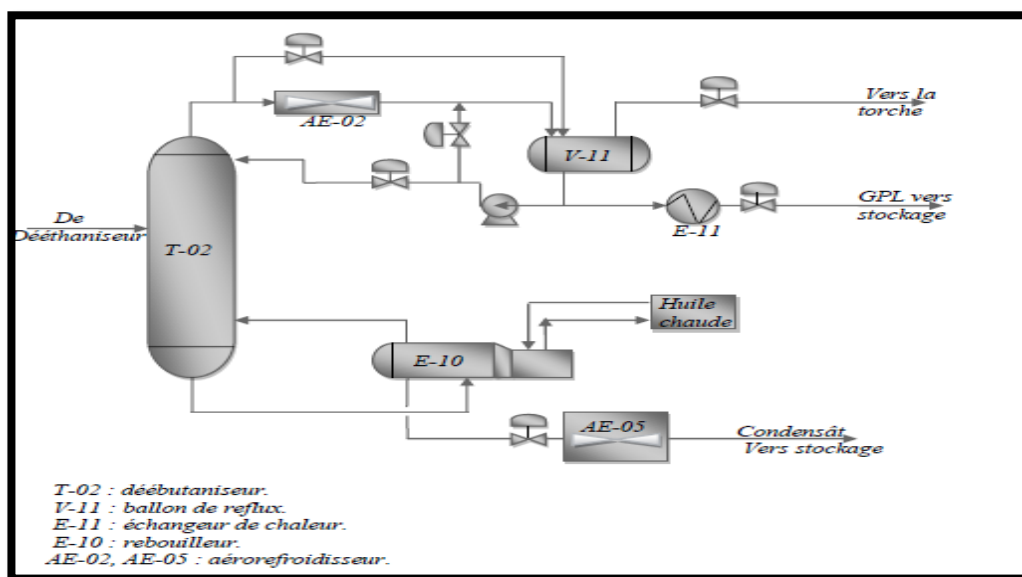


Figure II.5 : Section de fractionnement par débutaniseur [1].

Le reflux du débutaniseur sera ajusté, selon le bilan-matière, pour obtenir la teneur en C5+ 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 30e plateau de la colonne en contrôlant le débit d'huile chaude vers E-10 [1].

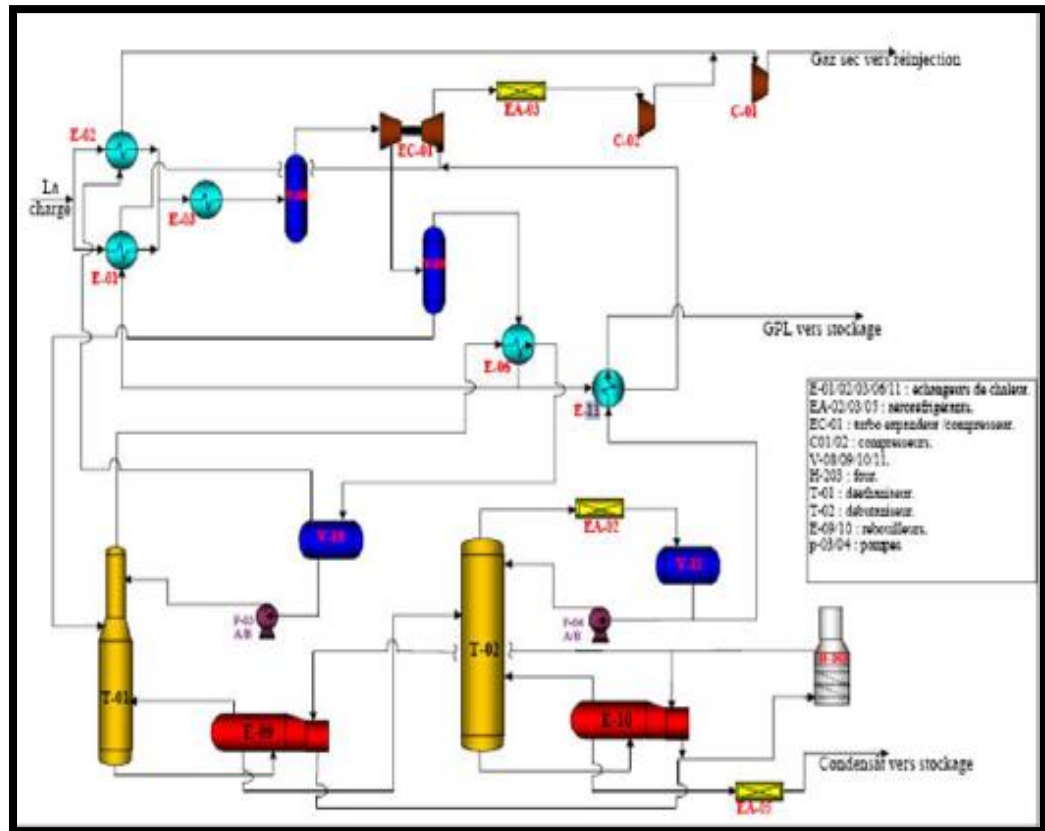


Figure II.6 : schéma général de l'usine de GPL [1]

II.12.1. Objectif des installations :

Les installations de l'usine de GPL sont conçues pour récupérer le GPL contenu dans le gaz de vente produit par les installations de la phase A.

Le gaz résiduaire est renvoyé aux installations de la phase A côté compression pour être dirigé vers la vente et la réinjection.

Quant au GPL produit, il est envoyé dans un pipeline vers HAOUDH ELHAMRA (HEH). Le condensat résultant du fractionnement est renvoyé aux installations de la phase A côté production.

II.12.2. Mode de fonctionnement :

L'usine de GPL a été conçue pour un mode d'exploitation normal à l'aide du turboexpander/compresseur. Toutefois, l'unité peut opérer avec le turbo-expander/compresseur à l'arrêt, le débit de l'usine passant alors par la vanne Joule-Thomson FV-1004.

La pression en aval de la vanne Joule Thomson est déterminée par la pression d'aspiration du compresseur du gaz de vente, soit 50 bar (a) plus la chute de pression à travers l'équipement. Puisque le différentiel de pression dans le turbocompresseur étant d'environ 12.1 bar, la chute de pression au travers de la vanne Joule Thomson doit être inférieure à celle du turbo-expander d'où une température plus élevée à la sortie de la vanne Joule Thomson. De plus, la détente dans une vanne est considérée comme un phénomène isenthalpique (à la même enthalpie) et la détente dans un turbo-expander comme isentropique (à la même entropie).

Finalement, la température du gaz froid étant plus élevée dans le mode Joule Thomson et la surface de transfert étant constante dans les échangeurs de chaleur, la température du gaz brut à l'entrée de la vanne Joule Thomson sera donc plus élevée. Ainsi, la récupération des liquides est réduite dans le mode Joule Thomson, car la température dans le séparateur de sortie du turboexpander est plus élevée comparativement au mode de fonctionnement turbo-expander.

En utilisant les caractéristiques des équipements conçus pour le mode turbo-expander, des simulations ont permis d'estimer la capacité en mode Joule Thomson à environ 76 % de la capacité de conception dans le mode turbo-expander. Le mode de fonctionnement Joule Thomson permet de récupérer environ 930 t/jour de liquide GPL en spécification [1].

II.12.3. Pipelines :

La liaison entre l'usine existante et la nouvelle usine GPL est faite à l'aide de deux gazoducs de 36'', conçus pour une pression de 96 bar cette pression est différente de la pression de calcul de l'usine GPL (92 bar) car les pipelines font partie d'un système conçu à une pression supérieure. Par contre, la pression d'équilibre de l'ensemble est de 94 bar d'où la nécessité d'installer des soupapes de sûreté à l'entrée et à la sortie des trains de GPL [1].

II.12.4. Section Commune :

La section commune de l'usine GPL fait référence aux compresseurs de l'usine. Il y a deux types de compresseurs : les compresseurs de surpression C-02 A/B/C entraînés par des moteurs électriques et les compresseurs de gaz de vente C-01 A/B/C entraînés par des turbines à gaz. Chaque compresseur est équipé d'un ballon d'aspiration. D'un post-refroidisseur et d'un système anti-pompage [1].

II.12.5. Compresseurs de surpression :

Il y a trois compresseurs de surpression : deux en fonction et un en attente avec un verrouillage empêchant le démarrage de la machine en attente sans l'arrêt de l'une des machines en service afin de limiter la consommation électrique.

Les compresseurs de surpression reprennent les gaz de tête du dééthaniseur jusqu'à une pression de 50 bar(a) pour les mélanger au gaz du compresseur de l'expander avant que le tout soit comprimé par les compresseurs de gaz de vente jusqu'à 95 bar(a) pour en permettre le retour aux installations existantes pour vente ou réinjection.

Chaque compresseur est muni d'un épurateur d'aspiration (V-12) et d'un post-refroidisseur (AE- 06) afin de refroidir les gaz comprimés à 55°C. Un système anti-pompage et un répartiteur de charge sont également fournis [1].

II.12.6. Compresseurs de gaz de vente :

Les trois compresseurs de gaz de vente sont tous en fonction reprennent les gaz des turbocompresseurs des trains de GPL ainsi que le refoulement des compresseurs de surpression et les compriment à 95 bar(a). La pression de refoulement du compresseur doit être de 95 bar(a) allouant une perte de charge de 1 bar pour le refroidisseur de sortie, la tuyauterie, les vannes, etc. afin d'obtenir 94 bar (a) à la limite de l'unité GPL.

Chaque compresseur est muni d'un épurateur d'aspiration (V-13) et d'un post-refroidisseur (AE-04) afin de refroidir le gaz comprimé à 60 °C. D'un système anti-pompage et de répartition de la charge est également fourni. Les turbines sont propulsées par du gaz combustible haute pression [1].

II.12.7. Stockage de produit GPL :

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. 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 dééthaniseur 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 [2].

II.13. Conclusion :

Le GPL qui est un mélange d'hydrocarbures, présente des avantages multiples, qui lui confèrent une utilisation à haut niveau. L'industrie des GPL et par l'intermédiaire des organisations telles que le forum mondial du GPL a pour mission de promouvoir ces combustibles gazeux et doit le faire pour provoquer le choix de combustible salubre pour l'environnement et à combustion propre. Le gaz naturel et le GPL peuvent servir cet objectif et ont leur place dans la résolution des problèmes actuels en matière d'environnement car il y a une diminution importante de la pollution, donc ils permettent de réduire la dépendance vis-à-vis des autres sources d'énergie.

Chapitre III :

Les Colonnes De

Distillation

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre en va parler sur les colonnes de distillation (définition, classification, éléments constitutifs...etc.) et à la description de la colonne considérée par notre étude (débutaniseur T-02) et à son mode de fonctionnement.

III.2. La théorie de distillation :

La distillation est une opération unitaire permettant de séparer les constituants d'un mélange d'hydrocarbures via des échanges de matière et d'énergie entre deux phases circulant à contre- courant dans un appareil appelé colonne de distillation. Elle se base sur la différence de volatilité entre ces constituants. C'est une des opérations de séparation les plus employées dans le domaine de la chimie et de la pétrochimie [3].

III.3. Définition et principe de fonctionnement d'une colonne de distillation :

La colonne de distillation est un appareil cylindrique vertical, constitué d'une succession de plateaux ou de garnissages, dont le rôle consiste à mettre en contact une phase vapeur et une phase liquide de manière à effectuer une séparation des constituants présents dans la charge. Cette séparation se fait grâce à un transfert de matière dont la force motrice dépende d'une part des différences de concentration et d'autre part des équilibres liquide-vapeur intervenant entre ces deux phases.

Dans une colonne de distillation, le liquide se déplace par gravité de haut en bas, et la vapeur de bas en haut, grâce à l'énergie de pression utilisée pour assurer un bon barbotage. Le liquide arrivant au fond de la colonne est partiellement vaporisé dans le rebouilleur qui crée la phase vapeur nécessaire à la distillation, le liquide non évaporé est extrait du fond de la colonne et constitue le résidu. La vapeur arrivant en tête de la colonne est condensée, une partie du produit condensée est envoyée en tête de la colonne en qualité de reflux, le reste est soutiré en tant que distillat (produit de tête). La colonne est devisée en trois zones :

- Zone d'alimentation : c'est l'entrée du mélange à fractionner.
- Zone de rectification : se situe au-dessus de la zone d'alimentation.
- Zone d'épuisement : se situe au-dessous de la zone d'alimentation [7].

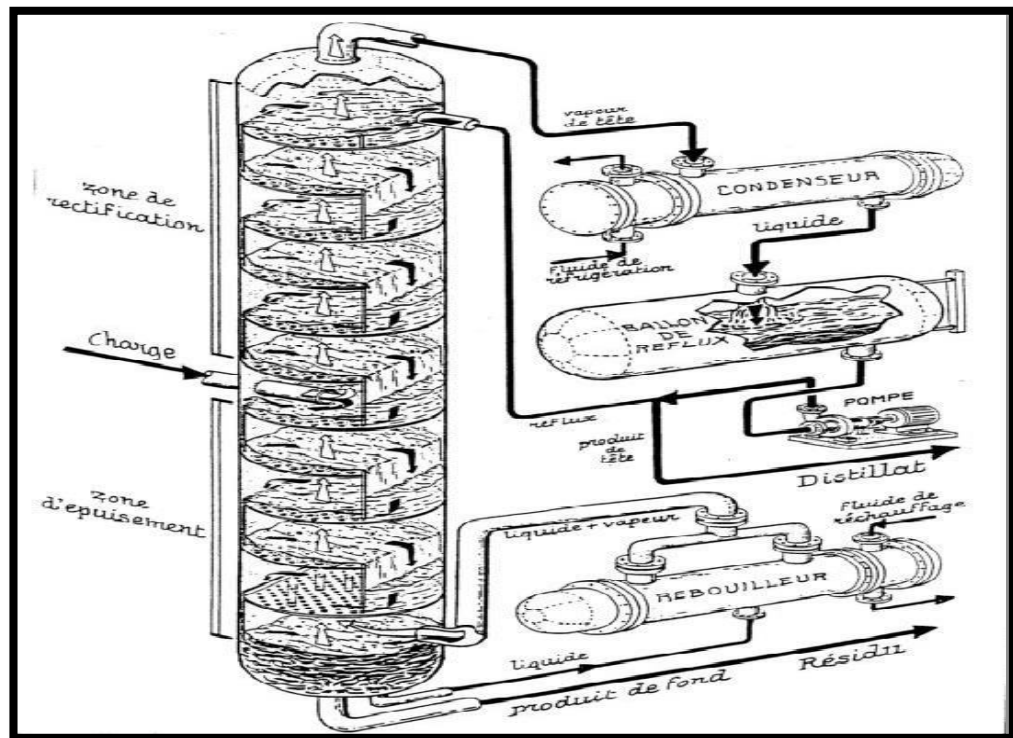


Figure III.1: Schéma d'une colonne de distillation (à plateaux) [7].

III.4. Eléments constitutifs d'une colonne de distillation :

Les différents éléments qui constituent une colonne de distillation sont :

a. La virole : Un corps cylindrique en tôles d'acier soudées, de diamètre supérieur à 10 mm, qui se compose de plusieurs éléments : des trous d'homme, divers piquages pour branchement de tuyauteries, des prises pour les appareils de mesure et de contrôle, des goussets pour attaches d'échelles....etc.

b. Le fond : Il est soudé à la virole, de formes diverses (elliptiques – hémisphérique – conique – plat). Le choix de la forme du fond dépend des conditions de température et pression du procédé, des dimensions de l'appareil (diamètre) et des caractéristiques du milieu de travail.

c. La jupe : Elle est d'habitude cylindrique ; mais pour les colonnes de grandes hauteurs et de faible diamètre on utilise des jupes tronconiques afin d'augmenter la stabilité de la colonne contre la poussée du vent. La jupe est recouverte de béton pour la protéger contre le flambage, elle est en tôles d'acier soudée, sur laquelle est montée la colonne. La jupe reçoit essentiellement les composants suivants :

- anneau de base sur lequel est soudée la jupe.

- des trous d'accès dans la jupe.
- des orifices de passage de tuyaux et des événements.

d. Les plateaux (ou les garnitures) : montés à l'intérieur de la colonne sur des supports soudés à la virole généralement l'espacement entre plateaux varie de 0,3 à 0,8m [7].

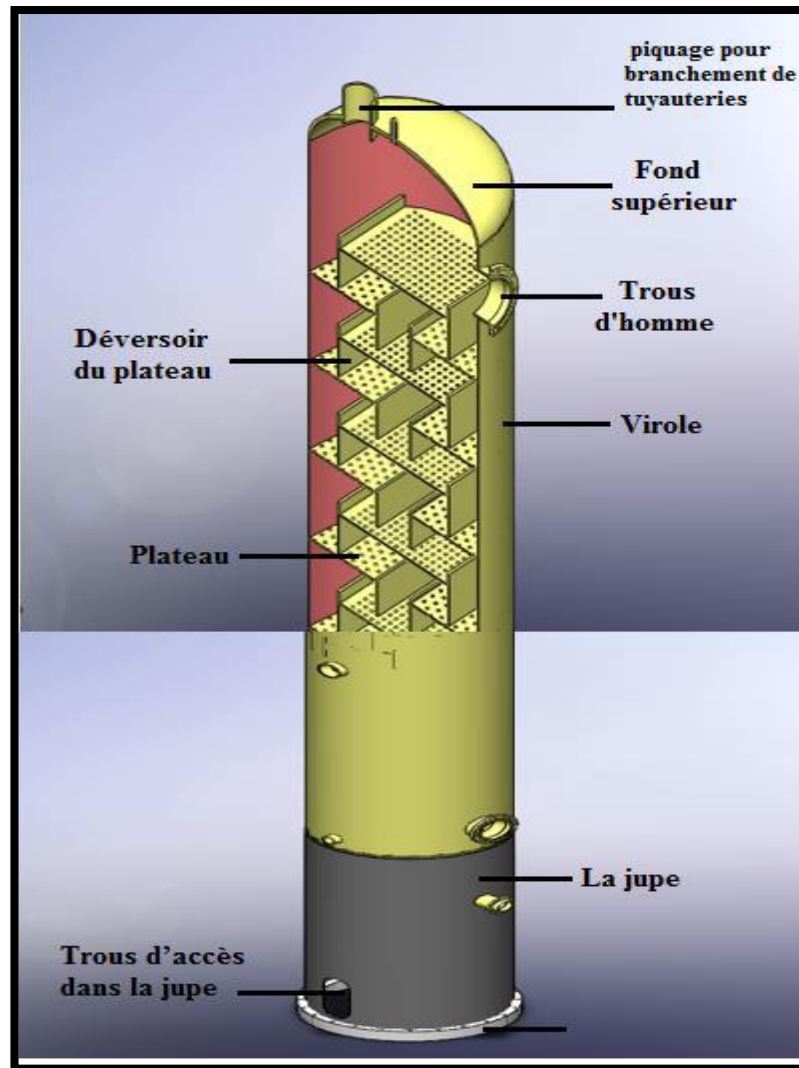


Figure III.2 :Eléments constitutifs d'une colonne de distillation [8]

III.5. Les différents types de colonnes de distillation :

Les colonnes ont une forme cylindrique, leur hauteur est toujours très grande comparée à leur diamètre. La réalisation des contacts liquide vapeur à contre-courant dans les colonnes de distillation ou d'absorption est effectué soit en continu sur un garnissage, soit en discontinue sur des plateaux. Donc Il existe 2 types de matériels internes aux colonnes : les plateaux et les garnissages.

III.5.1. Colonnes à plateaux :

Les colonnes à plateaux sont utilisées pour réaliser un contact entre une phase liquide et une phase gazeuse de façon à amener celle-ci le plus près possible de l'état d'équilibre. Les transferts de matière et de chaleur entre les phases sont d'autant plus importants que la surface de contact et la turbulence des phases sont plus grandes. Les plateaux sont conçus pour assurer une dispersion de la phase vapeur au sein du liquide. Dans tous les cas, on profite de la gravité du mouvement de la phase liquide qui a toujours lieu de haut en bas : mouvement descendant. La phase gazeuse, ayant un mouvement ascendant, traverse le liquide qui se déplace horizontalement sur le plateau. Un barrage de sortie maintient une couche du liquide sur le plateau. Le liquide s'écoule par gravité d'un plateau à l'autre par une conduite (trop-plein) [8].

III.5.1.1. Principe d'action :

Afin de diminuer la température au sommet et créer un flux ascendant de vapeur et descendant de liquide, chaque colonne est équipée d'un condenseur au sommet et d'un rebouilleur à la base.

La colonne est divisée en trois zones :

- Zone d'expansion ou zone de flash : l'arrivée de la charge se fait dans cette zone où s'effectue la séparation des phases liquides et vapeurs du mélange initial.
- Zone d'épuisement : située au-dessous de la zone d'expansion et dont le rôle consiste à récupérer le liquide épuisé en élément très volatil.
- Zone de rectification : située au-dessus de la zone d'expansion. Son but est les vapeurs [8].

III.5.1.2. Différents types de plateaux :

Les plateaux, éléments actifs d'une colonne, sont en fait conçus pour assurer la dispersion de la phase gazeuse au sein du liquide en utilisant directement l'énergie de pression de cette phase gazeuse. Les dispositifs de dispersion divisent la vapeur en jets indépendants et augmentent la surface de contact avec le liquide.

Au sein des colonnes à plateaux, le mouvement de la phase liquide a toujours lieu du haut vers le bas. Le choix entre les plateaux dépend principalement du :

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

Mis à part certains dispositifs, dans leur ensemble, les plateaux peuvent être classés en deux grandes catégories :

- les plateaux à courants croisés avec trop plein,
- les plateaux à contre-courant sans trop-plein

Et chaque catégorie à plusieurs types de plateaux. [9].

a. Plateaux à courants croisés avec trop plein :

Dans les colonnes à plateaux à courants croisés, la phase gazeuse ascendante traverse le liquide qui se déplace horizontalement sur le plateau. Un barrage de sortie maintient sur le plateau une couche de liquide, qui s'écoule par gravité d'un plateau à l'autre, par une conduite

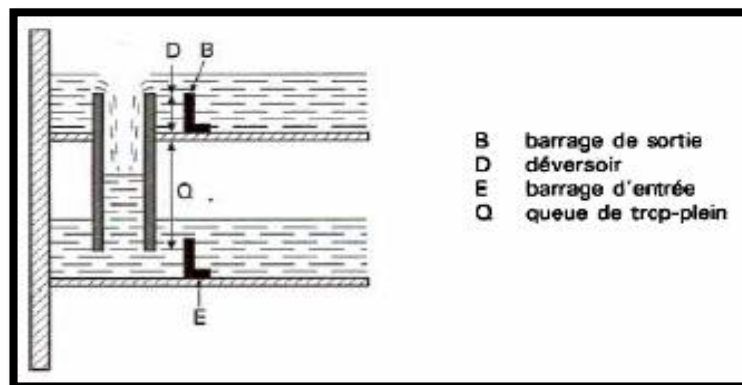


Figure III.3: Le trop – plein [8].

Il existe différents types de plateaux qui varient selon les fournisseurs et selon les critères de choix des plateaux mentionnés précédemment [8].

a.1 Plateaux à calottes/cloches :

Il est constitué d'une plaque perforée (Fig.III.4), chaque trou étant muni d'une cheminée. Celle-ci sert à guider une calotte dont la fixation est assurée par une tige et un contre-écrou. Une centaine de formes différentes de calottes ont été imaginées et conduisent à des efficacités de contact plus ou moins bonnes. Une certaine quantité de liquide est maintenue sur le plateau grâce à un déversoir qui assure l'écoulement du liquide vers le plateau inférieur [8].

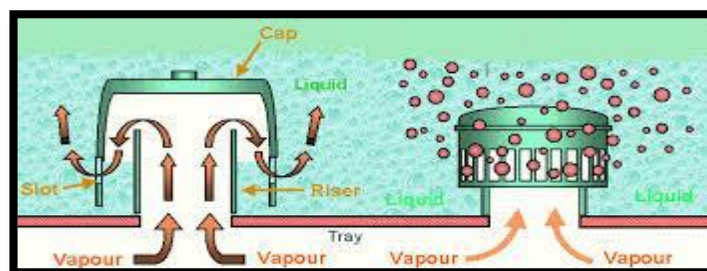


Figure III.4: Plateau à calottes (à cloches) [8].

a.2 Plateaux perforés :

La surface de ces plateaux est perforée de nombreux petits trous. Le fonctionnement de ce type de plateaux est basé sur la différence de pressions de part et d'autre d'un plateau. Cette différence de pression permet de maintenir le liquide sur le plateau et elle permet le passage du gaz par les trous du plateau. Les bulles résultant du passage du gaz dans le liquide prennent naissance dès la surface du plateau. Celles-ci barbotent dans le liquide, formant ainsi un brouillard constitué de petites gouttes [9].

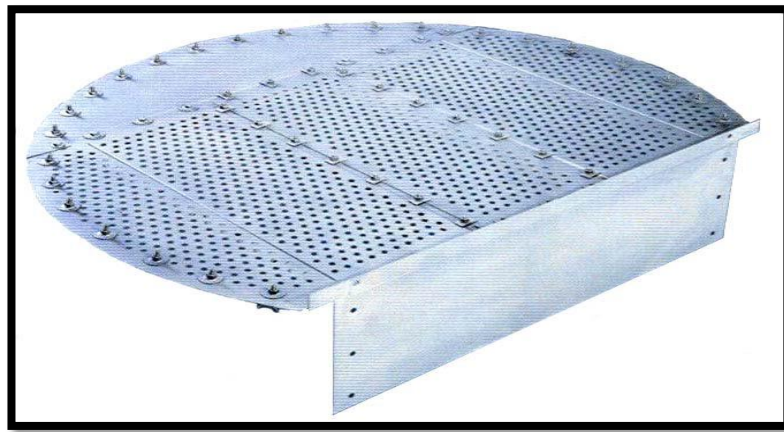


Figure III.5: Plateau perforé [8].

a.3 Plateau à clapets :

C'est un plateau perforé dont les orifices sont équipés de clapets, la hauteur de soulèvement de ce dernier est fonction de la vapeur qui s'échappe horizontalement dans le liquide, exactement comme aux fentes des calottes. Les plateaux à clapets se sont progressivement substitués aux plateaux à calottes, car leurs performances sont légèrement supérieures, pour un prix de revient plus faible. Il existe une grande variété de formes des clapets : ronds, triangulaires ou allongés.

Le gaz s'écoulant dans la colonne passe par les trous du plateau perforé en poussant les soupapes qui couvrent les orifices. La soupape monte ou descend selon le flux du gaz.

Le taux d'ouverture dépend donc du débit du gaz et de la masse de la soupape. Dans son mouvement vertical la soupape est limitée par les conduites attachées au plateau [9].

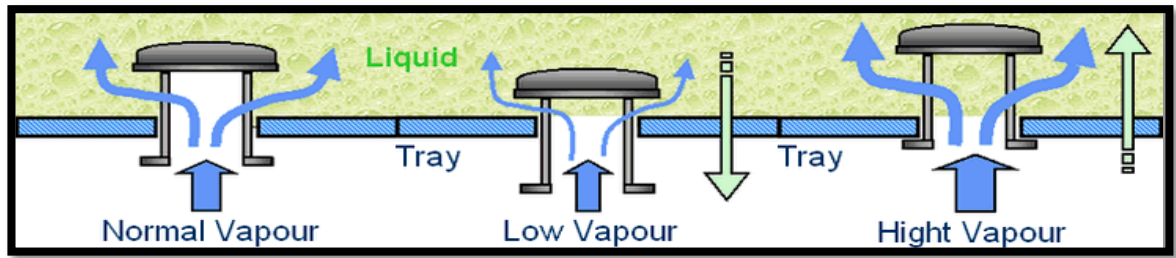


Figure III.6: Plateau à clapets [8].

a.4 Plateaux à fentes :

Ils dérivent des plateaux perforés. Une petite plaque est positionnée au-dessus de chaque orifice. Cette construction permet d'augmenter le taux de mélange entre phases ; un écoulement plus turbulent et la composition horizontale du mouvement de la phase gaz assurent un meilleur contact avec le liquide.

Ces plateaux offrent une plus grande souplesse que les plateaux perforés, ils diminuent le primage, mais la perte de charge est plus significative [9].

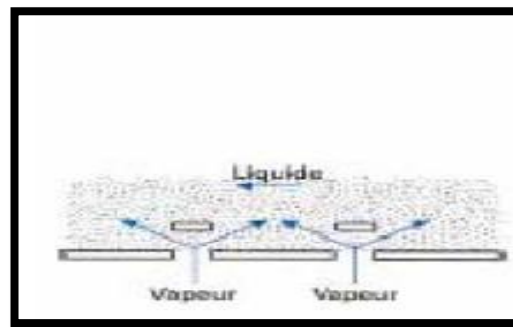


Figure III.7: Plateau à fentes [8].

b. Les plateaux à contre-courant :

Les plateaux à contre-courant ne sont composés que de deux zones :

- zone implantée d'orifices pour permettre l'écoulement du gaz et du liquide
- zone périphérique.

Les plateaux à contre-courant sont caractérisés par l'absence de trop-plein. Les organes de barbotage, constitués exclusivement par des trous et des fentes permettant à la fois l'ascension de la phase gaz et la descente du liquide.

Les colonnes à contre-courant sont généralement équipées de plateaux :

- perforés sans déversoir,
- turbogrid [10].

b.1 Plateaux perforés sans déversoir :

Dans le cas des plateaux perforés sans déversoirs, les trous sont plus grands que dans les plateaux avec déversoir, car le liquide passe par les mêmes orifices que le gaz.

b.2 Plateaux Turbogrid :

Ce type de plateau a été inventé par Shell. Son principe, est le suivant : des barreaux égaux, parallèles et équidistants, de section rectangulaire forment un plancher ajouré horizontal.

Ce plateau a le gros avantage de pouvoir être construit en matériau quelconque. Il ne peut fonctionner que dans une zone étroite de débits. Son fonctionnement est semblable à celui des plateaux perforés sans déversoir [10,9].

III.5.1.3. Avantage et inconvénients des plateaux :

- Chaque plateau peut être muni d'un serpentin et d'un échangeur de chaleur qui permet de récupérer les calories dégagées pendant l'absorption ;
- Elles offrent une assez grande efficacité d'absorption (la rétention du liquide est moyenne mais la surface de contact entre les deux phases est importante) ;
- Elles sont plus économiques par rapport aux colonnes à garnissage pour les processus nécessitant un débit de liquide important ;
- Si des particules solides sont présentes dans le liquide, il sera préférable de choisir des colonnes à plateaux et particulièrement les plateaux perforés qui sont plus faciles à entretenir ;
- Généralement, les colonnes à plateaux sont conseillées pour les absorptions au cours desquelles le transfert de la matière est limité par la résistance de la phase liquide ;
- Pour les systèmes corrosifs, la construction de plateaux fera appel à des métaux résistants à la corrosion, généralement coûteux [8].

III.5.2. Colonnes à garnissage :

Une colonne à garnissage est une colonne qui est remplie d'éléments permettant d'augmenter la surface de contact entre la phase gazeuse et la phase liquide. Les colonnes à garnissage sont généralement utilisées pour l'absorption de gaz et de substances corrosives. Si le barbotage de la phase gaz dans le liquide provoque son moussage, il est préférable de choisir une colonne du type à garnissage. Les colonnes garnies ne sont pas utilisées pour la

séparation des particules solides, car celles-ci peuvent rester bloquer sur le garnissage et empêcher le passage des phases.

Techniquement, une colonne à garnissage comporte les équipements suivants :

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

En considérant la façon d'alimenter la colonne en gaz et en liquide, on peut distinguer trois types de colonnes : à co-courant ; à contre-courant ; à flux croisé [9].

III.5.2.1 Principe d'action :

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

Dans les colonnes à garnissage, le liquide est pulvérisé sur le garnissage placé entre des grilles. La phase liquide qui contient l'absorbant, forme un film sur les éléments de garnissage (zone de mouillage) [9].

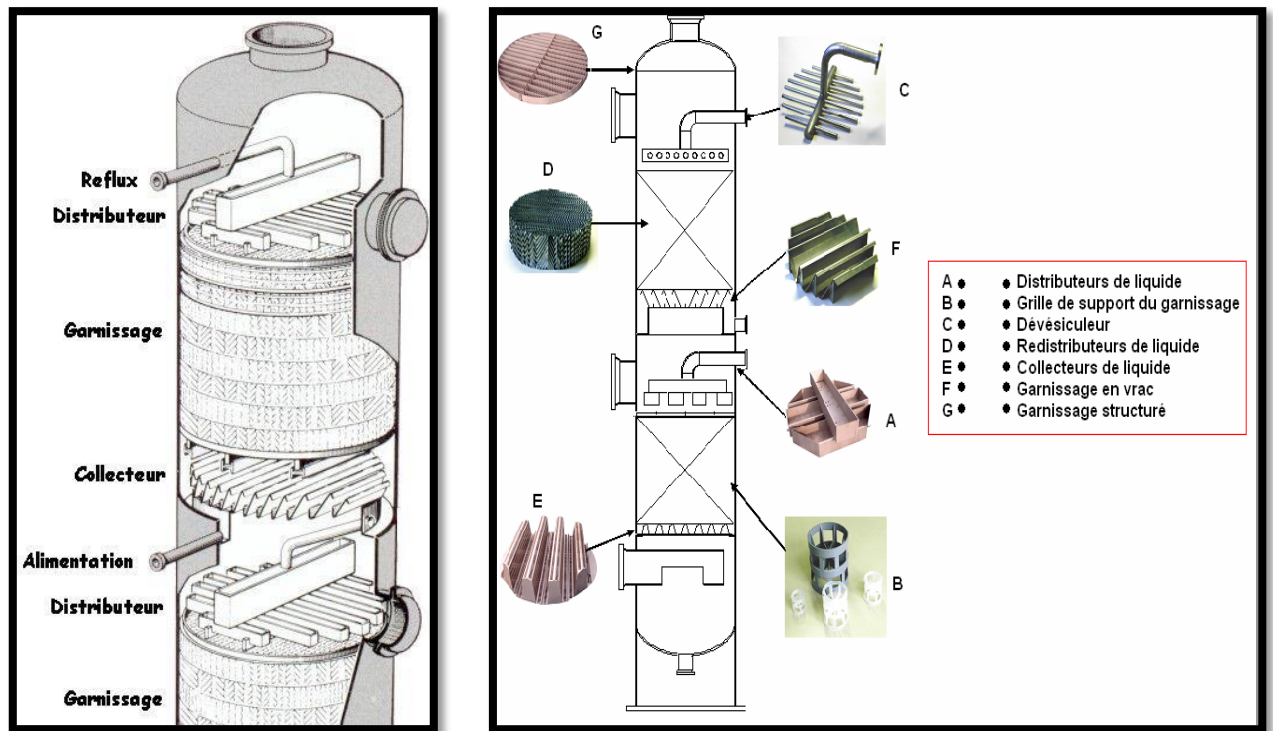


Figure III.8: Colonne à garnissage et ces éléments internes [8].

III.5.2.2. Avantage et inconvénients des colonnes à garnissage :

a. Avantage :

Elles sont moins chères que les colonnes à plateaux, surtout si le diamètre de la colonne n'est pas trop grand.

Elles sont bien adaptées pour fonctionner dans un environnement acide et corrosif ; Comme le liquide est peu agité, il est possible d'utiliser les absorbants qui ont tendance à mousser.

Elles peuvent atteindre une grande efficacité d'absorption pour beaucoup de gaz.

La faible rétention du liquide peut être aussi un avantage, principalement si l'absorbant est sensible à la température.

b. Inconvénients :

Les particules solides présentes dans la phase liquide ou gazeuse peuvent facilement bloquer l'écoulement des phases au niveau du garnissage.

Si le débit du liquide pour une raison quelconque diminue, la surface de garnissage ne pourra pas être mouillée correctement et la surface effective de contact diminuera.

Les colonnes de petit diamètre et de grande hauteur nécessitent l'installation de redistributeurs de liquide [10,11].

III.6. La colonne débutaniseur T-02 :

La colonne considérée dans notre étude est le débutaniseur T-02, c'est une colonne de distillation constitué de 35 plateaux à clapet (Figure III.6).

Cette colonne permet la séparation en GPL et condensats .Elle opère à pression de 15bar en tête. Les vapeurs fractionnées dans la zone de rectification montent en tête de la colonne T-02 à température de 66°C. Puis une condensation totale de ces vapeurs est réalisée dans une batterie d'aéroréfrigérant AE-02 jusqu'à atteinte une température de l'ordre de 53°C cette condensation totale permet de récupérer tout le GPL dans le ballon de reflux V-11 remplie à 100%. 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 débutaniseur 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 débutaniseur est refroidi à 55°C via l'aéroréfrigérant EA-05 avant d'être envoyé vers l'aire de stockage de phase A [1].

Le schéma de cette colonne est représenté dans la figure III.9.



Comme nous venons de le voir la colonne est un équipement utilisé dans un grand nombre de procédés. Cela signifie que les produits passant à travers cet équipement sont nombreux.



Chapitre IV :

Calcul Par

Méthode De

Dimensionnement

Approximative

IV.1. Introduction :

Notre travail dans ce chapitre est basé sur le calcul des dimensions et des paramètres de la colonne dans le but de vérification de sa performance par la méthode approximative qui consiste à calculer les dimensions de la colonne après avoir calculé le bilan matière et déterminer les différents paramètres-t-elle que les pressions et températures, cette méthode est basée sur les équilibres liquide-vapeur.

IV.2. Méthode de dimensionnement approximative :

IV.2.1. Données du problème:

- Débit d'alimentation : $L = 67.4 \text{ T/h} = 1310.37 \text{ kmol/h}$.
- Température d'alimentation: $T_A = 68.5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Température dans le ballon de reflux : $T_b = 53 \text{ }^\circ\text{C}$
- Constituant - clé légère C_3H_8 dans le condensat
 - Teneur de C_3H_8 dans le condensat (C_5^+) : $x_{\text{C}_3} = 0,1\%$ (molaire)
- Constituant - clé lourde iC_5H_{12} dans le distillat
 - Teneur de iC_5H_{12} : $y_{\text{C}_5} = 0,04\%$ (molaire)
- Efficacité des plateaux $E = 0,65$

La composition molaire de la charge (L) et du distillat (D) du débutaniseur (T-02) sont données dans le tableau suivant:

Tableau IV.1: La composition molaire de la charge [1]

Constituants	Mi [kg/kmol]	Composition molaire (L) Zi [%]	Mi. Zi [kg/kmol]	Composition molaire (D) yi [%]
C_2H_6	30	2,5	0,75	2,746
C_3H_8	44	54,584	24,02	59,951
iC_4H_{10}	58	16,946	9,83	18,61
nC_4H_{10}	58	16,815	9,75	18,422
iC_5H_{12}	72	4,648	3,35	0,244
nC_5H_{12}	72	2,458	1,77	0,026
nC_6H_{14}	86	1,363	1,17	0
nC_7H_{16}	100	0,685	0,69	0
Σ		100%	51,33	100%

La masse molaire du mélange est donnée par la relation suivante:

$$M_L = \Sigma M_i \cdot Z_i \quad (1)$$

$$M_L = 51,33 \text{ kg/kmol}$$

IV.2.2. Débit et composition du distillat (D) et du résidu (R)

Le bilan matière global de la colonne, permet d'écrire :

$$L = D + R \quad (2)$$

Le bilan pour chaque composant i , est donnée par la relation suivante :

$$L \cdot z_i = D \cdot y_i + R \cdot x_i \quad \text{avec } i = 1, 8 \quad (3)$$

La résolution du système d'équations (2), (3) (avec comme données : le débit de la charge (L), et les compositions z_i et y_i) permet d'avoir : le débit du distillat (D), du résidu (R) et sa composition x_i (Tableau IV.2).

Tableau IV.2: Les compositions du distillat et du résidu

	Distillat (D)	Résidu (R)
Débit	1193,05 Kgmole/h	117,33 Kgmole/h
Constituants	Yi [%]	Xi [%]
C2H6	2,746	0
C3H8	59,951	0
iC4H10	18,610	0,026
nC4H10	18,422	0,477
iC5H12	0,244	49,433
nC5H12	0,0260	27,205
nC6H14	0	15,222
nC7H16	0	7,645
Σ	100%	100%

IV.2.3. Détermination des pressions dans les différentes zones de la colonne :

a. Pression dans le ballon de reflux V-11 :

La température de la condensation totale du distillat (T de bulle) est $T_b = 53^\circ\text{C}$. A cette température (fixée), la pression (de bulle) nécessaire dans le ballon de reflux est donnée par la résolution de cette fonction objective [6,12].

$$\sum_{i=1}^6 K_i \cdot Y_i = 1 \quad (4)$$

K_i : désigne le coefficient d'équilibre liquide –vapeur du composant i . Il est donné par la corrélation de Whitson and Torp [4] présentée en (Annexe 1).

Rappelons que le point de bulle d'un système est l'état pour lequel un très faible volume de gaz est en équilibre avec un volume relativement important de liquide : taux de vapeur $e_v=0$ (ou taux de liquide $e_L=1$).

Le calcul du P bulle revient donc à ajuster P de façon à vérifier la relation (4). L'organigramme de ce calcul est donné en Annexe 2. Après plusieurs itérations (Annexe 5), on trouve :

$$P_b = 14.8 \text{ bar}$$

b. Pression au sommet de la colonne (P_s) :

En tenant compte des pertes de charge ($\Delta P_1 = 0.2 \text{ bar}$) entre le sommet de la colonne (à P_s) et le ballon du reflux (à P_b), on peut écrire que :

$$P_s = P_b + \Delta P_1 = 14.8 + 0.2 = 15 \text{ bar}$$

c. Pression au fond de la colonne (P_F) :

En considérant des pertes de charge ($\Delta P_2 = 0.4 \text{ bar}$) entre le sommet et le fond de la colonne, on écrit :

$$P_F = P_s + \Delta P_2 = 15 + 0.4 = 15.4 \text{ bar}$$

d. Pression dans la zone d'alimentation (P_A) :

La pression dans la zone d'alimentation est alors la moyenne arithmétique des pressions du sommet et du fond de la colonne, telle que :

$$P_A = (P_s + P_F)/2 = 15.2 \text{ bar}$$

IV.2.4. Détermination de la température aux différentes zones de la colonne :

a. Température au sommet de la colonne (T_s) :

La température recherchée au sommet de la colonne est une température du point de rosée du mélange (C_2 - C_5) de composition Y_i connue (tableau 2). Elle est déterminée par résolution de la relation suivante [6,12] :

$$\sum_{i=1}^6 \frac{Y_i}{K_i} = 1 \quad (5)$$

Les coefficients d'équilibre K_i sont donnés par la corrélation de Whitson and Torp (Annexe 1).

Rappelons que le point de rosée d'un système est l'état pour lequel un très faible volume de liquide est en équilibre avec un volume relativement important de vapeur : taux de vapeur $e_v = 1$ (ou taux de liquide $e_L = 0$).

Le calcul du T rosée revient donc à ajuster T de façon à vérifier la relation (5). L'organigramme de ce calcul est donné en (Annexe 8). Après plusieurs itérations (Annexe 6), on trouve :

$$T_s = 65 \text{ °C}$$

b. La température au fond de la colonne :

La température recherchée au fond de la colonne est une température du point de bulle du mélange (C₄-C₇) de composition X_i connue (tableau 2). Elle est calculée par résolution de l'équation [5] :

$$\sum_{i=1}^6 K_i \cdot X_i = 1 \quad (6)$$

Le calcul de T bulle revient à ajuster T de façon à vérifier la relation (6). L'organigramme de ce calcul est donné en Annexe 7. Après plusieurs itérations, on trouve :

$$T_F = 150 \text{ °C}$$

IV.2.5. Taux de vapeur et composition des phases vapeur et liquide de l'alimentation :

Le taux de vapeur e_v de l'alimentation ainsi que la composition de ses phases liquide vapeur-liquide en équilibre sont calculés à partir de la relation suivante [4] :

$$(7)$$

Les coefficients d'équilibre K_i sont donnés par la corrélation de Whitson and Torp (Annexe 1).

Après plusieurs itérations (Annexe 8), on trouve :

$$e_v = 0.40$$

IV.2.6. Nombre de plateaux théorique dans la colonne :

a. Le nombre de plateaux minimum :

Le nombre de plateaux minimum (N_{min}) correspond au fonctionnement de la colonne à reflux total. Pour cela on applique la relation de FENSKE [8] :

$$N_{\min} = \frac{\log\left(\frac{X_{i,N_{\min}+1}}{X_i} \times \frac{X_j}{X_{j,N_{\min}+1}}\right)}{\log \alpha_{i,j}} \quad (8)$$

Ou bien

$$N_{\min} = \frac{\log \frac{d_i}{r_i} \times \frac{r_j}{d_j}}{\log \alpha_{i,j}} \quad (9)$$

Avec :

i et j désigne la clé légère (C₃ = 99.90 %) et la clé lourde (C₅ = 0.4%)

di : La masse molaire du clé légère au distillat ($99.9\% \cdot 24.02$)

ri : La masse molaire du clé légère au résidu ($0.1\% \cdot 24.02$)

dj : La masse molaire du clé lourde au distillat ($0.4\% \cdot 3.35$)

rj : La masse molaire du clé lourde au résidu ($99.6\% \cdot 3.35$)

$\alpha_{i,j}$: La volatilité relative $= K_{ii}/K_{jj}$, les coefficients K_i et K_j sont calculés la corrélation de Whitson and Torp (Annexe 1). On trouve : $K_i = 1,42$ et $K_j = 0,52$

En remplaçant ces valeurs dans la relation (9) on obtient le nombre de plateaux minimum suivant:

$$N_{\min} = 12.37 \approx 12 \text{ plateaux}$$

b. Le reflux minimum et le nombre réel de plateau :

Le nombre théorique de plateaux (N), est calculé à partir de la corrélation d'Eduljee suivant [4,8] :

$$Y = 0.75 - 0.75 X^{0.5668} \quad (10)$$

Avec :

$$X = \frac{r_f - r_{f\min}}{r_f + 1} \quad \text{ET} \quad Y = \frac{N - N_{\min}}{N + 1}$$

Dans ces relations $r_{f\min}$ est le reflux minimum correspond au cas limite d'une colonne ayant un nombre infini de plateaux :

$$r_f = \frac{L}{D} = 2.22$$

Le reflux réel (d'opération) est tel que :

$$r_f = 1.3 r_{f\min} = 1.3 \cdot 2.22 = 2.89$$

En appliquant ces valeurs dans la relation (10), on obtient le nombre de plateaux suivant :

$$N = 23.68$$

En tenant compte de l'efficacité des plateaux $E=0,65$, le nombre théorique de plateau dans la colonne est :

$$N_T = \frac{N}{E} = 36.43 \approx 36 \text{ plateaux}$$

Si on considère le rebouilleur et le condenseur comme étant des plateaux extérieurs, alors le nombre réel de plateaux dans la colonne est de :

$$N_{\text{réel}} = N_T - 2 = 34 \text{ plateaux}$$

On remarque que ce nombre n'est pas loin du nombre de plateaux sur site (35 plateaux).

IV.2.7. Calcul du diamètre de la colonne (Dc) :

Le diamètre de la colonne est calculé d'après le premier plateau de la zone de rectification, car la tête de la colonne est l'endroit le plus chargé par les vapeurs que les autres sections. D'après l'équation suivante :

$$D_c = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{(V/W)}{\pi}} \quad (11)$$

Où :

Dc : Diamètre de la colonne.

S : Section de la colonne = V/W

V : Débit volumique des vapeurs.

W : Vitesse admissible des vapeurs.

a. Vitesse admissible des vapeurs (W) :

La vitesse admissible des vapeurs est donnée par la formule de SOUDERS BROWN [8] :

$$W = 8,47 \cdot 10^{-5} \cdot C \cdot \sqrt{\left(\frac{\rho_l - \rho_v}{\rho_v}\right)} \quad (12)$$

C : Coefficient qui dépend de la distance entre les plateaux et de la tension superficielle du liquide : C = 650

ρ_v, ρ_l : Respectivement, la masses volumique de la vapeur et liquide calculées à partir de la relation :

$$P = Z \cdot \rho \cdot r \cdot T \quad (13.a)$$

Avec :

P : Pression d'alimentation

T : Température d'alimentation

r : Constante des gaz parfaits r = 287 J/Kg.K

Z : Facteur de compressibilité de chaque phase en fonction de Pr et Tr (Annexe 9)

➤ Pour la phase vapeur :

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^8 Y_i \cdot P_{ci} \quad (13.b) \quad \text{Et} \quad T_{pc} = \sum_{i=1}^8 Y_i \cdot T_{ci} \quad (13.c)$$

➤ Pour la phase liquide :

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^8 X_i \cdot P_{ci} \quad (13.d) \quad \text{Et} \quad T_{pc} = \sum_{i=1}^8 X_i \cdot T_{ci} \quad (13.e)$$

Avec :

Pr et Tr : Respectivement pression et température réduites.

Ppc et Tpc : Respectivement pression et température pseudo-critiques.

Pci et Tci : pression et température critiques.

Après plusieurs itérations on obtient :

$$ZL = 0,033 \quad \text{Et} \quad ZV = 0,44$$

En appliquant ces valeurs dans la relation (13.a), on obtient :

$$\rho_l = 474,45 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Et} \quad \rho_v = 35,58 \text{ kg/m}^3$$

En appliquant ces valeurs dans la relation (12), on trouve :

$$W = 0.193 \text{ m/s}$$

b. Débit volumique des vapeurs (V) :

Le débit volumique est donné par [4] :

$$V = 22,4 \cdot Z \cdot V_m \cdot \left(\frac{T_s + 273}{273 \cdot P_s} \right) \quad (14)$$

Où :

V : Débit volumique des vapeurs.

Ps : Pression au sommet de la colonne (15 bar).

Ts : Température au sommet de la colonne (65 °C)

Z : Facteur de compressibilité obtenue du graphe (Annexe 9) en fonction de la pression réduite (Pr) et la température réduite (Tr) :

$$Pr = \frac{P}{P_c} = \frac{15}{15,2} = 0,99 \quad \text{Et} \quad Tr = \frac{T}{T_c} = \frac{65}{54} = 1,20$$

Avec ; Pc, Tc : pression et température critiques.

Alors : Z = 0,81

V_m : Débit molaire des vapeurs, donné = 2330,94 kgmole/h.

En appliquant ces valeurs dans la relation (14), on obtient :

$$V = 0,97 \text{ m/s}$$

$$\text{Nous savons que :} \quad S = \frac{V}{W} \quad \text{Et} \quad S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Avec :

S : Section de la colonne.

V : Débit volumique des vapeurs.

W : Vitesse admissible des vapeurs.

Alors on obtient :

$$D_c = 2,53 \text{ m}$$

IV.2.8. Calcul de la hauteur totale de la colonne :

La hauteur totale de la colonne est telle que [4] :

$$H_t = h_1 + h_2 + h_3 \quad (15)$$

Où :

h_1 : Distance entre le premier plateau de la zone de rectification et le fond supérieur de la colonne (ou espace libre situé en tête de colonne) = 2 m (donnée).

h_3 : Distance entre le dernier plateau de la zone d'épuisement et le fond inférieur de la colonne (ou espace libre situé au fond de la colonne) = 8,1 m (donnée).

h_2 : La hauteur des trois zones de la colonne (Rectification + Alimentation + Epuisement).

Donnée par la relation :

$$h_2 = (N_t - 1) \times h_p \quad (16)$$

Avec :

N_t : nombre théorique des plateaux dans la colonne = 36 (Calculé déjà).

h_p : Distance entre deux plateaux = 0,62 m (donnée).

Donc : **$h_2 = (36 - 1) \times 0,62 = 21,70 \text{ m}$**

La hauteur totale de la colonne est donc :

$$H_t = 2 + 8,1 + 21,7 = 31,80 \text{ m}$$

Cette hauteur correspond bien à la hauteur de la colonne sur site ($H=32 \text{ m}$).

IV.3. Comparaison entre cas design réel et cas calculé :

Tableau IV.3: Comparaison des résultats obtenus

Paramètres	Salle de control (annexe 10)	Valeurs Calculé (méthode approximative)	Ecart (%)
Diamètre de la colonne [m]	2,8	2,53	9,64
Hauteur de la colonne [m]	32	31,8	0,63
Nombre de plateaux	35	34	2,86
Pression d'alimentation [bar]	15,5	15,2	1,94
Pression du sommet [bar]	15	15	0
Pression de ballon de reflux [bar]	14,5	14,8	2,07
Pression de fond [bar]	15,3	15,4	0,65
Température du sommet [°C]	66,2	65	1,81
Température de fond [°C]	147,3	150	1,83

IV.4.Conclusion

D'après les résultats ci-dessus et le calcul de dimensionnement on peut tirer la conclusion suivante :

A partir de la vérification de design par méthode calcul approximative, on dit que cette méthode est utile pour la vérification des colonnes, vue que la plus part des écarts ne dépassent pas 3%. On a trouvé des valeurs bien proches de celles données par le constructeur (design reel), ce qui nous permet de dire que la colonne est dans un état de fonctionnement normal.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le présent travail, nous avons étudié une colonne de distillation (débutaniseur T-02) destinée à séparer le gaz lourd en GPL (Distillat) et Condensat (Résidu) et située dans l'une des unités de traitement à Rhourde Nouss.

Ce travail a été consacré à la vérification des paramètres du fonctionnement de la colonne (T-02), Et pour atteindre notre objectif nous avons procédé au dimensionnement de la colonne (diamètre, nombre de plateaux, hauteur, ...etc.) et à la vérification de ses paramètres opératoires (pression et température en tête, pied de colonne, ...etc.) en utilisant une méthode approximative directe et rapide. D'après les résultats obtenus dans notre étude qui a été en bonne concordance avec les données réelles de l'équipement étudié, on peut dire que cette méthode est utile pour la vérification des colonnes, vu que la plus part des écarts ne dépassent pas 3%. Ce qui nous permet de dire que la colonne est dans un état de fonctionnement normal.

Bibliographies

Bibliographies

- 1- Manuel opératoire d'unité de GPL de traitement du gaz brut phase B, Rhourde Nouss, 1999.
- 2- Comité française du butane et du propane, les gaz butane et propane.
- 3- Extraction liquide-liquide_Définition du procédé - Réactifs industriels «Gérard COTE »
- 4- P.Wuithier ; « le pétrole raffinage et génie chimique ; colonnes à plateaux»,Edition TECHNIP,(1972).
- 5- J .P Wauquier ; «1 pétrole brut, produit pétrolier schéma de fabrication», Edition TECHNIP, (1994).
- 6- Conférence sur Le GPL (1997). Hassi Messaoud. Janvier2000 «Séminaire sur le développement et la production du GPL »
- 7- Ttechniques d'ingénieur, généralités sur les colonnes de fractionnement par Jean Charles Cécile.
- 8- Jean Charles Crick ; «Distillation –Absorption colonne à plateaux», Edition A.I.CH.E.
- 9- THÈSE En vue de l'obtention du DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DES SCIENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES DE BUDAPEST « DISTILLATION EXTRACTIVE DISCONTINUE DANS UNE COLONNE DE RECTIFICATION ET DANS UNE COLONNE INVERSE » présenté par : VARGA Viktória
- 10- Techniques de l'ingénieur: articles relatifs à la rectification (la généralisation à l'absorption et à l'extraction liquide-liquide est aussi abordée)
- 11- Mémoire fin de formation prépare par Mr BENCHINOUNE Rochdi, thème « Optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne de production GPL au niveau de ROURDE NOUSS année 2014 »
- 12- Mémoire fin de formation prépare par Mr Kezzouz Ismail & Menacer Khoudir, thème « Optimisation des paramètres de fonctionnement des deux colonnes (dééthaniseur et déébutaniseur) pour améliorer la quantité et la qualité du GPL » année 2020
- 13- Web site : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/operations-unitaires-extractions-fluide-fluide-et-fluide-solide>
- 14- THÈSE En vue de l'obtention du Diplôme de Magister En Génie Mécanique UNIVERSITE MONTOURI-CONSTANTINE- « Optimisation des cycles de liquéfaction du Gaz Naturel » année 2009.
- 15- SEMINAIRE Traitement du gaz naturel Présenté par: Mr. Tahar BENALIA « IAP- Hassi Messaoud » année 2019.

Les Annexes

Annexe 1

Whitson and Torp Correlation

Whitson and Torp (1981) reformulated Wilson's equation (Equation 15-17) to yield accurate results at higher pressures. Wilson's equation was modified by incorporating the convergence pressure into the correlation, to give:

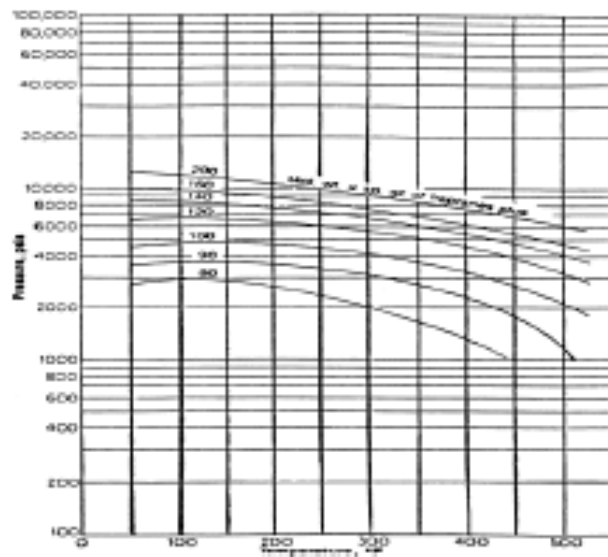
$$K_i = \left(\frac{P_a}{P_k} \right)^{A-1} \left(\frac{P_a}{P} \right) \exp \left[5.37A(1 + \omega_i) \left(1 - \frac{T_a}{T} \right) \right]$$

with

$$A = 1 - \left(\frac{P}{P_k} \right)^{0.7}$$

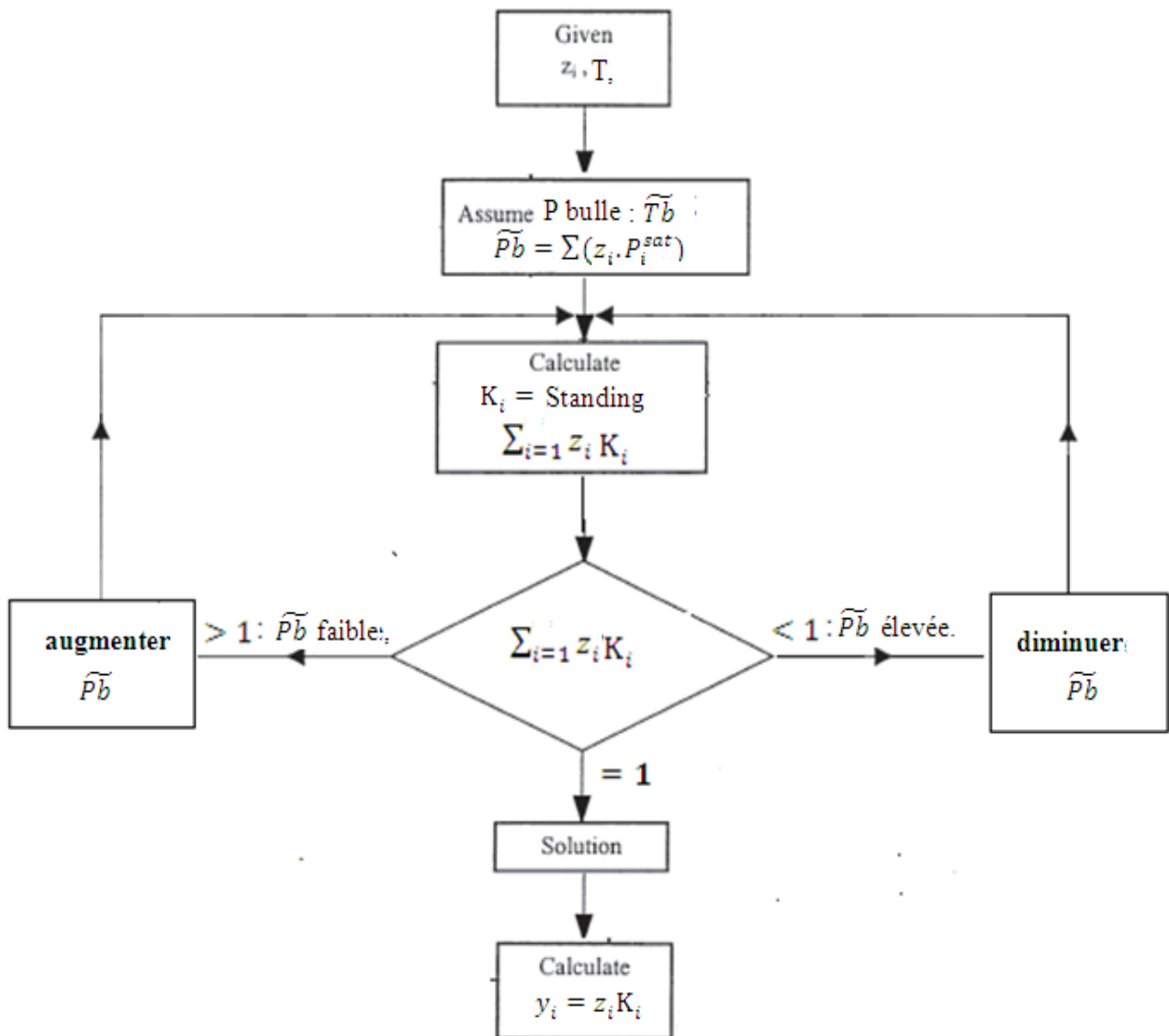
where P = system pressure, psig
 P_k = convergence pressure, psig
 T = system temperature, °R
 ω_i = acentric factor of component i

Component	P_k , psia	T_c , °R	ω
CO ₂	1071	547.9	0.225
N ₂	493	227.6	0.040
C ₁	667.8	343.37	0.0104
C ₂	707.8	550.09	0.0968
C ₃	616.3	666.01	0.1524
i-C ₄	529.1	734.98	0.1848
n-C ₄	550.7	765.65	0.2010
i-C ₅	490.4	829.1	0.2223
n-C ₅	488.6	845.7	0.2539
C ₆	436.9	913.7	0.3007
C ₇₊	320.3	1139.4	0.5069



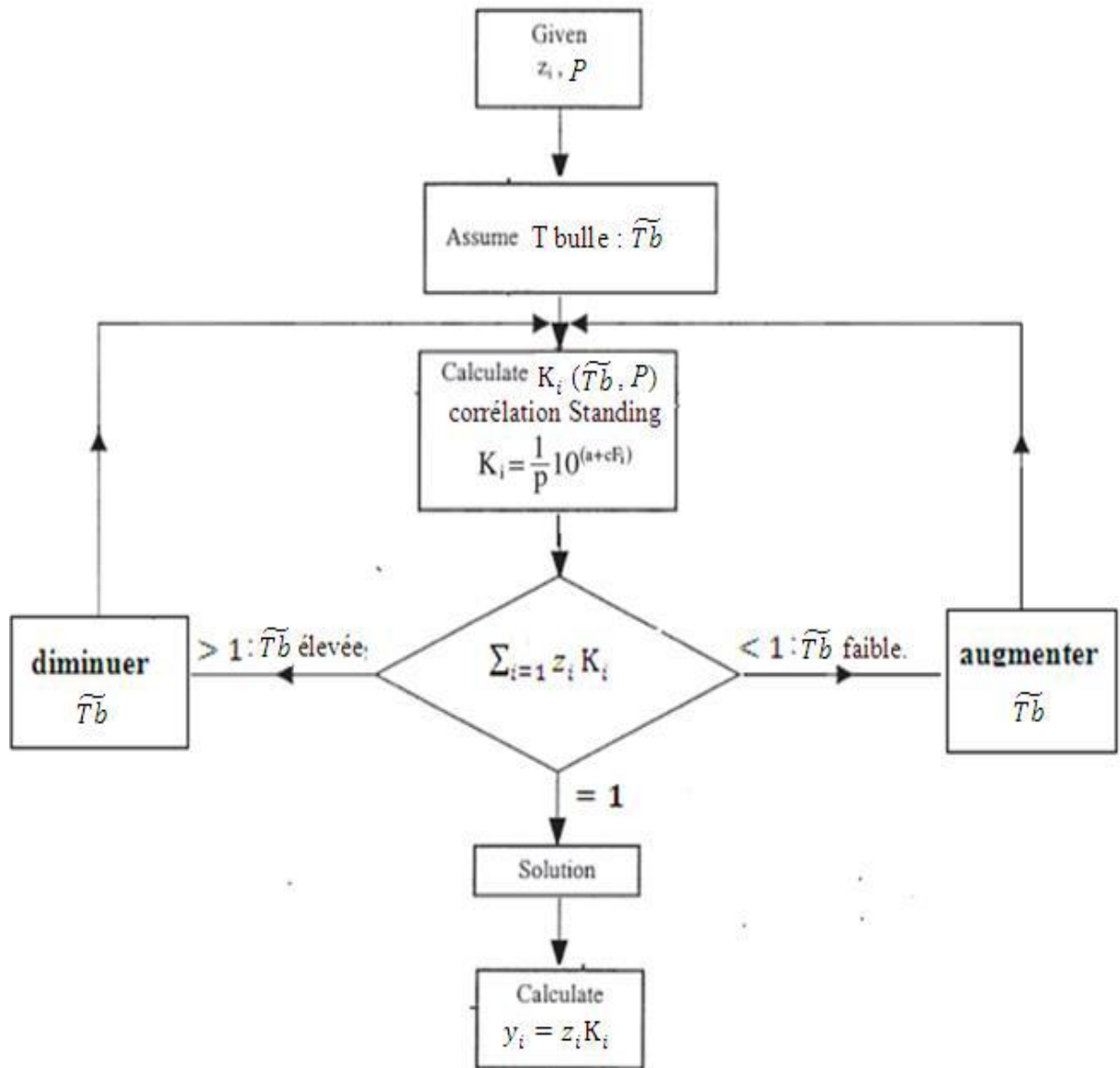
Created with
 Rzasal's convergence pressure correlation.

Annexe 2



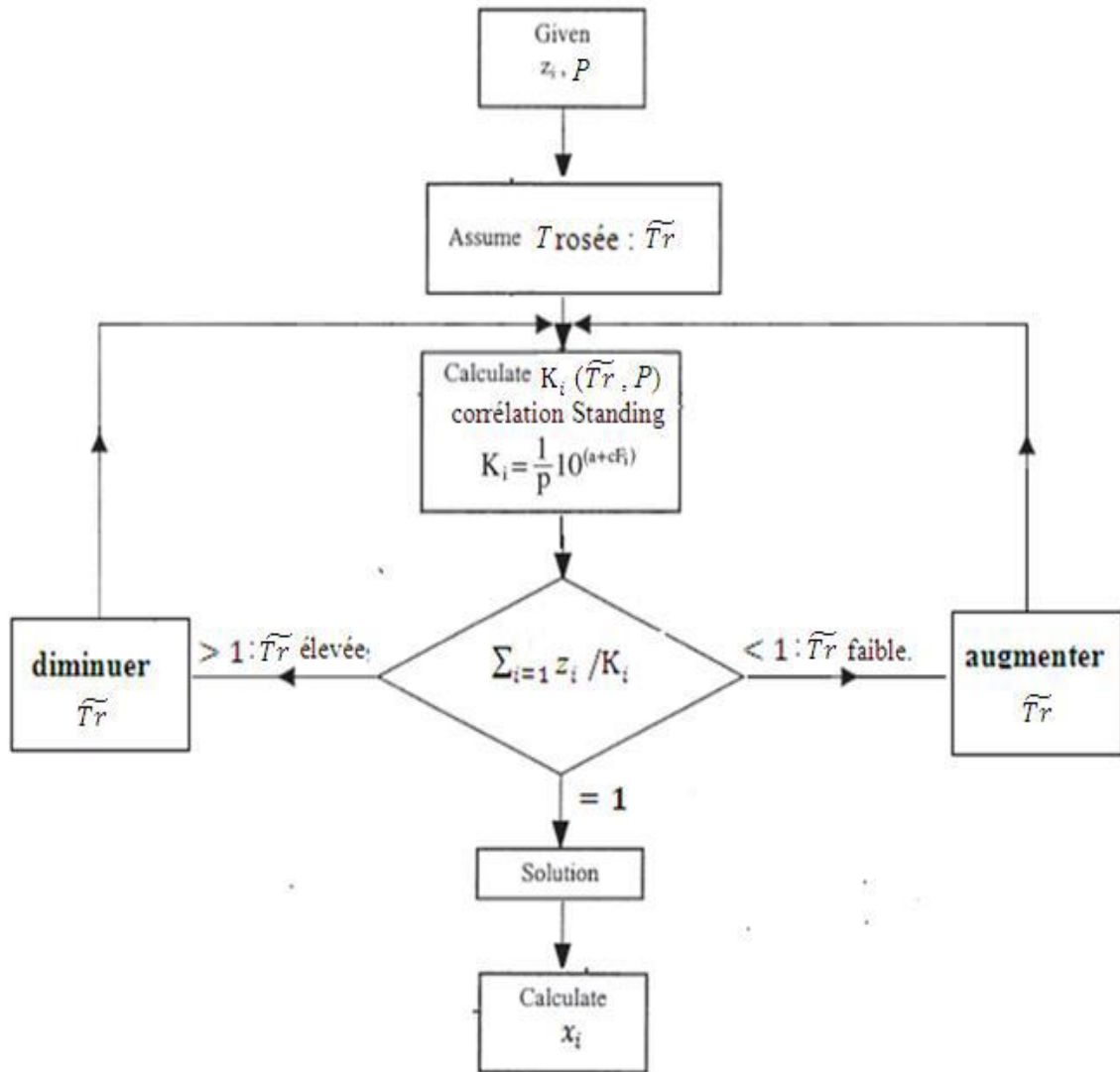
Organigramme Calcul de P bulle, cas d'un mélange à pression élevée

Annexe 3



Organigramme Calcul de T bulle, cas d'un mélange à pression élevée

Annexe 4



Organigramme Calcul de T rosée, cas d'un mélange à pression élevée

LES ANNEXES

Annexe 5

Itération calcul P bulle

P = 14 Bar				P= 14,5 Bar			P= 14,8 Bar		
Composants	Yi (%)	Ki	Ki*Yi	Yi (%)	Ki	Ki*Yi	Yi (%)	Ki	Ki*Yi
C2	2,746	3,300	0,090618	2,746	3,220	0,0884212	2,746	3,100	0,085126
C3	59,951	1,500	0,899265	59,951	1,400	0,839314	59,951	1,200	0,719412
iC4	18,610	0,600	0,11166	18,610	0,575	0,1070075	18,610	0,580	0,107938
nC4	18,422	0,480	0,0884256	18,422	0,445	0,0819779	18,422	0,450	0,082899
iC5	0,244	0,220	0,0005368	0,244	0,215	0,0005246	0,244	0,205	0,0005002
nC5	0,026	0,175	0,0000455	0,026	0,174	0,00004524	0,026	0,170	0,0000442
Σ Ki*Yi			1,1905509			1,11729044			0,9959194

Annexe 6

Itération calcul T de sommet

T = 70 C°				T= 68 C°			T= 65 C°		
Composants	Yi (%)	Ki	Yi/Ki	Yi (%)	Ki	Yi/Ki	Yi (%)	Ki	Yi/Ki
C2	2,746	4,000	0,006865	2,746	3,9	0,00704103	2,746	3,700	0,00742162
C3	59,951	1,500	0,39967333	59,951	1,45	0,41345517	59,951	1,400	0,42822143
iC4	18,610	0,800	0,232625	18,610	0,74	0,25148649	18,610	0,735	0,25319728
nC4	18,422	0,600	0,30703333	18,422	0,6	0,30703333	18,422	0,595	0,30961345
iC5	0,244	0,300	0,00813333	0,244	0,295	0,00827119	0,244	0,290	0,00841379
nC5	0,026	0,250	0,00104	0,026	0,24	0,00108333	0,026	0,235	0,00110638
ΣYi/Ki			0,95537			0,98837054			1,00797395

Annexe 7

Itération calcul T du fond

T = 160 C°				T = 155 C°			T = 150 C°		
Composants	xi (%)	Ki	Ki*xi	xi (%)	Ki	Ki*xi	xi (%)	Ki	Ki*xi
iC4	0,026	2,400	0,0006144	0,026	2,300	0,0005888	0,026	2,100	0,0005376
nC4	0,477	2,200	0,010494	0,477	2,000	0,00954	0,477	1,700	0,008109
iC5	49,433	1,350	0,6673455	49,433	1,250	0,6179125	49,433	1,200	0,593196
nC5	27,205	1,300	0,353665	27,205	1,250	0,3400625	27,205	1,050	0,2856525
nC6	15,222	0,750	0,114165	15,222	0,650	0,098943	15,222	0,600	0,091332
nC7	7,645	0,600	0,04587	7,645	0,500	0,038225	7,645	0,350	0,0267575
Σ Ki*xi			1,1921539			1,1052718			1,0055846

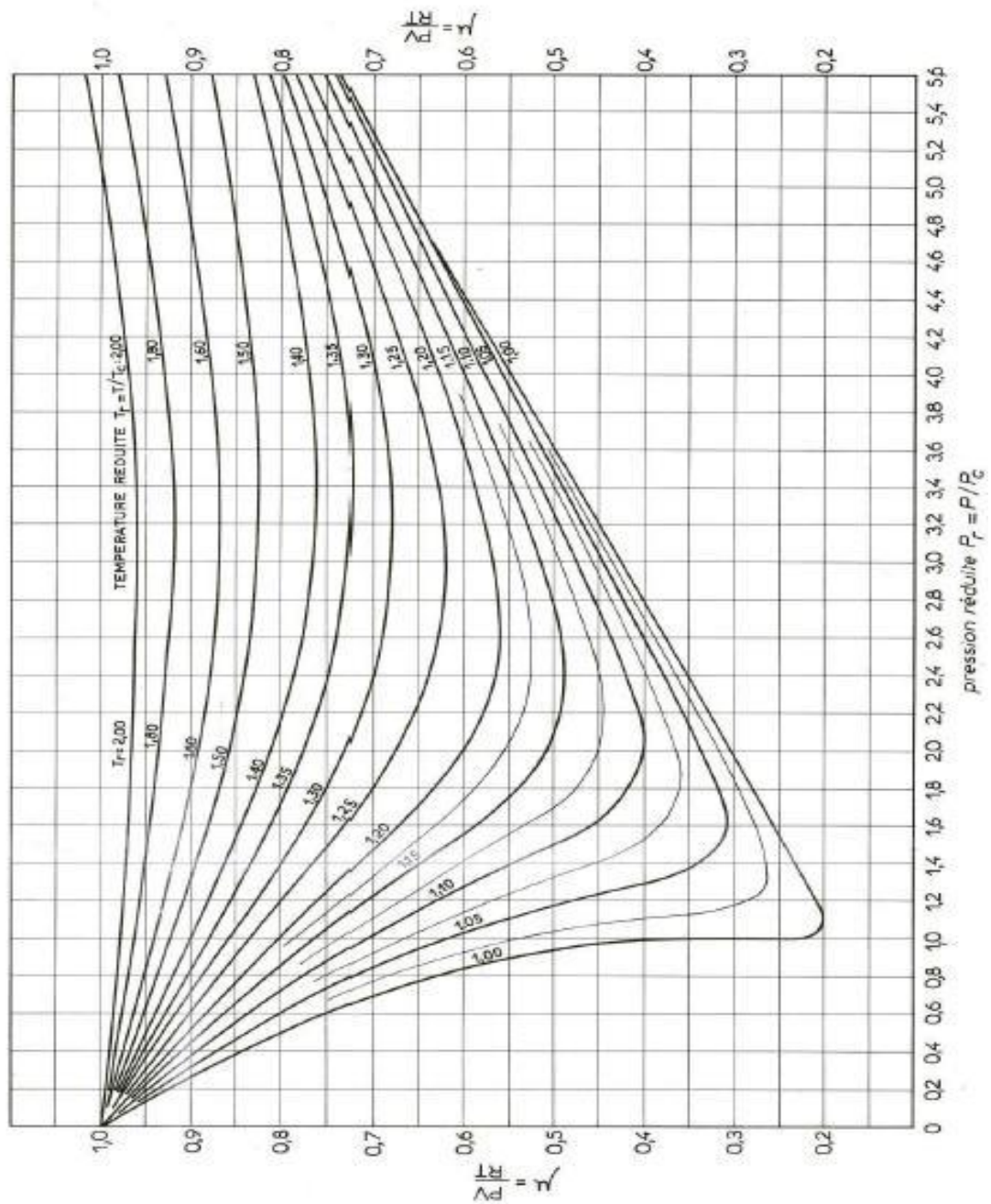
LES ANNEXES

Annexe 8

Itérations calcul du taux de vaporisation

e = 0,45				e = 0,43			e = 0,40		
Composants	Zi (%)	Ki	$\{Z_i(K_i-1)/1+e(K_i-1)\}$	Zi (%)	Ki	$\{Z_i(K_i-1)/1+e(K_i-1)\}$	Zi (%)	Ki	$\{Z_i(K_i-1)/1+e(K_i-1)\}$
C2	2,500	3,700	0,03047404	2,500	3,700	0,03123554	2,500	3,700	0,03245192
C3	54,584	1,420	0,19281144	54,584	1,420	0,1941833	54,584	1,420	0,19627808
iC4	16,946	0,755	-0,04666221	16,946	0,755	-0,04640664	16,946	0,755	-0,04602849
nC4	16,815	0,600	-0,08202439	16,815	0,600	-0,08123188	16,815	0,600	-0,08007143
iC5	4,648	0,290	-0,04849493	4,648	0,290	-0,04750367	4,648	0,290	-0,0460905
nC5	2,458	0,240	-0,02839027	2,458	0,240	-0,02774926	2,458	0,240	-0,02684023
nC6	1,363	0,110	-0,0202347	1,363	0,110	-0,01965122	1,363	0,110	-0,01883649
nC7	0,685	0,041	-0,01155625	0,685	0,041	-0,01117906	0,685	0,041	-0,01065728
$\Sigma \{Z_i(K_i-1)/1+e(K_i-1)\}$			-0,01407727			-0,0083029			0,00020558

Annexe 9



Graph du facteur de compressibilité en fonction de P_r et T_r

LES ANNEXES

Annexe 10

 SNC-LAVALIN International		CLIENT : Sonatrach	Contract No : 011524		REV	DATE	BY	CHK	APP			
		Project : Rhourde Nous		Document No.:								
		LPG EXTRACTION PLANT										
		HEAT AND MATERIAL BALANCE - Case: Revision 2										
Stream		36C	36D	36L	37A	37B	37C	37D	37L	41	48	49
Description		Compressed Gas from C-01B	Gas from AE-04B	Liq from V-13B	Gas to V-13C	Gas from V-13C	Compressed Gas from C-01C	Gas from AE-04C	Liq from V-13C	Total Gas to Existing Sales Gas	Liq from E-09	Gas/Liq to Stage 15 of T-02
Vapour frac.		1.0000	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.4092
Temperature	C	116.3	60.0	54.9	54.9	54.9	116.3	60.0	54.9	60.0	99.0	68.5
Pressure	bar (a)	95.00	94.00	50.00	50.00	50.00	95.00	94.00	50.00	94.00	30.00	15.50
Molar Flow	kgmole/h	28 637.55	28 637.55	0.00	28 637.55	28 637.55	28 637.55	28 637.55	0.00	85 912.65	1 310.37	1 310.37
Mass Flow	kg/h	510 550	510 550	---	510 550	510 550	510 550	510 550	---	1 531 660	67 400	67 400
Energy	kW	101 326	79 460	---	83 523	83 523	101 326	79 460	---	238 381	3 733	3 733
Density	kg/m3	56.24	70.00	---	35.87	35.87	56.24	70.00	---	70.00	400.05	80.88
Mole Wt.		17.83	17.83	---	17.83	17.83	17.83	17.83	---	17.83	51.43	51.43
Spec. Heat	kJ/kg-C	2.75	2.79	---	2.51	2.51	2.75	2.79	---	2.79	4.29	2.71
CO2	kgmole/h	182.68	182.68	---	182.68	182.68	182.68	182.68	---	548.04	0.00	0.00
Nitrogen	kgmole/h	32.94	32.94	---	32.94	32.94	32.94	32.94	---	98.83	0.00	0.00
Methane	kgmole/h	25 557.63	25 557.63	---	25 557.63	25 557.63	25 557.63	25 557.63	---	76 672.89	0.00	0.00
Ethane	kgmole/h	2 530.74	2 530.74	---	2 530.74	2 530.74	2 530.74	2 530.74	---	7 592.21	32.76	32.76
Propane	kgmole/h	282.00	282.00	---	282.01	282.00	282.00	282.00	---	846.00	715.25	715.25
i-Butane	kgmole/h	29.50	29.50	---	29.50	29.50	29.50	29.50	---	88.49	222.06	222.06
n-Butane	kgmole/h	19.24	19.24	---	19.24	19.24	19.24	19.24	---	57.72	220.34	220.34
i-Pentane	kgmole/h	1.98	1.98	---	1.98	1.98	1.98	1.98	---	5.94	60.91	60.91
n-Pentane	kgmole/h	.72	.72	---	.72	.72	.72	.72	---	2.16	32.22	32.22
n-Hexane	kgmole/h	.11	.11	---	.11	.11	.11	.11	---	.33	17.86	17.86
n-Heptane	kgmole/h	.02	.02	---	.02	.02	.02	.02	---	.05	8.97	8.97
Total:	kgmole/h	28 637.55	28 637.55	---	28 637.55	28 637.55	28 637.55	28 637.55	---	85 912.65	1 310.37	1 310.37

 SNC-LAVALIN International		CLIENT : Sonatrach		Contract No : 011524		REV	DATE	BY	CHK	APP
		Project : Rhourde Nous		Document No.:						
		LPG EXTRACTION PLANT								
		HEAT AND MATERIAL BALANCE - Case: Revision 2								
Stream		63A	63B	63C	63D	70				
Description		T-02 Ovhd Vap	Liq from V-11	Reboiled Vap from E-10	T-02 Bottoms	Total Condensate to Storage				
Vapour frac.		1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000				
Temperature	C	66.2	53.5	153.2	147.3	55.0				
Pressure	bar (a)	15.00	14.50	15.50	15.30	14.00				
Molar Flow	kgmole/h	2 330.94	1 137.89	1 630.18	1 747.50	351.98				
Mass Flow	kg/h	114 170	55 740	121 150	130 110	26 880				
Energy	kW	11 747	862	17 491	10 340	211				
Density	kg/m3	34.45	477.01	46.41	467.65	602.27				
Mole Wt.		48.98	48.98	74.32	74.45	76.36				
Spec. Heat	kJ/kg-C	2.19	3.05	2.58	3.40	2.39				
CO2	kgmole/h	.00	.00	.00	.00	.00				
Nitrogen	kgmole/h	.00	.00	.00	.00	.00				
Methane	kgmole/h	.00	.00	.00	.00	.00				
Ethane	kgmole/h	2 746.64	31.25	.00	.00	.00				
Propane	kgmole/h	397.43	682.18	.00	.00	.00				
i-Butane	kgmole/h	433.80	211.77	.77	.79	.08				
n-Butane	kgmole/h	429.40	209.62	13.45	14.01	1.68				
i-Pentane	kgmole/h	5.69	2.78	932.46	990.45	173.99				
n-Pentane	kgmole/h	.60	.29	469.21	501.13	95.75				
n-Hexane	kgmole/h	.00	.00	162.63	180.49	53.58				
n-Heptane	kgmole/h	.00	.00	51.66	60.62	26.91				
Total:	kgmole/h	2 330.94	1 137.89	1 630.18	1 747.50	351.98				

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ