



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE UNIVERSITAIRE DE TISSEMISILT



Visa du chef de département des
Sciences et Technologies
Signature:.....
Date:.....

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
master Académique en « génie de raffinage »

**Optimisation du fonctionnement de la
section réfrigération de GPL.**

Encadreur : M.LOUCIF MAA
Signature:.....
Date:.....

Réalisé par :
HAMDI Youcef
GHAOULI Seddik

Membres du jury :

Mr. M.KHERRAB	MAA	Président	(Centre Universitaire De Tissemsilt)
Mme. H.BERDAA	MAA	Examinatrice	(Centre Universitaire De Tissemsilt)
Mr. M.BIDAOUI	MCA	Examinateur	(Centre Universitaire De Tissemsilt)
Mr. M.LOUCIF	MAA	Encadreur	(Centre Universitaire De Tissemsilt)

Tissemsilt 2017-2018

SOMMAIRE

Sommaire	I
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VIII
Liste des abréviations	IX
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralité sur le GPL	
I ; Généralité sur le GPL	2
I.1 ; Introduction	2
I.2 ; Les sources des GPL	2
I.3 ; Composition du GPL	3
I.3.1 ; Composition chimique	4
I.4 ; Propriétés et caractéristique du GPL	4
I.4.1 ; Pouvoir calorifique	5
I.4.1.1 ; Pouvoir calorifique supérieur (PCS)	5
I.4.1.2 ; Pouvoir calorifique inférieur (PCI)	5
I.5 ; Domaines d'utilisation du GPL	7
I.5.1 ; Le GPL comme carburant	7
I.5.2 ; Le GPL dans la climatisation	8
I.5.3 ; Production d'énergie	8
I.5.4 ; Le GPL dans la pétrochimie	8
I.5.5 ; Le GPL comme combustible	8
I.5.6 ; Le GPL dans l'agriculture	8
I.6 ; Les risques de GPL	9
I.7 ; La production de GPL	9
I.7.1 ; La production de GPL en Algérie	9
I.7.2 ; La production mondiale de GPL	10
I.8 ; La consommation de GPL	10
I.8.1 ; La consommation nationale de GPL en Algérie	10
I.8.2 ; La consommation mondiale du GPL	11

I.9 ; Répartition de la demande du GPL en Algérie	12
I.10 ; GPL commerciale	12
I.10.1 ; Propane commerciale	12
I.10.2 ; Butane commerciale	13
I.11 ; Section de stockage	13
I.11.1 ; Butane ambiant	13

Chapitre II : Description des procédés

II.1 ; Description générale du procédé	14
II.2 ; Procédé de fabrication	14
II.2.1 ; Stockage tampon de GPL mélange	14
II.2.2 ; Section de déshydratation	15
II.2.2.1 ; Principe de fonctionnement	15
II.2.2.2 ; Cycle de régénération	16
II.2.2.2.1 ; Drainage	16
II.2.2.2.2 ; Dépressurisation	16
II.2.2.2.3 ; Réchauffage	16
II.2.2.2.4 ; Refroidissement	16
II.2.2.2.5 ; Pressurisation	17
II.2.2.2.6 ; Remplissage	17
II.2.3 ; But de l'opération de déshydratation des gaz	17
II.2.4 ; Section de séparation	17
II.2.4.1 ; Fractionnateur	17
II.2.4.1.1 ; Paramètre de fonctionnement	18
II.2.4.2 ; Dé-éthaniseur	19
II.2.4.2.1 ; Paramètre de fonctionnement	19
II.2.4.3 ; Dépentaniseur	20
II.2.5 ; Section de réfrigération	20
II.2.6 ; Section de stockage des produits	21

Chapitre III : Procédés de réfrigération

III.1 ; Généralité sur la réfrigération	22
III.1.1 ; Réfrigération de GPL	22

III.1.1.1 ; Principe	22
III.1.1.2 ; La capacité de réfrigération	23
III.1.1.3 ; Les équipements principaux	23
III.1.1.4 ; Choix et fonctionnement du compresseur	23
III.1.1.5 ; Procédure de démarrage de la section de réfrigération	24
III.1.1.6 ; Les hydrates	25
III.1.1.6.1 ; Structure de base des hydrates	26
III.1.1.6.2 ; Comment éviter le problème des hydrates	27
III.1.2 ; Liquéfaction de GNL	27
III.1.2.1 ; Section de décarbonatation	28
III.1.2.2 ; Rôle de la section de la décarbonatation	29
III.1.2.3 ; Caractéristique de la réaction chimique	29
Chapitre IV : Réfrigération de GPL	
IV.1 ; Introduction	30
IV.2 ; Principe de la réfrigération	30
IV.2 .1 ; Circuit principal	30
IV.2.1.A ; Phase liquide	30
IV.2.1.B ; Phase gazeuse	30
IV.3 ; Circuits secondaires –circuits de contrôle	31
IV.3.1 ; Contrôle du volume gazeux et de la pression	31
IV.3.2 ; Contrôles de la température	31
IV.3.3 ; Contrôle de la charge	31
IV.4 ; Le circuit de réfrigération du produit propane	31
IV.4.1 ; Contrôle de la température	31
IV.4.2 ; Le sécheur de propane	31
IV.4.3 ; Le circuit de transfert de propane vers le stockage a température ambiante	31
IV.4.4 ; Contrôle du débit	32
IV.5 ; Le ballon de récupération du propane de transfert	32
IV.5.1 ; Protection du ballon	32
IV.5.2 ; Contrôle de niveau	32

IV.5.3 ; Contrôle de la température	32
IV.6 ; Les pompes de transfert	32
IV.6.1 ; Contrôle de la pression de refoulement des pompes	32
IV.6.2 ; Contrôle de débit de recirculation	33
IV.6.3 ; Déclenchement des pompes par niveau bas dans le ballon	33
IV.7 ; Le circuit de réfrigération du produit butane	33
IV.7.1 ; Contrôle de la pression	33
IV.8 ; Le ballon de détente du produit propane	33
IV.9 ; Description de la boucle de réfrigération	33
IV.9.1 ; Système propane	33
IV.9.1.1 ; Rôle de la boucle propane pur	33
IV.9.1.2 ; Les Principaux équipements constitutifs	34
IV.9.1.3 ; Rôle de la boucle	34
IV.9.1.4 ; Circuit propane commerciale C₃	34
IV.9.1.5 ; Circuit butane commerciale C₄	34
IV.9.1.6 ; Circuit de propane réfrigérant	35
IV.9.2 ; Contrôle de pression	35
IV.9.2.1 ; Pression à l'étage BP	35
IV.9.2.2 ; Pression de refoulement du compresseur	35
IV.9.2.3 ; Pressions aux étages MP et HP	36
IV.10 ; Régulation anti-pompes	36
IV.10.1 ; Phénomène de pompage	36
IV.11 ; Température du produit de réfrigération	36
IV.11.2 ; Produit propane	36
IV.11.3 ; Produit butane	37
IV.12 ; Contamination de propane de réfrigération par le butane et l'éthane	37
IV.12.1 ; Contamination par l'éthane	37
IV.12.2 ; Contamination par le butane	37
IV.13 ; Le circuit de circulation du propane de réfrigération	37
IV.13.1 ; Le ballon récupérateur de propane	37
IV.13.2 ; Protection de purificateur	38

IV.13.3 ; Contrôle de pression de l'ensemble	38
IV.13.4 ; Contrôle du niveau du ballon	38
IV.13.5 ; Contrôle de niveau de purificateur	38
IV.13.6 ; Contrôle de température	38
IV.14 ; Le ballon d'aspiration haute pression 3 ^{ème} étage	38
IV.14.1 ; Contrôle de niveau du pré-réfrigérant de propane	38
IV.14.2 ; Contrôle du niveau du pré-réfrigérant de butane	38
IV.15 ; Le sommet du ballon d'aspiration HP	38
IV.15. A ; La ligne d'aspiration	38
IV.15. B ; La lingé de recyclage (débit minimum)	39
IV.15.1 ; Contrôle de la pression	39
IV.15.2 ; Contrôle de niveau de ballon	39
IV.15.3 ; Contrôle de la température	39
IV.16 ; Le fond du ballon d'aspiration HP	39
IV.17 ; Le ballon d'aspiration moyen pression MP	40
IV.17.1 ; Le sommet du ballon d'aspiration MP	40
IV.17. 1.A ; La ligne d'aspiration	40
IV.17 .1.B ; La lingé de recyclage	40
IV.17.2 ; Contrôle de la pression	40
IV.17.3 ; Contrôle du niveau du ballon et du la température	40
IV.18 ; Le fond du ballon d'aspiration MP	40
IV.18.1 ; Alimentation du ballon d'aspiration BP	40
IV.18.2 ; Alimentation des réfrigérants finales	40
IV.19 ; Le ballon d'aspiration BP 1 ^{er} étage	40
IV.19.1 ; La ligne d'aspiration	40
IV.19.2 ; La ligne de recyclage	41
IV.19.2. A ; Contrôle de la pression	41
IV.19.2. B ; Contrôle du débit de recyclage	41
IV.19.3 ; Contrôle de la pression différentielle	41
IV.19.4 ; Contrôle de la température	41
IV.20 ; Le fond de ballon d'aspiration	41

IV.21 ; Balance –Matières	41
IV.22 ; Section stockage et expédition	42
IV.22.1 ; Section de stockage a baisse température	42
IV.22.2 ; Section de stockage a température ambiante	42
IV.22.3 ; Section BOG (Boil-Off-Gas)	42
IV.22.4 ; Section jetée chargement navire (CN)	43
IV.22.5 ; Section par camion (CC)	43
Chapitre V : Simulation	
V.1 ; Problématique	44
V.1.1 ; Introduction	44
V.1.2 ; Origine de l’augmentation de la température du C3C	45
V.1.2.1 ; Quantité du propane produit	45
V.1.2.2 ; Percement des tubes des chillers	46
V.1.3 ; Autres causes possibles	46
V.1.3.1 ; L’accumulation de butane	47
V.1.3.2 ; Paramètre opératoire	47
V.2 ; Résultats et discussion	48
V.2.1 ; Introduction	48
V.2.2 ; Effet de la pression du propane commercial (C3C)	48
V.2.2.1 ; Données de simulation	48
V.2.2.2 ; Présentation des résultats de la simulation	48
V.2.2.3 ; Discussion	50
V.2.3 ; Effet de température du propane commercial (C3C)	50
V.2.3.1 ; Discussion	52
V.2.4 ; Conclusion	53
Conclusion générale	54
Bibliographie	
Annexe A	
Annexe B	

Liste Des Figures

Figure I.1 :	Récupération des GPL à partir du pétrole Brut.	3
Figure I.2 :	Récupération du GPL à partir des champs de G.N.	3
Figure I.3 :	Structure de butane.	4
Figure I.4 :	Structure de propane.	4
Figure I.5 :	Présentation de La consommation nationale du GPL.	11
Figure I.6 :	Répartition de la demande du GPL en Algérie.	12
Figure I.7 :	Sphère de stockage butane ambiant.	13
Figure II.1 :	Sphères de stockage tampon de GPL.	15
Figure II.2 :	Fractionnement de GPL.	18
Figure II.3 :	Colonne dé-éthaniseur.	20
Figure II.4 :	Colonne Dépentaniseur.	20
Figure II.5 :	Schéma synoptique de procédé de GPL.	21
Figure III.1 :	Un système de réfrigération typique et le cycle thermodynamique.	22
Figure III.2 :	Compresseur centrifuge.	24
Figure III.3 :	Hydrate sortie d'une gare racleur.	25
Figure III.4 :	Douze faces pentagonales.	26
Figure III.5 :	Deux faces hexagonales.	26
Figure III.6 :	Douze faces pentagonales.	27
Figure III.7 :	Quatre faces hexagonales.	27
Figure III.8 :	Procédé de liquéfaction de GPL.	28
Figure III.9 :	Section de décarbonations.	29
Figure IV.1 :	Schéma de section de réfrigération.	42
Figure IV.2 :	Stockage des produits réfrigérer.	43
Figure IV.3 :	Chargement par camion.	43
Figure IV.4 :	Chargement par navire.	43
Figure V.1 :	Boucle de réfrigération.	44
Figure V.2 :	Evolution de la teneur en C4 dans le propane produit (avril 2017).	45
Figure V.3 :	Schéma retenu pour la simulation du chiller.	48
Figure V.4 :	Variation de la température du C3C à la sortie du chiller en fonction de la température du C3C à l'entrée du chiller pour différents niveaux de pression (comprise entre 16.5 et 19 bars).	50
Figure V.5 :	Variation de température du C3C à la sortie du chiller en fonction de la température du C3C à l'entrée du chiller pour différents débits (entre 92 et 11 t/h).	52

Liste des tableaux

Tableau I.1	Comparaison de pouvoir calorifique entre le GPL et l'essence.	6
Tableau I.2	Comparaison de pouvoir calorifique entre les compositions de GPL.	6
Tableau I.3	Caractéristique de composition de GPL.	7
Tableau I.4	Consommation mondiale des GPL.	13
Tableau II.1	Le cycle de régénération comprend les pas suivants.	16
Tableau V.1	Résultats des analyses chromatographie du propane réfrigérant circulant dans la calandre de chiller.	46
Tableau V.2	Composition du propane commercial.	48
Tableau V.3	Paramètres opératoire du C3C à l'entrée du chiller.	48
Tableau V.4	Résultats de la simulation indiquant l'effet de pression du C3C à l'entrée Du chiller sur la température du C3C à la sortie du chiller.	49
Tableau V.5	Résultats de la simulation de l'effet de température C3C à l'entrée du Chiller sur la température du C3C à la sortie du chiller.	51
Tableau V.6	Température maximale admise du C3C à l'entrée du chiller pour chaque Débit de C3C (compris entre 92 et 117 t/h) à P = 17.31 bars.	53

Liste d'abréviation

GN : gaz naturel.
GNL : gaz naturel liquéfié.
GPL : gaz pétrolé liquéfié.
BT : bas température.
HT : haut température
MT : moyen température
Mt : millions tonnes.
HP : haut pression.
MP : moyenne pression.
BP : bas pression.
TVR: tension vapeur
\$: Dollars.
MEA: monoéthanolamine.
RTO : Distribution d'hydrocarbure régionale coté ouest.
GNT: gaz naturel traite.
MCR: multi composent réfrigérant.
PPm: partie par millions.
CH: cheveux.
API: américain pétrole industriel.
MON: indice d'octane moteur.
RON: indice d'octane recherché.
KW: kilo watt.
Kcal : kilo calorie.
Bbl/g: blue barrel par jour.
MTBE: Méthyl tert-butyl éther.
PDG: président directeur générale.
DEG: diéthylène glycol.
Eff: pression effective effective pressure.
MJ: mégajoule.
APS : Algérie presse service.
ARH : l'autorité de régulation des hydrocarbures.

Résumé :

Le GPL (Gaz Pétrolier Liquéfié) est essentiellement constitué de propane et du butane à l'état liquide. Cet état est atteint lorsque le gaz est refroidi à une température d'environ -42 °C pour propane et -10 °C pour le butane à pression atmosphérique.

Après traitement, la liquéfaction permet de condenser le GPL en réduisant son volume d'un facteur de près de 150 pour un même pouvoir calorifique, ce qui facilite son stockage et son transport par voie maritime. Le GPL est un liquide inodore, sans couleur, non corrosif et non toxique.

Le GPL est d'abord acheminé par gazoduc, du gisement où il a été extrait jusqu'à une usine de liquéfaction disposant d'une façade maritime et d'installations portuaires.

Dans l'unité de liquéfaction, le Gaz Pétrolier Liquéfié subit plusieurs traitements successifs : Epuration ; Déshydratation ; séparation; réfrigération.

Avant le chargement, le GPL est stocké à pression atmosphérique dans des bacs (réservoirs) métalliques ou en béton, ils possèdent une double paroi et une isolation thermique afin de maintenir le gaz à l'état liquide avec un minimum d'évaporation.

Le GPL est chargé à bord du méthanier, des navires géants spécialement conçus pour cet usage destiné vers le marché international soit par des camions citerne destiné vers le marché locale.

Abstract:

The LPG (GAS Liquefied Petroleum) is essentially composed of propane and butane in the liquid state. This state is reached when the gas is cooled to a temperature of approximately -42 °C for propane and -10°C for butane at atmospheric pressure.

After treatment, the liquefaction allows you to condense the LPG in reducing its volume by a factor of nearly 150 for a same calorific power, which facilitates its storage and transport by sea. The GPL is a liquid Odorless, without color, non-corrosive and non-toxic.

The LPG is first routed by pipeline, of the deposit where it was extracted up to a liquefaction plant with a facade of maritime and port facilities.

In the liquefaction unit, the petroleum gas is liquefied undergoes several successive treatments: Purge; Dehydration; Separation; refrigeration.

Before loading, the LPG is stored at atmospheric pressure in the trays (reservoirs) metal or concrete, they have a double wall and a thermal insulation in order to keep the gas in the liquid state with a minimum of evaporation.

The LPG is loaded aboard the LNG carrier, ships giants specially designed for this purpose intended toward the international market itself by trucks tank intended to the local market.

Key words: Gas liquefied petroleum, Liquefaction, Propane, Butane, Cryogenics.

المخلص :

إن الغاز البترولي المميع هو عبارة عن مركبين و هما البروبان و البوتان في الحالة السائلة. وهذه الحالة تكون درجة حرارته -42 درجة مئوية بالنسبة للبروبان و -10 درجة مئوية بالنسبة للبوتان وذلك في الضغط الجوي.

بعد المعالجة يمكن تقليص حجم عامل ما يقارب من 150 مع الحفاظ على القدرة الحرارية مما يسهل عملية تخزينه و نقله. الغاز البترولي المميع ليس له رائحة كما انه غير سام.

يوجه الغاز البترولي المميع بواسطة أنابيب من الآبار البترولية نحو مصنع التكرير والتمميع الذي يمتلك واجهة بحرية حيث تتم معالجته بعدة طرق وهي التنقية نزع الماء و عملية الفصل وأخرها عملية التبريد.

قبل شحن الغاز يتم تخزينه في خزانات معدنية أو خراسانية ذات حاجز مضاعف في الضغط الجوي و ذلك للحفاظ عليه في الحلة السائلة مع الحد الأدنى للتبخر.

يحمل الغاز البترولي المميع على متن سفن خاصة (ناقلات عملاقة) و ذلك لنقله للأسواق العالمية أو عن طريق شاحنات ذات صهاريج للأسواق المحلية.

الكلمات المفتاحية : الغاز البترولي المميع، التميع، البروبان ، البوتان ، درجة الحرارة المتدنية.

Introduction

Introduction générale : [1]

Le gaz naturel est une énergie primaire non renouvelable bien répartie dans le monde et de plus utilisée, il est connu depuis l'antiquité, son utilisation s'est généralisée surtout après la seconde guerre mondiale. Elle dispose de nombreux avantages : abondance relative, souplesse d'utilisation, prix compétitifs.

La mise en œuvre de cette énergie repose sur la maîtrise technique de l'ensemble de la chaîne gazière, qui va de l'extraction aux utilisateurs, en passant par le stockage, le transport, et la distribution.

Le gaz naturel est une énergie comme le charbon c'est un mélange dont le constituant principale est le méthane « CH_4 » (de 75 à 95%) ; un pourcentage non négligeable de CO_2 et de H_2O ainsi que des traces de certains éléments métalliques ; sous cette forme il est pratiquement inutilisable, donc il faut le traiter pour obtenir les gammes des produits consommables. Le marché international demande un traitement rigoureux, afin que le transport et la distribution se font par canalisation de gaz naturel est caractérisé par certaines spécifications notamment le pouvoir calorifique, la teneur C_5^+ et la teneur en eau. [1]

Le gaz de pétrole liquéfié connu sous le nom de GPL est obtenu à partir de pétrole brut après une distillation atmosphérique ou dans des champs de production du gaz naturel par utilisation de procédés de fractionnement.

De part son origine le gaz de pétrole liquéfié est un mélange d'hydrocarbures à teneurs variables en légers. À température et pression atmosphériques, il est gazeux, mais peut être liquéfié à température ambiante sous une pression modérée.

Le GPL n'a pas de propriétés lubrifiantes, il est incolore en phase vapeur, cependant quand le liquide est évaporé, l'effet de refroidissement de l'air d'environnement peut causer une condensation et même une congélation de la vapeur d'eau contenue dans l'air ce qui permet de rendre visible un espace de GPL. [2]

Chapitre I :

Généralité Sur

GPL

I. Généralités sur le gaz de pétrole liquéfié (GPL) :

I.1 ; Introduction : [3]

Le GPL (gaz du pétrole liquéfié) est un mélange gazeux constitué essentiellement de propane (C_3H_8), et de butane (C_4H_{10}), et un peu de traces de méthane (CH_4), de l'éthane (C_2H_6) et le pentane (C_5H_{12}).

Le GPL est un produit gazeux à la température ambiante et pression atmosphérique, il est liquéfié à faible pression et une température très basse pour faciliter son transport, stockage et sa commercialisation, il se gazéifie au moment de son utilisation.

Le GPL est caractérisé par un indice d'octane recherché (RON) naturellement élevé atteignant aisément 98. Cette propriété découle en fait directement de des valeurs de RON de chacun de ces constituants, Par ailleurs, son indice d'octane moteur (MON) est, lui aussi légèrement plus élevé que celui des essences classiques.

Il existe un inconvénient majeur à l'encombrement, le réservoir peut amputer le volume du coffre. Toutefois les constructeurs proposent dès la conception de leur.

- évitée pollution.
- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation.
- Le GPL est non corrosif à l'acier mais généralement aux cuivres et ces alliages ou l'aluminium.
- Le GPL n'a aucune propriété de lubrification et cet effet doit être pris en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et Compresseurs).
- Le GPL est incolore, que ce soit phase liquide ou gazeux.
- Les GPL carburant répondent bien aux problèmes de pollution des villes.

I.2 ; Les sources des GPL : [4]

Le GPL est obtenu principalement :

*- Dans les raffineries, soit au cours de distillation du pétrole brut ou lors cracking ou de Reforming des produits en vue de la production des essences.

*- Au cours des séparations du gaz naturel (GN) qui a pour but de séparer et de récupérer les condensats et GPL (propane, butane, C5+) dans les champs.

*- Par la séparation fractionnée de brut.

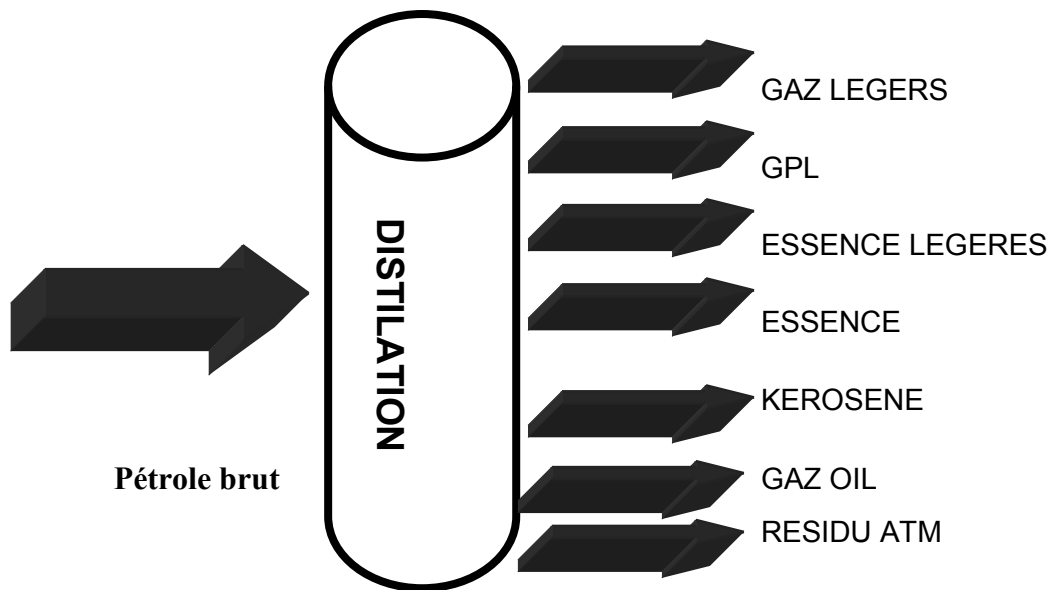


Figure I.1 : Récupération du GPL à partir du pétrole Brut

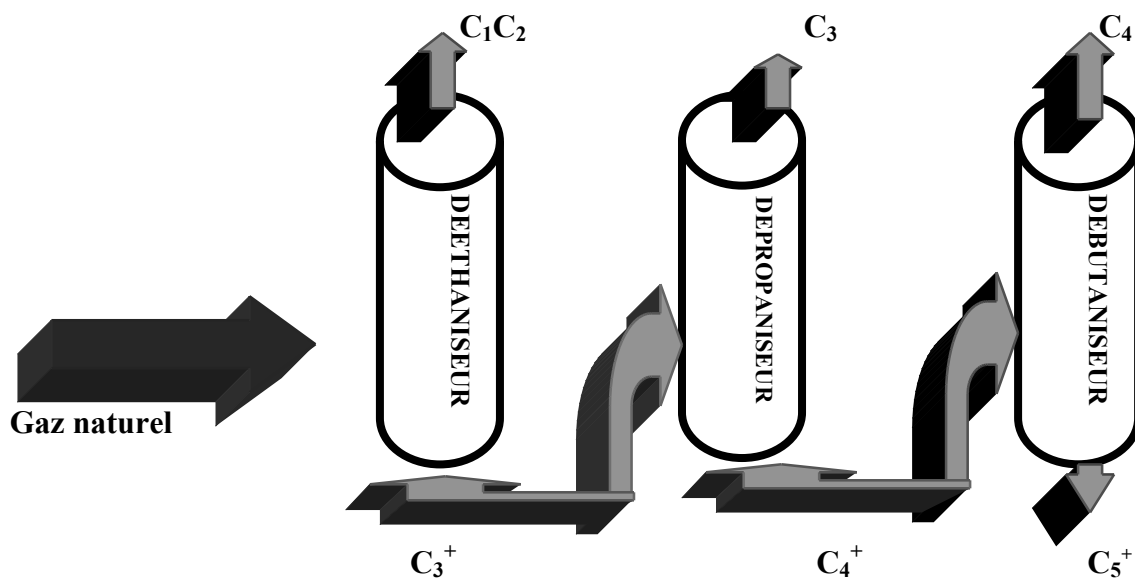


Figure I.2 : Récupération du GPL à partir des champs de G.N

I.3 ; Composition du GPL : [5]

Le GPL est composé d'environ 80 % de butane (C₄H₁₀) et 20 % de propane (C₃H₈). C'est un carburant dit propre, issu du raffinage du pétrole brut. Son utilisation présente des avantages par rapport d'autre combustible en permettant de réduire de :

- 50 % les émissions d'oxyde d'azote.
- 50 % celles des monoxydes de carbone.
- 90 % celles des hydrocarbures et particules.

I.3.1 ; Composition chimique: [5]

Les molécules de propane et de butane sont formées respectivement de 3 et 4 atomes de carbone et de 8 et 10 atomes d'hydrogène. Ces atomes sont tous reliés par des liaisons simples (ou covalentes), Cela signifie que tous les atomes liés entre eux mettent en commun un électron de leurs couches externes afin de former des doublets d'électrons qui maintiennent l'attraction entre les atomes, la structure chimique des deux composants principaux du GPL est représentée ci-dessous (Fig. I.1 et I.2).

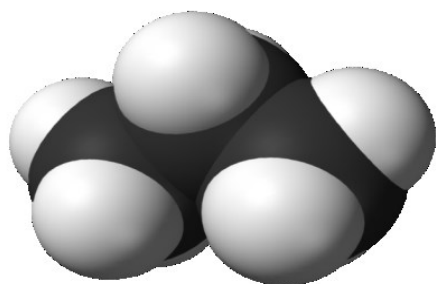


Figure I.3 : structure de butane

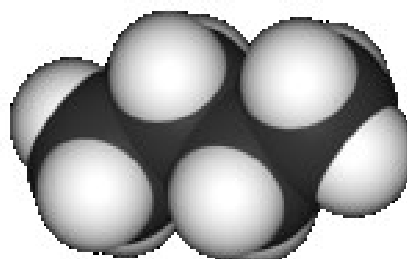


Figure I.4 : structure de propane

Le propane et le butane sont naturellement gazeux à pression atmosphérique (1 bar) et à température ambiante (15 °C). Ils peuvent toute fois facilement être liquéfiés et sont alors qualifiés de GPL. Cet état liquide permet de les manipuler, de les transporter et 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). [5]

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 -10°C. A titre de comparaison, le méthane (CH₄), principal composant du gaz naturel, se liquéfie sous haute pression (47 bar à -82°C) ou à très basse température (1 bar à -161°C).

Notons que le GPL carburant, mélange de propane et de butane, a également un point de liquéfaction différent de celui des deux gaz le constituant : il se situe à -25°C à pression atmosphérique. [6]

I.4 ; Propriétés et caractéristiques du GPL : [7]

Odeur : Le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant, ce sont des composés sulfures (mercaptants) tel que le diéthylmercaptane ou le diméthyle sulfide pour des raisons de sécurité, dans des limites à des fin des commercialisations.

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

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

Densité: aux conditions normales de température et pression, le GPL sont plus lourds que l'air, il est diminué avec l'augmentation de la température à titre exemple :

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

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

Température d'ébullition: A la pression atmosphérique la température d'ébullition de propane est de -42 °C et Celle de butane est de - 10 °C.

Impuretés: Le GPL produit au niveau des différents champs doit répondre aux spécifications suivantes :

-Teneur en gaz sec inférieur ou égale à 3 % mol.

-Teneur en condensat inférieur ou égale à 0. 4 % mol.

Normes de GP2/Z :

- Le pourcentage maxi du butane dans le propane produit est de 2,2 % mole.
- Le pourcentage maxi d'éthane dans le propane produit est de 4,8 % mole.
- Le pourcentage maxi du propane dans le butane produit est de 25% mole.
- Le pourcentage maxi du pentane dans le butane est de 1,75% mole.

Toxicité: Le GPL s'enflamme dans l'air, il émet un gaz considère comme toxique. Le gaz en question dénomme le monoxyde de carbone est formé suite à une combustion.

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

- iso - butane : PC = 29460 (kcal/k).

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

- Propane : PC = 22506 (kcal/ kg). [7]

I.4.1 ; Pouvoir calorifique : [8]

I.4.1.1 ; Pouvoir calorifique supérieur (PCS) :

C'est l'énergie thermique libérée par la combustion d'un kilogramme de combustible. Cette énergie comprend la chaleur sensible, mais aussi la chaleur latente de vaporisation de l'eau, généralement produite par la combustion. Cette énergie peut être entièrement récupérée si la vapeur d'eau émise est condensée, c'est-à-dire si toute l'eau vaporisée se retrouve finalement sous forme liquide.

I.4.1.2 ; Pouvoir calorifique inférieur (PCI) :

C'est l'énergie thermique libérée par la combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible, à l'exclusion de l'énergie de vaporisation chaleur latente de l'eau présente en fin de réaction

POUVOIR CALORIFIQUE	ESSENCE	GPL
Pouvoir calorifique supérieur (kcal/kg)	11300	11850
Pouvoir calorifique inferieur (kcal/kg)	10500	11000
Pouvoir calorifique supérieur (kcal/litre)	8200	6480
Pouvoir calorifique inferieur (kcal/litre)	7600	6050

Tableau I.1 : Comparaison de pouvoir calorifique entre le GPL et l'essence.

		PCS	PSI		
Carburants	Unité	Kw.h	MJ	Kw.h	MJ
Butane	Kg	13.72	49	12.61	45
Propane	Kg	13.83	50	12.79	46
Butane	m³	33.48	121	30.75	111
Propane	m³	25.95	93	23.95	86
Bois	Kg	5.46	20	5.11	18
anthracite	Kg	9.95	36	9.53	34
Foil domestique	L	10.74	39	10.06	36
Foil lourd N°2	Kg	11.69	42	10.99	40
Gaz de lack (méthane)	m³	11.45	41	10.35	37
Gaz de Groningen (méthane)	m³	9.76	35	8.79	32

Tableau I.2 : Comparaison de pouvoir calorifique entre les compositions de GPL

Équivalence kWh - joule 1 kWh = 3600 000 J

La puissance est le dérivé de l'énergie:

Dans le cas particulier où la puissance est. Constante : $P = E/t$ ou $E = Pt$

	Propane (C3H8)	Isobutane (i-C4H10)	n-butane (n-C4H10)
Tension de vapeur à 10 °C (kg/cm ²)	6.2	1.3	1.5
Point d'ébullition à 760 mm hg °C	-42	-11.8	-5.0
Densité de gaz obtenus à partir litre de liquide	7.272	229.3	237.8
Densité de la vapeur à 15 °C	1.86	2.45	2.45
Pouvoir calorifique supérieur kcal/kg	11980	11828	11586
Température d'auto inflammation °C	480	480	420
Kg d'aire comburant par kg de gaz	15.8	15.6	15.6
Nombre d'octane	96	97	89
Tension vapeur (TVR) à -20 °C	2.6	0.6	0.5
Tension de vapeur (TVR) à 0 °C	5	1.7	1.1
Tension de vapeur (TVR) à +20 °C	9	2.3	2.2
Tension de vapeur (TVR) à +40 °C	14.5	5.7	4
Limite d'explosion	2.2 à 9.4	-----	1.9 à 8.5

Tableau I.3 : Caractéristiques de composition de GPL [8]

I.5 ; Domaines d'utilisation du GPL: [10]

I.5.1 ; Le GPL comme carburant:

La combustion du GPL est assez propre, elle ne produit pas de suies, peu de monoxyde de carbone, relativement peu d'hydrocarbures imbrûlés, et assez peu de dioxyde de carbone, par rapport aux autres carburants et combustibles dérivés du pétrole, Par ailleurs, les hydrocarbures imbrûlés issus de la combustion du GPL sont des chaînes carbonées courtes, donc moins toxiques que leurs homologues issus de l'essence, du gasoil, ou du fuel. C'est un carburant qui préserve les

performances du véhicule et réduit même l'usure du moteur. Le GPL représente près de 60% du parc « essence » en Hollande, plus de 30% en Italie, de 40 à 60% aux Etats-Unis et au Canada.

La demande pour le GPL en Algérie a augmenté, Le PDG de Naftal a précisé que «nous faisons 2500 conversions par an, en 2015 nous avons convertis 7000 voitures, en 2017, 17 000 véhicules convertis», en ajoutant qu'«2015, nous avons 27 centres de conversions, et aujourd'hui, nous avons 45 centres, en plus des privés. La capacité nationale de conversion en 2017 était de 60 000 véhicules». [9]

I.5.2 ; Le GPL dans la climatisation :

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

I.5.3 ; Production d'énergie :

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

Utiliser dans le domaine de l'élevage (éclairage, climatisation, chauffage).

Utiliser pour les turbines à gaz.

I.5.4 ; Le GPL dans la pétrochimie:

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

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

Le butane utilisé dans la fabrication MTBE qui sert comme booster d'octane des essences en substitution au plomb, il ainsi utilisé comme charge des unités d'alcoylation (radicaux monovalents résultant formellement d'hydrocarbures aliphatiques saturés) Le propane et le butane sont utilisés pour la production d'acétaldéhyde, formaldéhyde, l'acide acétique et l'acétone.

I.5.5 ; Le GPL comme combustible :

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.

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

I.5.6 ; Le GPL dans L'agriculture:

L'utilisation du GPL dans ce secteur sera orientée vers l'agriculture, et certain culture sous serre, le niveau de consommation prévu est relativement faible (40.000 tonnes/an) pour le court

terme, il est attendu une évolution plus significative à moyen et long terme particulièrement par l'introduction dans le domaine de l'élevage (éclairage, climatisation, chauffage....etc. [10]

I.6 ; Les risques de GPL :

Les GPL sont fréquemment stockés à l'état liquide sous pression, la fuite du liquide peut, par évaporation rapide, donner un grand volume de gaz inflammable.

Les GPL liquides par évaporation peut causer des brûlures sévères, des vêtements de protection doivent être portés (gants, lunettes).

La limite inférieure d'inflammabilité du gaz approximativement à 2% du volume du gaz dans l'air. Une petite portion de gaz dans l'air peut donner un mélange inflammable qui peut être enflammé par un élément chaud ou une étincelle à distance d'un point de fuite. [11]

I.7 ; La production de GPL : [12]

I.7.1 ; La production de GPL en Algérie:

Puisque l'Algérie est un pays pétrolier et gazier, l'industrie du GPL est très important, sa production suivi une croissance soutenue en raison de l'intérêt suscité chez.

Les pays industrialisés par 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 GP1Z. La production nationale est largement excédentaire par rapport à la demande d'un marché national.

Durant les dernières années, l'industrie Algérienne du GPL a connue 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 des disponibilités importantes du GPL.

Depuis la mise en exploitation du champ gazier de Hamra en 1996, la production du GPL en Algérie connue un développement rapide.

Le niveau de l'offre national du GPL est de l'ordre de 5,5 millions de tonnes en 1996, et plus de 7,3 millions de tonnes en 1998, et environ 9 millions de tonnes en 2001, et de 12,5 millions de tonnes en 2006 lorsque les projets développés sont été mise en service. Cette offre provenant de trois sources différentes :

- 10% obtenus à la suite du raffinage du pétrole brut aux raffineries de Skikda, Arzew, Alger.
- 11% sont obtenus à l'issue de la liquéfaction du gaz naturel aux complexes de liquéfaction de SONATRACH GL2Z, GL1K.
- 79% sont produits à partir des gisements d'hydrocarbures, suite à la séparation du gaz et le traitement du pétrole brut ; soit 4,35 millions de tonnes. [12]

La consommation du GPL (gaz de pétrole liquéfié) a augmenté de près de 30% en 2017, indiquent les données de l'Autorité de régulation des hydrocarbures (ARH) rapportées par l'agence Algérie Presse Service (APS). Elle a atteint 456.978 tonnes, contre 351.571 tonnes en 2016. [13]

I.7.2 ; La production mondiale du GPL :

La production des GPL a augmenté dans presque toutes les régions du monde. En 2008 l'offre mondiale était d'environ 239 millions de tonnes (environ 7,7 millions de bbl/j), en hausse par rapport à 2007 en raison des hausses de la production de pétrole et de GNL.

D'autre part, L'approvisionnement mondial de GPL a augmenté de 198 millions de tonnes en 2000 à 239 millions de tonnes en 2008. Ainsi l'approvisionnement a augmenté d'environ 2,4% /an. Purvin et Gertz s'attend à ce que l'offre atteigne environ 270 millions de tonnes en 2012. [14]

La production mondiale a atteint plus de 292mt / an en 2015. [15]

Au Moyen Orient, la production des 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. Cette région est actuellement la principale source d'exportation de GPL dans le monde.

En Algérie et en Afrique du Nord, où les GPL sont surtout récupérés à partir du gaz naturel dans les unités de liquéfaction.

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. L'offre mondiale de GPL. [12]

I.8 ; La consommation de GPL : [16]

I.8.1 ; La consommation nationale du GPL :

La consommation nationale du GPL a connu un rythme très élevé à partir de 1970, suite à la mise en place de nouvelles capacités en 1980 par 29 centres en futurs portant la capacité de 1,2 millions de tonnes/an en une équipe, soit l'équivalent de 43 centres en futur implantés à travers l'ensemble du territoire national. La consommation est passée de 148.000 tonnes en 1970 (11kg / habitant) et à 720.000 tonnes en 1975 (38kg/habitant) pour atteindre 1,4 millions de tonnes en 1996 (51 kg/habitant).

La consommation de GPL comme carburant en Algérie a augmenté de 9% au mois de janvier 2016 par rapport à la même période de 2015. La forte augmentation des prix de l'essence et du gas-oil durant cette année aura donc incité les automobilistes à utiliser le plus souvent le GPL-c qui, lui, n'a pas subi d'augmentation, restant à 9 dinars le litre.

Cette augmentation de consommation de GPL suite à la conversions de véhicules au GPL ont doublé. 5.000 véhicules ont été convertis au GPL en 2015 contre 2.500 en 2014. Dont la consommation peut atteindre 3 millions de tonnes de GPL-c à l'horizon 2020, ce qui correspond à 340.000 véhicules converties et roulant au GPL-c ainsi que la baisse de la consommation d'essence de 1 million de tonnes. [17]

La consommation de GPL est passée à 450 000 tonnes en 2017 grâce à la conversion de 60 000 véhicules, soit une hausse de 28%. Cette augmentation substantielle est notamment due à la flambée des prix de l'essence à la pompe. [17]

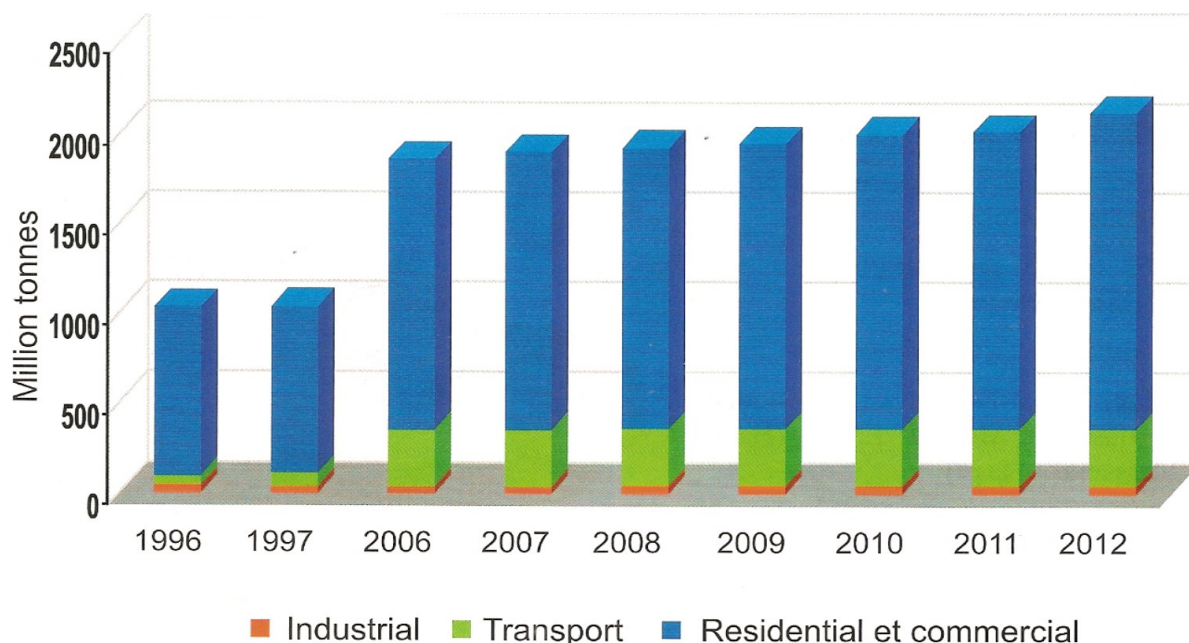


Figure I.5 : Présentation de la consommation nationale du GPL [16]

I.8.2 ; La consommation mondiale en GPL : [12]

Actuellement, Les GPL représentent 2% de la consommation énergétique mondiale. La demande mondiale en GPL a augmenté à un rythme bien supérieur à celui de la demande énergétique totale en atteignant 170 MT en 2000. Cette demande est dominée par le secteur résidentiel dans le marché asiatique et par leur secteur de raffinage (18%) et de la pétrochimie (43%) aux Etats-Unis, la demande en Europe est équilibrée entre ces trois secteurs.

Le secteur résidentiel et commercial constitue la plus grande part du marché des principaux consommateurs, soit 42% de la demande totale en 1995.

En raison de la pénétration du gaz naturel, ce secteur se stabilise dans les pays occidentaux: Amérique, Europe de L'Ouest. Les secteurs de transports et de la pétrochimie sont appelés à se développer dans le futur. Dans le secteur pétrochimique, l'Amérique du nord et l'Europe de l'Ouest dominent la consommation mondiale du GPL (78% en 1995). Au Moyen Orient et en Europe de l'Est, une des fortes perspectives de développement de ce secteur avec des taux de croissance de 23% et 18% en 1985 et 2000 respectivement. Pour le secteur de transport, la consommation du GPL reste relativement modeste, comparativement aux secteurs (6% en moyenne). [12]

En 2016 la consommation mondiale de GPL a atteint 298 millions tonnes et en europe 38 millions tonnes. [18]

Pays	Consommation (MT)	Pays	Consommation (MT)
U.S.A	41.000	Espagne	2.327
Japon	18.900	Russie	8.600
Italie	3.430	Algérie	3.600
Grande Bretagne	2.750	Australie	1.400
Allemagne	2.677	Chine	2.300
France	2.655	Inde	2.000
Hollande	2.5	---	----

Tableau I.4 : Consommation mondiale des GPL.

I.9 ; Répartition de la demande du GPL en Algérie :

Elle repartit comme suit :

- * 336.000 tonnes (24%) dans la région ouest
- * 516.000 tonnes (37%) dans la région est
- * 401.000 tonnes (29%) dans la région centre
- * en fin (10%) au sud.

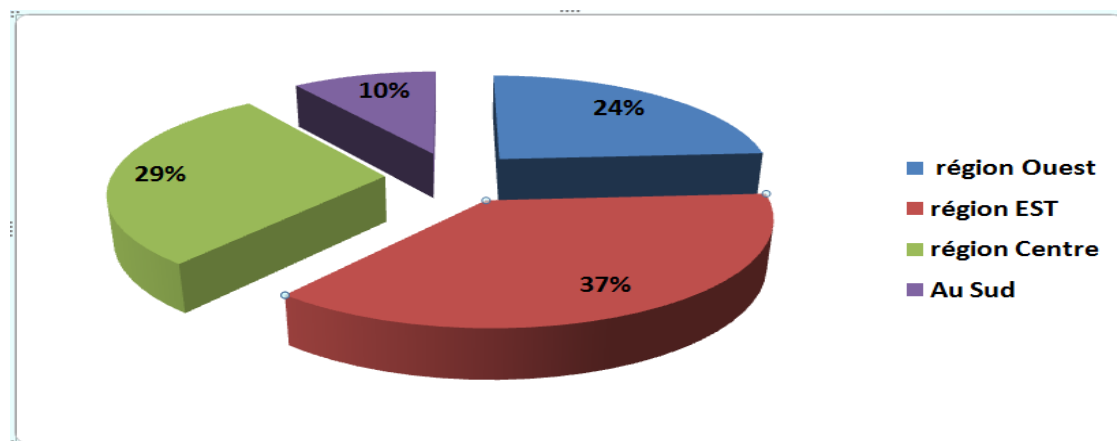


Figure I.6: Répartition de la demande du GPL en Algérie.

I.10 ; GPL commercial : [19]

I.10.1 ; Propane commercial :

Mélange d'hydrocarbures composé de 90 % environ de propène et pour le sur plus d'éthane, d'éthylène, de butanes et de butènes

- Masse volumique : égale ou supérieure à 0.502 kg/l à 15 °C
- Pression de vapeur relative à 50 °C : comprise entre 11.5 bars et 19.3 bars.
- Teneur en soufre : inférieur à 0.005 % poids.
- Corrosion lame de cuivre : 1 b maximum.

- Teneur en eau : non décelable l'essai au bromure de cobalt.
- Evaporation : point final d'ébullition inférieure ou égale à 15 °C. [19]

I.10.2 ; Butane commercial :

Mélange d'hydrocarbures composé principalement de butanes et de butènes et contenant moins de 19 % en volume de propane et de propène.

- *- Masse volumique : égale ou supérieur à 0.559 kg/l à 15°C.
- *- Pression de vapeur relative à 50°C : inférieur ou égale à 6.9 bars.
- *- Composés sulfurés : absence de réaction à l'essai au plombite de sodium dit « doctor test spécial ».
- *- Corrosion lame de cuivre : 1b maximum.
- *- Teneur en eau : absence d'eau séparable par décantation.
- *- Evaporation : point finale d'ébullition inférieur ou égale à 1°C. [20]

I.11 ; Section de stockage :

I.11.1 ; Butane ambiant :

La section de stockage ambiant comporte 02 sphères, Le butane est stocké à température ambiante et la pression est maintenue dans les sphères à 8 bars au moyen de la PVA. Le circuit de maintien de pression des sphères de butane et des sphères de GPL est commun : la pression y est maintenue par la PV A. En cas d'augmentation de pression dans les sphères, la PV B s'ouvre vers torche via le ballon fuel gaz. [21]



Figure I.7 : Sphère de stockage butane ambiant.

Chapitre II :

Description

des procédés

II.1 ; Description générale du procédé : [22]

La charge GPL est composée en grande partie de propane, de butane et d'un faible taux de méthane, éthane et de pentane. Elle provient de différents champs pétroliers du sud « Hassi R'mel, Hassi Messaoud, etc. ... ».

Les sources du GPL proviennent du sud :

Une charge théorique, qui représente la moyenne pondérée des douze charges est utilisée pour définir le fonctionnement normal, elle est désignée charge n°13.

Les douze charges sont combinées en deux groupes avec la composition la plus sévère en ce qui concerne la teneur en éthane et en pentane. Ces charges théoriques sont désignées : charges n°14 et 15.

La charge est envoyée à travers des stations de pompages puis transite par RTO. A l'arrivée du complexe, la charge est filtrée et stockée dans des sphères, pour assurer la marche en toute sécurité en cas de problème au niveau des stations de pompage et de transport.

A la sortie des sphères, le GPL est envoyé après la section déshydratation vers les deux splitters pour être séparé en butane et en propane, le propane est récupéré en tête de colonne et le butane est récupéré en fond de colonne, ce dernier passe dans le rebouilleur pour être chauffé par la TORADA TC venant du four. La partie vapeur obtenue du butane retourne vers la colonne pour y maintenir la chauffe en fond de colonne. La partie liquide du butane sert à préchauffer la charge de GPL puis elle est envoyée vers la section réfrigération, où elle est refroidie en deux stades (HP, MP).

Le Propane obtenue en tête de la colonne est utilisé en partie comme reflux vers la colonne. L'autre partie est envoyée vers la section réfrigération, où elle est refroidie en trois stades (HP, MP, BP).

Le stockage des produits finis le Propane commercial C3 et le Butane commercial C4 se fait respectivement dans deux bacs. Pour le Butane C4 ambiant, le stockage se fait dans deux sphères.

II.2 ; Procédé de fabrication : [23]

Le GPL venant de l'extérieur est stocké dans 16 réservoirs sphériques dans la section de stockage de la charge, ensuite le GPL brut est acheminé vers les 6 trains identiques installés en parallèle. Chaque train est conçu de manière à produire 1.000.000 de tonnes/an et comprend les sections suivantes :

II.2.1 ; stockage tampon de GPL mélange :

Le pétrole Algérien réputé pour sa haute qualité en raison de la faible présence des impuretés tels que le soufre, les sels et quelques traces d'eau.

Le GPL qui vient, subit une détente jusqu'à 19 bars et passe aux sphères de stockage où il est stocké à une pression entre [7-10] kg /cm². Puisque le GPL est un mélange, alors il est toujours en turbulence, pour cela on injecte le fuel – gaz pour le rendre plus stable. La pression de 10

kg/cm² est maintenue par un pic 0604 qui permet l'admission ou l'évacuation du fuel -gaz à partir de la station fuel – gaz. Ce genre de stockage est appelé un stockage tampon (le débit de la charge sortante égale au débit de la charge d'alimentation).

Le mélange GPL est pompé des sphères vers l'unité déshydratation pour éliminer les molécules d'eau (la plus grande quantité). [11]



Figure II.1 : sphères de stockage tampon de GPL.

II.2.2 ; Section déshydratation : [23]

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

L'unité de déshydratation a été conçue pour sécher le produit GPL, elle est constituée par les équipements suivants :

- *- Un coalescer d'alimentation.
- *- Deux sécheurs (adsorbants).
- *- Deux filtres de GPL.
- *- Un préchauffeur des gaz de régénération.
- *- Un aérocondenseur des gaz de régénération.
- *- Un séparateur des gaz de régénération.

II.2.2.1 ; Principe de fonctionnement :

Le procédé de déshydratation est constitué de trois colonnes remplies d'adsorbant.

A tout instant, une colonne est en adsorption, l'autre en régénération tandis que la troisième en attente.

La durée d'adsorption est de 36 heures. À l'expiration de ce temps, la colonne en attente est mise en ligne et la colonne qui était en service passe en régénération. A ce moment, la troisième colonne a achevé son cycle de régénération et passe en attente.

La charge contenant de l'eau dissoute passe de bas en haut dans la première colonne en traversant le lit adsorbant de tamis moléculaires.

II.2.2.2 ; Cycle de régénération :

Il est composé de plusieurs séquences : drainage, dépressurisation, réchauffage, refroidissement, pressurisation, remplissage. La durée totale de la régénération est de 19 heures.

Etapes	Temps (H)	Pression (bar – kg/cm ²)	Température (°C)
Drainage	1	20	30
Dépressurisation	0,5	4,5	30
Réchauffage	11	4,5	280
Refroidissement	5	4,5	12,7
Pressurisation	0,5	20	45
remplissage	1	30	30

Tableau II-1: Le cycle de régénération comprend les pas suivants.

II.2.2.2.1 ; Drainage :

La séquence de régénération commence par le drainage du GPL restant dans la colonne d'adsorption, le GPL brut est évacué vers les réservoirs sphériques d'alimentation sous la Pression du gaz naturel (20 Kg/cm² eff) introduit en haut de la colonne. Le temps prévu pour le drainage est d'environ 1 heure.

II.2.2.2.2 ; Dépressurisation :

Afin de préparer la colonne à la séquence de chauffage il convient de réduire la pression de 20 à 4.5 Kg/cm² eff, cela est réalisé par l'évacuation le gaz naturel vers la section fuel gaz. L'opération demande environ ½ heure.

II.2.2.2.3 ; Réchauffage :

Cette séquence représente l'opération principale du cycle de régénération, le chauffage se fait par le passage du gaz naturel chauffé à 280 °C dans la zone de convection du four. Ce passage se fait du haut en bas et l'eau contenue dans les tamis moléculaires sera donc évaporée. L'aero-réfrigérant est mis en service pour refroidir le gaz sortant du lit et pour condenser une partie d'eau contenue dans ce gaz. Ce dernier entre dans le séparateur de drainage où l'eau libre est séparée et s'écoule vers les égouts des eaux huileuses, le gaz refroidi passe en tête vers le réseau fuel gaz.

La période de chauffage nécessite une durée de 11 heures ensuite le cycle est arrêté par le programmeur qui signale que le fond du lit a atteint sa température de régénération 200°C.

II.2.2.2.4 ; Refroidissement :

La colonne chaude après la séquence de réchauffage est refroidie par le gaz naturel froid à 12.7°C. Le gaz utilisé pendant le cycle de refroidissement continue à s'écouler vers le réseau fuel gaz. La durée de refroidissement est environ 5 heures.

II.2.2.2.5 ; Pressurisation :

Avant le remplissage de la colonne en GPL, il faut augmenter sa pression par l'injection du gaz naturel à 20 Kg/cm^2 eff pour éviter une détente brusque du GPL et la détérioration du tamis moléculaire. L'opération demande $\frac{1}{2}$ heure.

II.2.2.2.6 ; Remplissage :

Après la remise sous pression de l'adsorbeur, le GPL liquide peut être réintroduit dans la colonne sans risque de détente et au fur et à mesure qu'il remonte dans la colonne, le gaz naturel est refoulé vers le ballon séparateur.

II.2.2.3 ; But de l'opération de déshydratation des gaz :

Cette opération unitaire très importante utilisée en générale dans les traitements des gaz en amont de la partie séparation et réfrigération est considérée comme un pré traitement afin d'éviter :

- *- Le Risque de solidification dans les procédés cryogéniques le cas de la déshydratation de garde.
- *- Le Risque de corrosion des pipes (surtout en présence de gaz acide).
- *- Le Risque de formation des hydrates.
- *- L'écoulement bi phasique et augmentation de la perte de charge.
- *- La Diminution du pouvoir calorifique du gaz.

II.2.3 ; Section de séparation : [23]

Avant que le propane sortant du dé-éthaniseur ne soit envoyé vers la section réfrigération, il est refroidi dans le préchauffeur de la charge en cédant une partie de sa chaleur au GPL brut cité auparavant, ensuite refroidi à travers les aéro-refroidisseur.

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

Le GPL récupère d'abord la chaleur du propane, produit sortant du fond du dé-éthaniseur dans le préchauffeur, ensuite il y a une autre récupération de chaleur dans le préchauffeur, cette fois-ci sur le produit du fond de fractionnateur. Le GPL brut est finalement amené à son point de bulle dans le préchauffeur par le biais d'une l'huile chaude.

II.2.3.1 ; Fractionnateur : [24]

La séparation du propane et du butane dans le fractionnateur est une opération essentielle pour réaliser les taux de récupération voulus de chaque produit. Le fractionnateur est une colonne de distillation à 55 plateaux à clapet, son rôle est de réaliser la séparation du GPL brut, le propane en tête et le butane au fond.

Le GPL est introduit à travers une des trois alimentations (23^{ème}, 24^{ème}, 25^{ème} plateaux) suivant la composition de la charge. La séparation du propane et du butane dans le fractionnateur est obtenue en choisissant les taux de reflux et de rebouillage optimaux.

On utilise la température au plateau 36 comme critère de fonctionnement pour régler le débit du fluide caloporteur vers les rebouilleurs et de déterminer la teneur en propane dans le butane commercialisé.

Les produits de tête du fractionnateur sont condensés à travers les aéro-refrigérants, récupérés au niveau du ballon de reflux, puis aspirés et refoulés par la pompe de reflux, une partie est envoyée vers la colonne comme reflux pour refroidir les produits de tête, l'autre partie est envoyée vers le dé-éthaniseur si la teneur en éthane est supérieure à 2%.

Avant que le propane sortant du dé-éthaniseur ne soit envoyé vers la section réfrigération, il est refroidi dans le préchauffeur de la charge en cédant une partie de sa chaleur au GPL brut cité auparavant, ensuite refroidi à travers les aéro-refroidisseur.

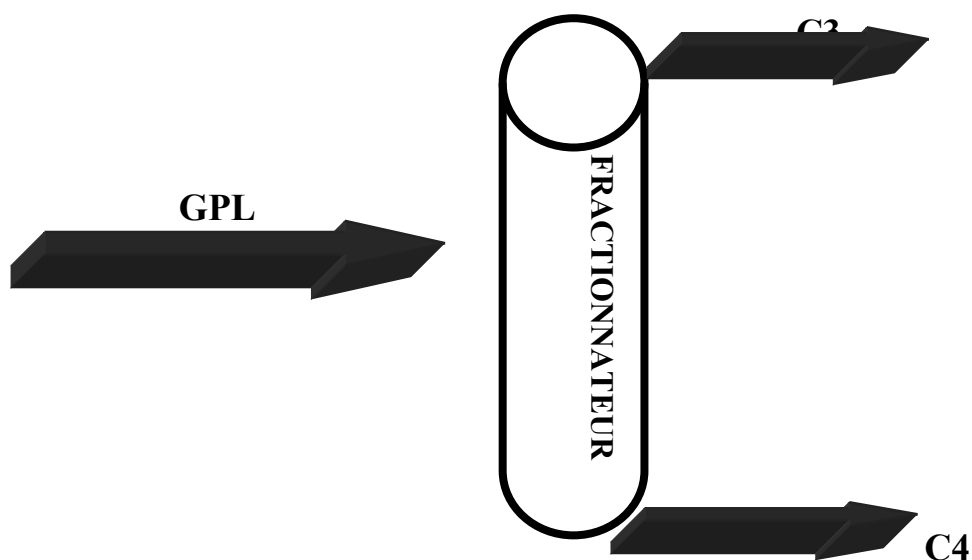


Figure II.2: fractionnement de GPL.

II.2.3.1.1 ; Paramètres de fonctionnement :

II.2.3.1.1 .1 : Températures :

Alimentation du fractionnateur : La température de l'alimentation de la colonne en GPL brut se fait à son point d'ébullition, son point de consigne est maintenu constant à 71°C.

Plateau sensible 36 : La température au 36^{ème} plateau, contrôle le taux de rebouillage dans le fractionnateur et en particulier la teneur en propane du produit de fond et par conséquent la teneur en propane du butane commercial.

II.2.3.1.1 .2 ; Pressions :

Pression de la colonne : Le fractionnateur est conçu pour fonctionner à une pression fixe de 20.2 Kg/cm² eff, pour toutes les conditions de charge et de production en vue de fonctionnement optimum.

Ballon de reflux : Ce ballon fonctionne à une pression constante de 19,5 Kg/cm² eff, Un contrôleur sert à éliminer toute surpression du système de tête qui pourrait se produire essentiellement par accumulation de composants inertes.

Pression de tête : Une différence de pression est fixée et maintenue entre la pression en haut de la colonne réglée par et la pression du afin d'obtenir un fonctionnement stable du condenseur.

II.2.3.1.1.3 ; Débit ;

Pendant le fonctionnement normal, le débit de reflux est maintenu constant à 400 m³/heure, afin d'obtenir le fractionnement voulu pour le taux de récupération garanti du propane et du butane avec toutes les sources de charge possibles.

II.2.3.2 ; Dé-éthaniseur : [24]

Le dé-éthaniseur normalement exploité en vue d'une production de propane commercial de faible teneur en éthane. On peut le by passer lorsque les charges en cours présentent une faible teneur en éthane, étant donné que la teneur maximale admissible en éthane dans le propane commercial est de 2 % mole (norme Sonatrach). Cependant, dès que le rapport C₂/ (C₃+C₂) dans la charge approche et dépasse 2 % mole, le dé-éthaniseur doit être mis en service.

Le dé-éthaniseur est une colonne de distillation à 25 plateaux à clapets munis d'un condenseur de tête, d'un ballon de reflux et d'un rebouilleur. Les produits de tête du dé- éthaniseur sont condensés partiellement à l'aide des échangeurs à 5°C. La partie non condensée est envoyée vers la section fuel gaz en passant par la vanne et la partie condensée est reprise par la pompe pour être utilisée comme reflux.

Le propane soutiré au fond de la colonne passe en premier lieu dans le préchauffeur primaire pour préchauffer le GPL brut, puis envoyé vers les aéro-refrigérants, où il va être refroidi avant d'être acheminé vers la section réfrigération.

II.2.3.2.1 ; Paramètres de fonctionnement :

II.2.3.2.1.1 ; Température : La température d'alimentation de la colonne est maintenue constante à 62°C.

Plateau sensible 22 : La température au plateau 22 a été choisie pour contrôler le rebouillage au niveau du, un point de consigne de 61°C doit être utilisé pour produire du propane contenant 1% mole d'éthane, la teneur en éthane contenue dans le propane devrait être entre 1-2% mole.

II.2.3.2.1.2 ; Pression : Le dé-éthaniseur est conçu pour fonctionner à une pression fixée à 22 Kg/cm².eff. À cette pression, la qualité du gaz de purge est contrôlée directement par la température du ballon de reflux et la qualité du propane commercial est contrôlée directement par la température au plateau 22.

II.2.3.2.1.3 ; Débit : Le débit de reflux de tête est réglé en cascade avec le régulateur de niveau dans le ballon de reflux ainsi, le débit de reflux dépend directement du taux de rebouillage.

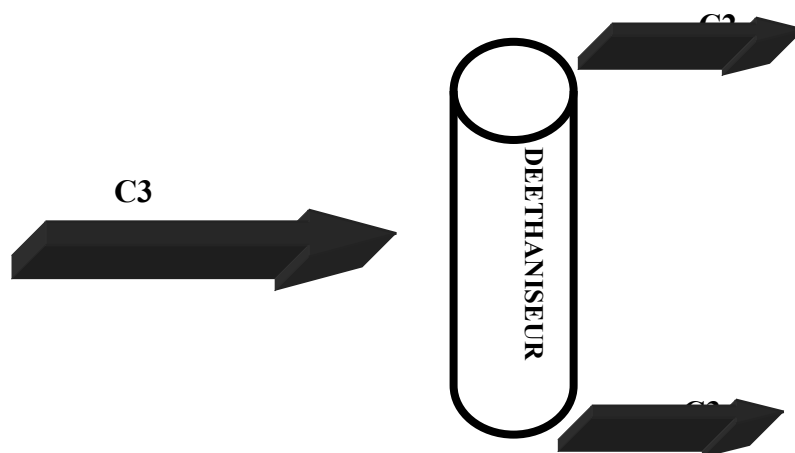


Figure II.3 : colonne dé-éthaniseur.

II.2.3.3 ; Dépentaniseur : [23]

C'est une colonne de fractionnement équipée de 50 plateaux à clapets. Cette colonne est utilisée pour éliminer le pentane contenu dans le butane et ceci selon la teneur en pentane de la source d'approvisionnement.

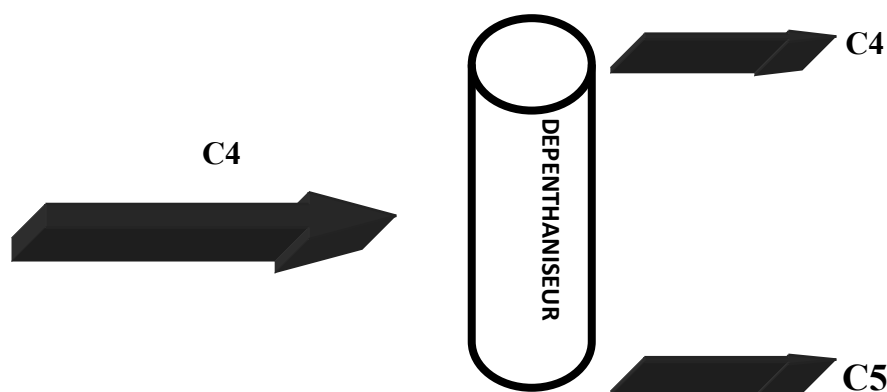


Figure II.4 : colonne Dépentaniseur.

II.2.4 ; section de réfrigération : [23]

Cette section reçoit le propane et le butane de la section séparation, les réfrigère jusqu'aux basses températures -45 °C pour le propane et -10 °C pour le butane correspondantes aux points de saturation liquide au voisinage de la pression atmosphérique et les dirigés vers les bacs de stockage à basse température.

Chaque'un des deux produits, propane et butane passent à travers trois refroidisseurs (Chillers) pour être réfrigérés suivant un cycle ouvert par détente successive en trois niveaux de pression HP, MP, et BP par détente du propane (fluide frigorigère) après compression.

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

II.2.5 ; Section de stockage des produits :

Il existe deux types de stockage :

II.2.5.1 ; Stockage à température ambiante :

Prévu pour la commercialisation du gaz à l'échelle nationale ; le chargement camions se fait à partir des 4 sphères ayant une capacité de 500 m³ chacune dans lesquelles sont stockés le propane et le butane sous pression.

II.2.5.2 ; Stockage à basses températures :

Les gaz réfrigérés sont véhiculés aux bacs où ils seront stockés dans les conditions de basse température sachant que la capacité de chacun est 70.000 m³ et sont munis de pompes immergées pour la circulation du gaz et le chargement navires. [23]

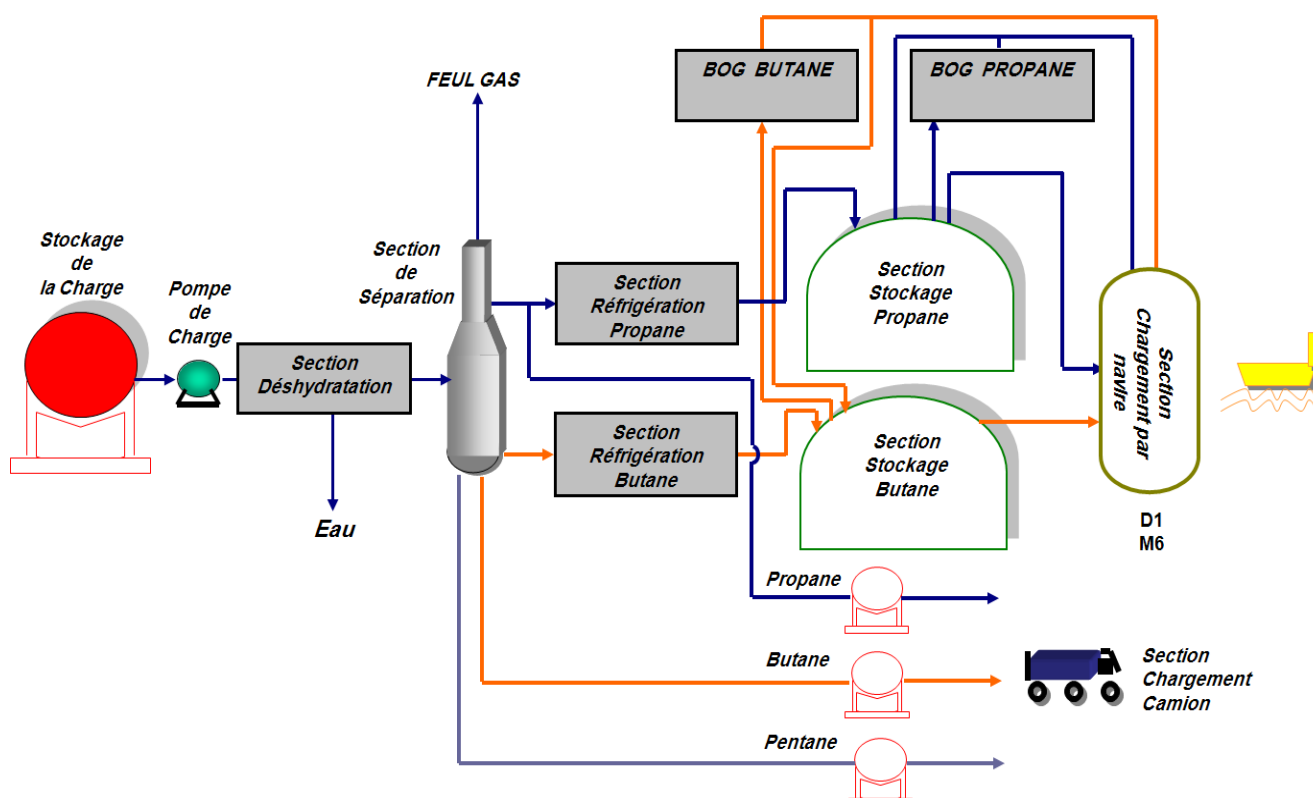


Figure II.5 : Schéma synoptique du procédé GPL.

Chapitre III :

Procédé de

Réfrigération

III.1 ; Généralité sur la réfrigération :

III.1.1 ; Réfrigération de GPL : [26]

La section de réfrigération est conçue pour fournir le froid nécessaire à la réfrigération du propane et butane commerciaux produits dans la section de séparation, et pour assurer le service de condensation nécessaire pendant le fonctionnement du dé-éthaniseur. La totalité des frigories est fourni par une boucle fermée de propane réfrigérant.

Le propane et le butane produit par fractionnement dans la section de séparation sont introduits dans la section de réfrigération ; ou ces produits sont refroidis à leur température de stockages respectifs par trois refroidisseurs associés aux différents étages d'un compresseur. Le propane utilisé comme fluide réfrigérant est fournis à ces refroidisseurs et au condenseur du dé-éthaniseur. Les vapeurs qui en résultent sont comprimés en trois étages, condensées puis reprises par les utilisateurs, sous forme d'une seule boucle fermée de réfrigération.

III.1.1.1 ; Principe :

La réfrigération dans le système propane est produite par la détente isenthalpique du propane liquide, quand la pression du propane liquide décroît, une partie du liquide est vaporisée. Cette vaporisation exerce un effet de refroidissement sur le résidu réfrigérant, puisque le propane circulant est de composition pur, la température de saturation du réfrigérant dépend directement de la pression opératoire, ainsi à chaque niveau de réfrigération de propane correspondent une température et une pression donnée.

La chaleur est transférée par ce procédé au réfrigérant propane par ébullition isotherme du réfrigérant dans le coté calandre de l'échangeur approprié, à l'ébullition le réfrigérant absorbe la chaleur.

Voici un cycle de principe de réfrigération avec :

H_b : chaleur du réfrigérant quittant le chiller.

H_c : chaleur du réfrigérant quittant le compresseur.

H_e : chaleur du réfrigérant entrant dans le chiller.

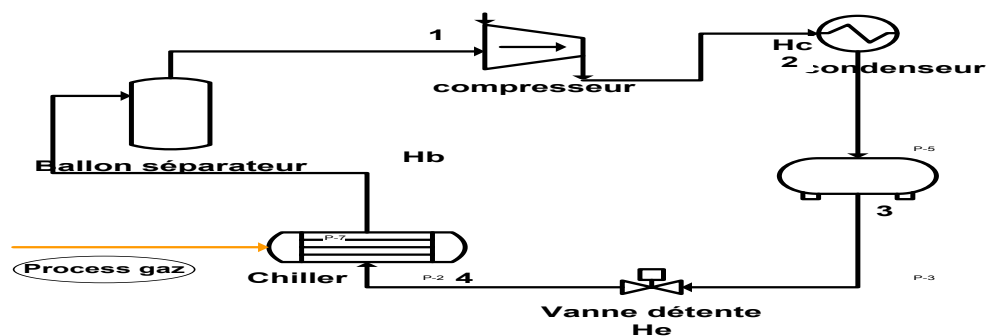


Figure III.1: Un système de réfrigération typique et le cycle thermodynamique.

III.1.1.2 ; La capacité de réfrigération : [27]

Cette section est conçue pour pouvoir réfrigérer un 1 million de tonnes par an et par train, de butane et de propane commerciaux produits en continu par fractionnement d'une alimentation quelconque provenant des douze sources.

Le propane et butane produits par la section de séparation sont prè refroidis à 43°C par des aéro-réfrigérants et envoyés dans la section de réfrigération, le propane produit est refroidi à -42°C et finalement refroidi par détente dans le ballon de propane à la température d'équilibre sous la pression opératoire de 1,18 kg /cm² absolue, le butane produit étant lui refroidi au maximum -12°C.

III.1.1.3 ; Les équipements principaux : [28]

III.1.1.3.1 ; Ballons :

Ballons d'aspiration du compresseur :

- *- ballon haute pression
- *- ballons moyenne pression
- *- ballons basse pression

Pendant le démarrage l'étage BP est sollicité par une charge de vapeur plus forte qu'en service normal. Le temps de rétention du liquide est de 10 min pour la charge liquide maximale.

III.1.1.3.2 ; Accumulateur de propane :

Le volume du récipient est calculé pour pouvoir contenir la totalité des inventaires liquides de la section réfrigération, le temps de rétention du liquide est de 17 min dans le cas de la charge de réfrigération maxi.

III.1.1.3.3 ; Les échangeurs de chaleur :

- Refroidisseurs de propane.
- Refroidisseurs de butane.
- Condensateur de propane: assure la condensation des vapeurs du propane réfrigérant provenant du compresseur.

III.1.1.3.4 ; Compresseur:

Un compresseur centrifuge à trois étages (haute, moyenne et basse pression) le compresseur aspire le propane provenant des trois ballons d'aspiration puis il le refoule pour être condensé. Le compresseur est entraîné par une turbine à gaz.

III.1.1.3.4.1 ; Choix et fonctionnement du compresseur :

Le choix de ce type de compresseur est judicieux car le compresseur centrifuge est celui exigé quand les taux de compression sont élevés à certains débits, les compresseurs centrifuges présentent de faibles vibrations en fonctionnement normal relativement à d'autres types de compresseurs.

Notre compresseur propane est un compresseur centrifuge à trois étages (étage BP; étage MP ; et étage HP) des ballons ultérieurement :

L'étage BP fournit la température la plus basse, soit -41°C , et fonctionne légèrement au-dessus de la pression atmosphérique à l'aspiration.

L'étage MP fournit un niveau de température intermédiaire de -8°C , et constitue la première alimentation latérale du compresseur.

L'étage HP fournit un niveau de température le plus élevé du fluide réfrigérant soit 18°C et constitue la deuxième alimentation latérale.

Le gaz qui est le propane (C_3) est aspiré du premier étage et passe dans les premiers impulseurs, sa pression atteindra celle du deuxième étage. Après le passage dans la première roue à diaphragmes, il se mélange au gaz aspiré du deuxième étage et passe dans les deuxièmes impulseurs. Cette opération se répète dans le troisième étage où les gaz cumules afin d'atteindre la pression de refoulement.

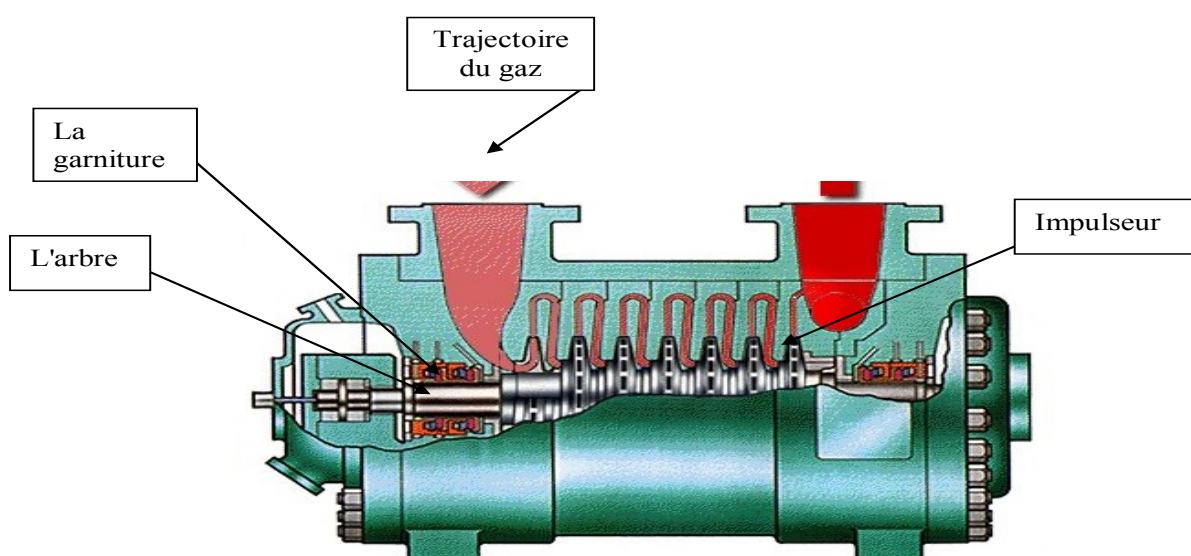


Figure III.2 : Compresseur centrifuge

III.1.1.4 ; Procédure de démarrage de la section de réfrigération :

Après un déclenchement du compresseur donc l'arrêt total de la section de réfrigération nous avons besoin de suivre une procédure de démarrage qui est la suivante:

III.1.1.4.1 ; Mise en marche initiale:

- *- Toutes les installations d'utilités sont mise en service.
- *- Le système est purgé et séché, et pressurisé avec GN.
- *- Le compresseur et la turbine à gaz sont prêts à démarrer.
- *- Le compresseur est isolé par les vannes de sectionnement associé
- *- La section de séparation est en circulation.
- *- Unité de déshydratation de garde en état de fonctionnement.

III.1.1.4.2 ; Mise en marche normale:

- *- Vérifier les vannes sont en position pour la mise en marche.
- *- Egaliser les pressions des ballons cotés aspiration à $3\text{kg}/\text{cm}^2\text{abs}$.
- *- Mettre en service le condenseur de propane refroidi par air.

- *- Ouvrir complètement les vannes de commande de recyclage et les vannes de démarrage.
- *- Démarrer la turbine à gaz au moyen de la séquence de mise en marche.
- *- Augmenter la vitesse du compresseur jusqu'à la vitesse de régime.
- *- Fermer lentement la vanne de démarrage au moyen du dispositif de réglage manuel.
- *- Fermer lentement la vanne de commande du recyclage, et mettre le système de contrôle anti-pompage et celui de la vitesse de compresseur.
- *- Introduire le liquide produit dans les refroidisseurs et dans le ballon.

III.1.1.5 ; Les hydrates : [29]

Il n'est pas exagéré de prétendre que le phénomène de formation d'hydrates constitue le problème majeur dans la production et le transport du gaz naturel. Les hydrates sont en effet des cristaux solides qui se forment lorsque les molécules de gaz se trouvent en présence d'eau dans les conditions de pressions et de températures les plus usuelles en production et lors du transport du gaz par pipeline. Une formation d'hydrates dans un ouvrage conduit très rapidement à l'obstruction totale des tuyauteries ou des appareils et à l'interruption pure et simple de la totalité de la production.

La remise en service ne peut intervenir qu'après disparition des hydrates, disparition qui peut demander plusieurs heures à plusieurs jours et nécessiter des opérations coûteuses de décompression et d'injection d'inhibiteurs d'hydrates. Il est donc exclu d'envisager des installations de production et de transport de gaz naturel qui ne seraient pas à l'abri des risques de formation d'hydrates.

Pour cela, on doit éviter que les condensations d'eau se produisent dans l'ouvrage, c'est-à-dire déshydrater le gaz en amont de l'installation ou réaliser dans celle-ci des conditions de pressions et de températures telles que les hydrates ne puissent se former ou enfin, si la présence d'eau dans l'ouvrage ne peut être évitée, inhiber celle-ci par un inhibiteur d'hydrates (méthanol ou glycol par exemple).



Figure III.3 : Hydrate sortie d'une gare racleur.

III.1.1.5.1 ; Structure de base des hydrates : [30]

En présence d'un gaz léger, les molécules d'eau peuvent former une structure cristalline régulière comprenant des cavités ou cages, dans lesquelles sont piégées les molécules de gaz. En raison de cette structure en cage, les hydrates appartiennent à la catégorie des composés d'inclusions appelés clathrates. Le réseau cristallin est dû aux liaisons hydrogène entre les molécules d'eau et il est stabilisé par les molécules de gaz, qui sont elles-mêmes retenues dans les cages par les forces de VAN DER WAALS. Seuls les molécules dont le diamètre est compris dans une certaine fourchette peuvent former ces inclusions, en effet, le diamètre de la molécule doit être inférieur au diamètre de la cavité (ou voisin de ce diamètre) pour que la molécule puisse entrer dans la cavité et en même temps suffisamment grand, pour que le réseau cristallin soit stable.

Différentes structures du réseau cristallin, appelées structure I, structure II, et structure H ont été mises en évidence par diffraction des rayons X.

Structure 1 :

Dans le cas de la structure I, le dodécaèdre est associé à un tétradécaèdre formé de douze faces pentagonales et deux faces hexagonales (désigné par la notation $5^{12}6^2$). La maille élémentaire de la structure I est un cube de 12Å .

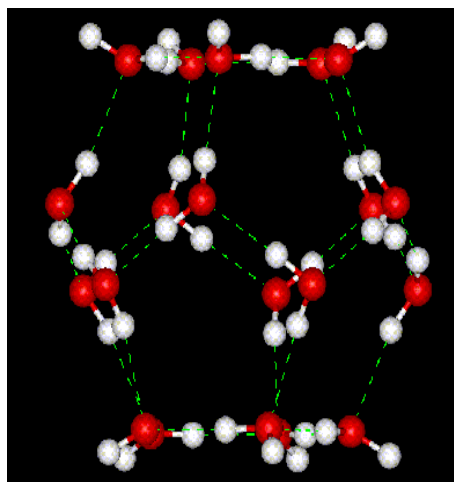


Figure III.4 : douze faces pentagonales

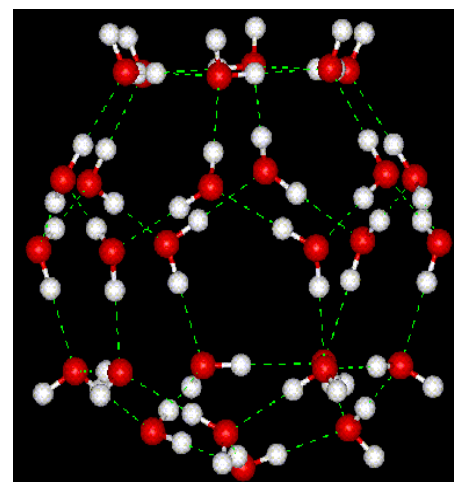


Figure III.5 : deux faces hexagonales

Structure 2 :

Dans le cas de la structure II, le dodécaèdre est associé à un hexadécaèdre formant douze faces pentagonales et quatre faces hexagonales (désigné par la notation $5^{12}6^4$). Chacun de ces polyèdres forme une cage qui peut contenir un des constituants du gaz avec lequel se forme l'hydrate. La maille élémentaire de la structure I est un cube de 17.3Å .

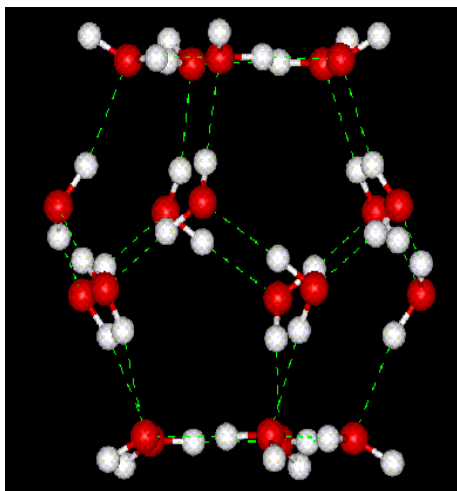


Figure III.6 : douze faces pentagonales.

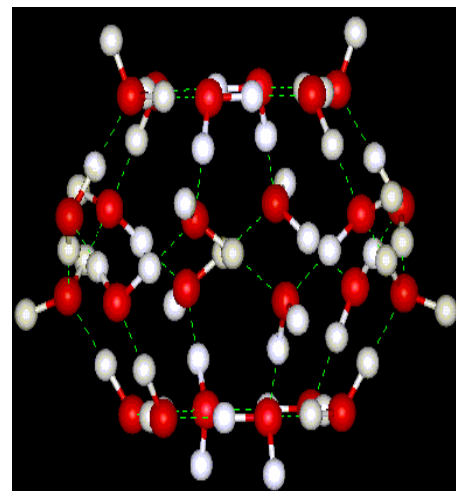


Figure III.7 : quatre faces hexagonales.

III.1.1.5.2 ; Comment éviter le problème des hydrates ? [30]

Les méthodes utilisées pour éliminer les hydrates lorsqu'ils sont formés, sont :

- Le réchauffement à une température supérieure à celle de la formation des hydrates.
- L'introduction d'inhibiteurs destinés à abaisser la température de formation des hydrates.

III.1.1.5.2.1 ; Réchauffement : [30]

Le réchauffement pour éviter la formation des hydrates au moment de la réduction de pression peut être efficace un certain temps, mais peut ne faire que passer le problème à un autre ou les hydrates se forment après les déperditions de chaleur.

III.1.1.5.2.2 ; Les inhibiteurs : [30]

Les substances solubles dans l'eau qui sont utilisées pour inhiber la formation des hydrates comprennent :

- L'ammoniaque.
- Le chlorure de sodium.
- Le chlorure de calcium.
- Le méthanol.
- L'éthylène glycol.
- Le diéthylène glycol (DEG).

Le méthanol est un inhibiteur bien moins cher que le DEG, mais il n'est pas aussi facilement récupérable à cause mélange azéotropique qui le forme avec le gaz, ainsi que son coût est relativement élevé. L'injection de méthanol est en général utilisée lorsqu'on a besoin d'une injection occasionnelle pour empêcher la formation des hydrates.

III.1.2 ; Liquéfaction du GNL : [31]

Cette section représente la partie la plus importante du procès du faite qu'elle permet de réaliser l'objectif principal du complexe qui consiste à liquéfier le gaz naturel.

Le gaz naturel traité (GNT) provenant de la tour de séparation est envoyé dans l'échangeur cryogénique principal, où il est refroidi à -148 °C et sous une pression de 25 Bars par le réfrigérant

mixte MCR (Multi Composant Réfrigérants) qui s'écoule vers le bas du côté calandre de l'échangeur.

Le GNL est détendu à travers la vanne jusqu'à 0,45 Bars (et une température de -161°C) et envoyé dans le ballon de détente d'azote où la pression est de 0,3 Bars.

Le GNL recueilli au fond du ballon est envoyé aux réservoirs de stockage.

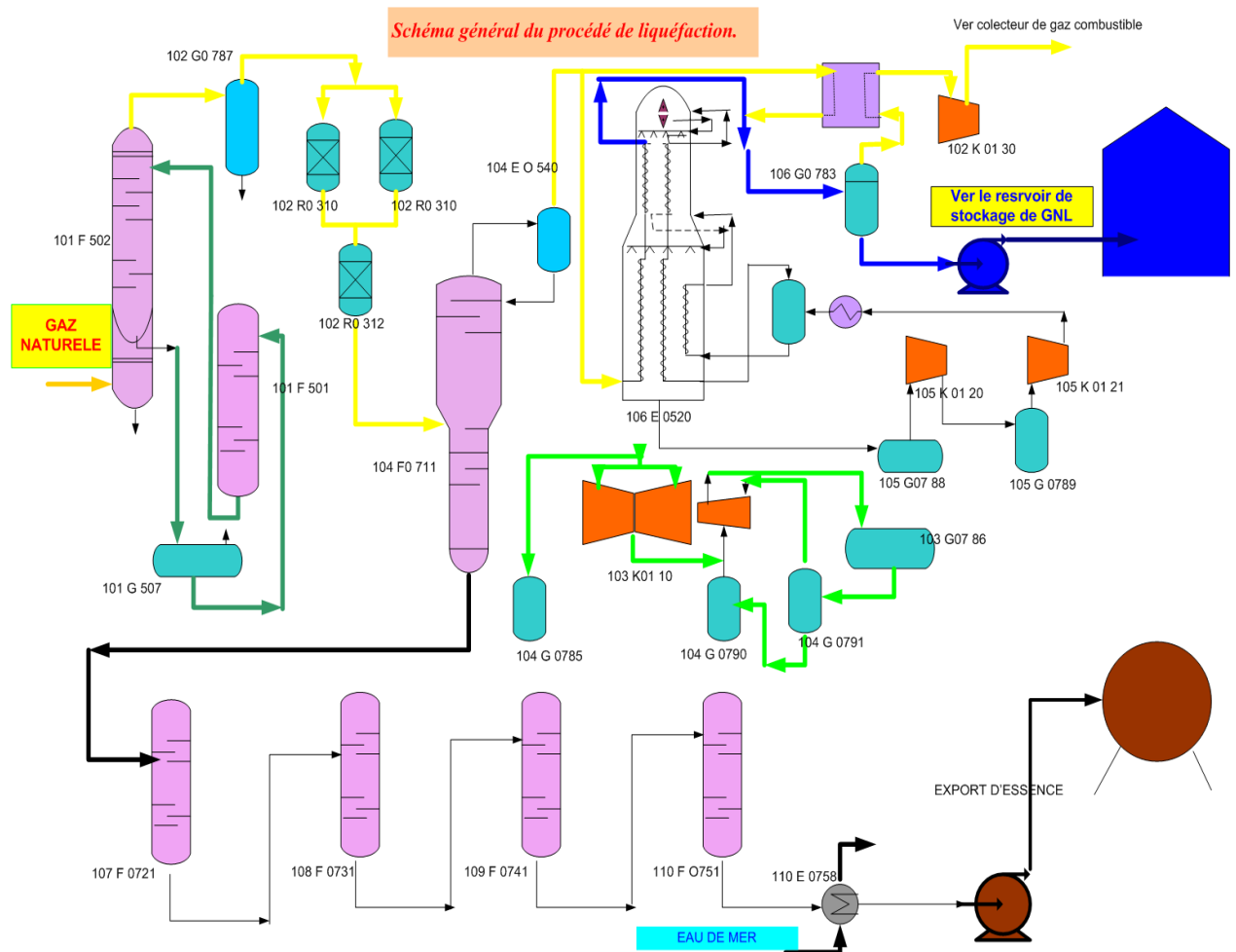


Figure III.8 : procédé de liquéfaction de GNL.

III.1.2.1 ; Section de décarbonatation : [31]

La fonction de cette section consiste en l'élimination du CO_2 contenu dans le gaz naturel, car CO_2 porté à une basse température de l'ordre de (-79°C) se solidifie et forme des bouchons de glace causant une obstruction des canalisations de service, par ailleurs le CO_2 a un comportement assez particulier en matière de corrosion où la pression partielle du CO_2 contrôle le phénomène de corrosion, pour ce traitement de la décarbonatation il est fait usage d'une amine appelée (MEA) soit le Monoéthanolamine ($\text{C}_2\text{H}_5\text{ONH}_2$) cette amine a le pouvoir de capter le CO_2 existant dans le gaz naturel. Cette section comporte deux étapes importantes à savoir :

- *- L'absorption.
- *- régénération.

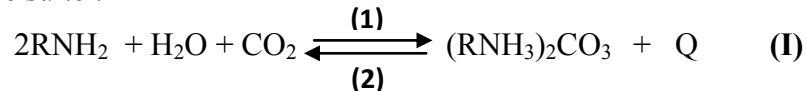
III.1.2.2 ; Rôle de la section de décarbonatation : [32]

Cette épuration se fait dans le but d'éviter le colmatage du système par la solidification du CO₂ dans les sections froides situées en aval du procédé de liquéfaction.

Le principe d'élimination du gaz carbonique à une teneur maximale de 90 ppm est mis en œuvre par un procédé d'absorption conduit dans une colonne d'absorption à 27 plateaux à haute pression (42 bars) et basse température (38°C).

III.1.2.3 ; Caractéristiques de la réaction chimique : [32]

La principale réaction par laquelle le CO₂ est absorbé par la solution de MEA peut être représentée comme suite :

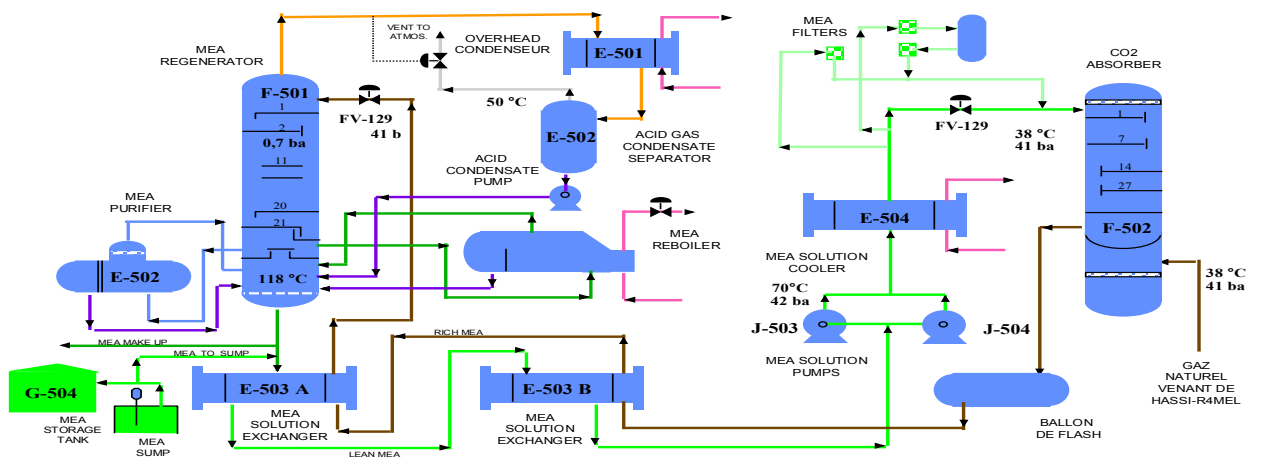


R: C₂H₄OH.

Cette étape comporte une étape intermédiaire dans laquelle l'eau et le CO₂ donnent l'acide carbonique.



L'équilibre de la réaction (I) se déplace dans le sens (1) à haute pression et basse température (condition de l'absorption), et dans le sens (2) à basse pression et haute température (condition de désorption, régénération de MEA).



Etabli par AO/PP/GL/LZ le 1/10/99 après rénovation

Figure III.9 : Section de décarbonatation

Chapitre
VI :
Réfrigération
De GPL

IV.1 ; Introduction :

Le but de cette section est de refroidir les produits finis à leur température de stockage (-38 à -42°C pour le propane et -8 à -10°C pour le butane). Les produits passent par un deuxième déshydrateur appelé déshydrateur de garde, qui réduit la teneur en eau de 5 ppm à 1 ppm, ensuite réfrigérés par trois (03) échangeurs suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération, le fluide utilisé comme réfrigérant est le propane pur. Ce dernier est évaporé dans les échangeurs de chaleur. Cette évaporation provoque l'abaissement de température du produit à réfrigérer. Une partie du propane réfrigéré sera comprimée et envoyée au dééthaniseur comme réfrigérant de tête de colonne. Les vapeurs de propane générées sont comprimées par un compresseur centrifuge à trois (03) étages entraîné par une turbine à gaz, ensuite condensées dans les condenseurs de type aérorefrigérant.

Les produits finis sont ensuite canalisés vers les bacs de stockage. [33]

IV.2 ; Principe de la réfrigération : [29]

Le changement de phase d'un produit liquide en produit gazeux s'accompagne d'un apport calorifique important nécessaire à cette transformation (chaleur latente de vaporisation).

Pour réaliser un cycle de réfrigération, nous refroidirons le produit à réfrigérer par liquide réfrigérant à faire évaporer. Le cycle du réfrigérant comprendra donc :

- 1 compresseur en phase gazeuse qui fera évaporer le réfrigérant.
- 1 aérorefrigérant qui refroidira la phase gazeuse comprimée pour la faire condenser.
- 1 bouilleur dans lequel la phase liquide du réfrigérant s'évaporerait et refroidira par l'intermédiaire d'un faisceau tubulaire le produit à refroidir.

Dans la pratique, le cycle de réfrigération correspondra au schéma de principe.

IV.2 .1 ; Circuit principal :

IV.2.1.A ; Phase liquide :

Le refoulement du compresseur, en phase gazeuse, est condensé dans l'aérorefrigérant et stocké dans le ballon récepteur. Le fond de celui-ci est dirigé vers le réfrigérant où sera maintenu un niveau constant par l'intermédiaire d'un contrôleur de niveau. Du refoulement du compresseur jusqu'à la vanne de contrôleur de niveau, nous avons une constante H.P.

En aval de cette vanne, nous avons une diminution de pression : ce sera la partie B.P. du système jusqu'à l'aspiration du compresseur.

IV.2.1.B ; Phase gazeuse :

Les vapeurs dues à l'évaporation du produit réfrigérant seront dirigées vers le ballon d'aspiration du compresseur et ensuite vers le compresseur. Le rôle de ce ballon d'aspiration est d'éviter tout entraînement liquide à l'aspiration du compresseur. Le cycle est ainsi bouclé.

IV.3 ; Circuits secondaires –circuits de contrôle : [34]**IV.3.1 ; Contrôle du volume gazeux et de la pression :**

Une mesure du débit du refoulement du compresseur ainsi qu'une mesure de la pression d'aspiration sont faites et ce dans le but d'assurer un contrôles de la charge. Ce contrôle est fait par la ligne de recyclage et l'intermédiaire de la vanne de recyclage. Nous pourrons réinjecter une partie des gaz chauds au ballon d'aspiration.

IV.3.2 ; Contrôles de la température :

Etant donné que le recyclage de gaz chaud venant du refoulement de compresseur aura tendance à élever la température des gaz d'aspiration, nous contrôles cette température en injectant dans le ballon d'aspiration du propane liquide venant du ballon récepteur. Lors de cette injection, un phénomène de "flash" se produit ; une partie du produit liquide se vaporisera du fait de la détente (la pression au ballon récepteur est plus élevée qu'au ballon d'aspiration). C'est cette détente que nous utiliserons pour le contrôle de la température.

IV.3.3 ; Contrôle de la charge :

Elle sera régulée par la mesure de pression effectuée sur la ligne d'aspiration du compresseur. L'action se produira sur l'alimentation en fuel-gaz de la turbine.

IV.4 ; Le circuit de réfrigération du produit propane :

Le propane venant de la section séparation pénètre dans les faisceaux du pré-réfrigérant par une ligne de 8 pouces équipée d'un indicateur local de température.

La calandre de ce pré-réfrigérant contient un niveau de propane réfrigération. Le propane ressort des faisceaux par une ligne de 6 pouces équipés d'une vanne 3 voies manœuvrée par volant et pouvant by-passé pré-réfrigérant par une ligne de 6 pouces. Le propane est ensuite dirigé vers le sécheur de propane.

IV.4.1 ; Contrôle de la température :

La température à la sortie du pré-réfrigérant est contrôlée localement sur indicateur. Un transmetteur est relié à un indicateur multiples en salle de contrôle.

IV.4.2 ; Le sécheur de propane :

Le sécheur de propane est garni d'un tamis moléculaire (alumine). Il peut être by-pass par un linge équipée d'une vanne automatique a air comprimé. A la sortie du sécheur, le propane peut être dirigé soit : vers le circuit de propane à température ambiante, ou vers le réfrigérant secondaire.

Par ailleurs, une ligne de 3 pouces permet de faire les appoints de remplissage du ballon récupérateur de propane.

IV.4.3 ; Le circuit de transfert de propane vers le stockage a température ambiante :

Le propane à destination du stockage à température ambiante est dirigé dans le ballon de récupération par un linge de 2 pouces. Il est ensuite expédié vers le stockage par les pompes de transfert (A et B).

Ce linge est équipé d'une vanne de contrôles de débit, d'un clapet anti-retour et d'un joint plein amovible.

IV.4.4 ; Contrôle du débit :

Un transmetteur est relié à la salle de contrôle par un indicateur et par un indicateur contrôleur agissant sur la vanne de contrôle .la vanne peut être manœuvrée par un volant et commandée.

IV.5 ; Le ballon de récupération du propane de transfert :

Le propane devant être transféré dans les sphères de stockage à température ambiante est récupéré dans le ballon.

IV.5.1 ; Protection du ballon :

Le ballon est équipé de 2 soupapes de sécurité ouvrant à la torche haute pression.

IV.5.2 ; Contrôle de niveau :

Un transmetteur est relié à un indicateur contrôleur agissant sur la vanne de contrôle de niveau installée sur la ligne de dégazage des vapeurs à la torche.

Une baisse de niveau provoque l'ouverture de la vanne. Le relâchement de la pression dans le ballon permet une admission plus importante de propane liquide et donc une augmentation de niveau.

Le transmetteur est également relié à un signal de niveau bas et à une alarme de niveau. Le ballon est équipé d'un niveau à glace.

IV.5.3 ; Contrôle de la température :

Un transmetteur est relié par un relais à un indicateur en salle de contrôle ainsi qu'à un signal de basse température et à une alarme de basse température.

IV.6 ; Les pompes de transfert :

Les pompes sont de type centrifuge. Elles sont commandées par sélecteur local marche-arrêt. Elles aspirent sur le ballon de récupération par une ligne de 6 pouces équipée d'une vanne à main et d'un logement pour filtre temporaire.

La ligne d'aspiration se prolonge en une ligne de 4 pouces rejoignant la ligne de refoulement et permettant de by-passé les pompes. Ce by-pass est équipé d'un clapet anti-retour.

Les pompes refoulement vers les sphères de stockage à température ambiante par un collecteur de 6 pouces. Elles peuvent également fonctionner en recirculation vers le ballon de récupération par une ligne de 2 pouces équipées d'une vanne de contrôle de débit.

IV.6.1 ; Contrôle de la pression de refoulement des pompes :

Chaque refoulement est équipé d'un indicateur local. Par ailleurs, un transmetteur est relié à la salle de contrôle par un indicateur ainsi que par signal de basse pression et une alarme de basse pression.

IV.6.2 ; Contrôle de débit de recirculation :

Un indicateur contrôleur de débit installé sur la ligne de refoulement agit sur la vanne de contrôle installée sur la ligne de recirculation.

IV.6.3 ; Déclenchement des pompes par niveau bas dans le ballon :

Un signal de niveau très bas dans le ballon provoque l'arrêt des pompes par l'intermédiaire d'un interlock.

IV.7 ; le circuit de réfrigération du produit butane :

La réfrigération du produit butane s'effectue de la même manière que la réfrigération du produit propane en passant dans les faisceaux du pré-réfrigérant du réfrigérant secondaire et du réfrigérant final.

Toutefois, le réfrigérant final peut être by-passé par une vanne 3 voies de contrôle de température dans le cas où la réfrigération dans la ligne d'expédition au stockage s'avère trop importante.

Exemple : si le transmetteur indique par relais une température trop basse, l'indicateur contrôleur agira sur la vanne qui ouvrira dans le sens du by-pass.

IV.7.1 ; Contrôle de la pression :

La ligne d'expédition au stockage à basse température est équipée d'une vanne de contrôle de pression commandée par positionneur en ouverture. Elle reçoit sa commande de régulation de l'indicateur contrôleur relié au transmetteur installé sur la ligne d'entrée du butane dans la section réfrigération. Cette vanne ferme en cas d'arrêt du compresseur de propane de réfrigération.

IV.8 ; Le ballon de détente du produit propane :

Afin de minimiser la détente dans les bacs à basse température, le propane réfrigéré est introduit dans le ballon de détente de propane, où le produit propane est réfrigéré jusqu'à la température de stockage, par vaporisation naturelle (self-flashing) à une pression quasi équivalente à la pression atmosphérique.

La vapeur résultante s'écoule, du fait de la différence de pression, vers la section de récupération des BOG, où elle est récupérée avec les BOG, et le propane liquide est envoyé par des pompes dans les bacs à basse température, opération contrôlée par régulation de niveau dans le ballon. [34]

IV.9 ; Description de la boucle de réfrigération : [33]**IV.9.1 ; Système propane :****IV.9.1.1 ; Rôle de la boucle propane pur :**

La boucle de réfrigération au propane est utilisée dans les procédés de séparation de GPL comme un cycle de réfrigération en cascade visant à éliminer la chaleur du propane et du butane commerciaux (C_3 et C_4) venant de la section de séparation.

IV.9.1.2 ; Les Principaux équipements constitutifs ;

Les principaux équipements qui constituent la section de réfrigération sont :

- Schiller de stade HP, Schiller de stade MP, Schiller de stade BP de C₃.
- Schiller de stade HP, Schiller de stade MP, Schiller de stade BP de C₄.
- Condenseur : est de type aéro-réfrigérant
- Ballon HP pour les - Schiller de stade HP de 3 et Schiller de stade HP de C₄ = HP (haute pression). Le ballon est muni également des soupapes des sécurités les RV tarées à 9.5 bars.
- Ballon MP pour les Schiller de stade MP de C₃, et Schiller de stade MP de C₄ MP (moyenne pression). Le ballon est muni également des soupapes des sécurités tarées à 11.5 bars.
- Ballon BP pour les Schiller de stade BP de C₃, et Schiller de stade HP BP (basse pression). Le ballon est muni également des soupapes des sécurités tarées à 11.5 bars.

IV.9.1.3 ; Rôle de la boucle :

La section réfrigération a pour objet de refroidir le propane et le butane commerciaux à leurs températures de stockage, respectivement à -42 °C et -10°C à la pression atmosphérique. Le système de réfrigération est un système en cascade qui utilise du propane pur comme agent réfrigérant. Le refroidissement est effectué à l'aide d'une boucle fermée à trois niveaux de températures 11,8 / -16,9 et -42 °C, correspondant à la pression haute (6 bar), moyenne (1,8 bar) et basse (0,5 bar).

IV.9.1.4 ; Circuit propane commerciale C₃ :

Le C₃ provenant des deux ballons de reflux A & B est acheminé sous contrôle de niveau vers l'aéroréfrigérant A-B, puis il entre dans le chiller du stade HP à une température de 40°C et sort à une température de 14,3 °C. A la sortie du chiller du stade HP, le C₃ passe par la déshydratation de garde conçue pour le séchage du C₃. La teneur de ce dernier doit être inférieure à 1 ppm à la sortie de déshydrateur afin d'éviter toute formation d'hydrates. Puis, le produit passe au stade MP à travers le chiller du stade MP, d'où il sort à une température de -14,6 °C. Le C₃ passe ensuite au stade BP de réfrigération à travers le chiller du stade BP d'où il sort à une température de -37,7 °C. Le C₃ détendu à la pression d'environ 4 kPa.

À travers la vanne PV, puis il est envoyé vers le ballon ; le C₃ est refroidi à la température de -42 °C. Le C₃ est finalement expédié vers le bac de stockage au moyen d'une pompe immergée.

IV.9.1.5 ; Circuit butane commerciale C₄ :

Le C₄ provenant du fond des deux colonnes de fractionnement A & B est acheminé vers l'aéroréfrigérant A-B. Il entre ensuite dans le stade HP à travers le chiller du stade HP à une température de 40 °C d'où il sort à une température de 14,6 °C. Le C₄ subit ensuite un 2^{ème} refroidissement dans le chiller du stade MP où il est refroidi à une température de -11°C. Le C₄

passé ensuite au stade BP de réfrigération à travers le chiller du stade BP d'où il sort à une température de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le C_3 détendu à la pression d'environ 4 kPa.

Le C_4 est finalement expédié vers le bac de stockage au moyen d'une pompe immergée. Le butane, sortant de l'aéroréfrigérant A-B, se divise en deux flux, suivant la demande en l'un des deux produits que sont le butane ambiant et le butane commercial. Le butane ambiant est stocké directement dans les sphères, sous une pression de 7 à 8,5 bars et à la température ambiante.

IV.9.1.6 ; Circuit de propane réfrigérant :

La section de réfrigération est une unité de refroidissement des produits propane et butane commerciaux aux températures de stockage à la pression atmosphérique.

Ce système de réfrigération est un système cascade qui utilise comme fluide frigorigène (réfrigérant), du propane liquide en circulation dans une boucle fermée. Le propane pur est stocké dans le ballon du propane réfrigérant à une pression d'environ 16 bars et à une température avoisinant les 40°C . Le ballon est muni de deux soupapes de sécurité les RV A, B tarées à une pression de 18 bars.

Le propane réfrigérant est contrôlé à trois niveaux de pression :

- ✓ Une haute pression (HP) 6 Kg/cm^2 ,
- ✓ Une moyenne pression (MP) $1,8\text{ Kg/cm}^2$,
- ✓ Une basse pression (BP) $0,1\text{ Kg/cm}^2$.

Le propane évaporé est de nouveau comprimé par les compresseurs de propane. A sa sortie il est condensé par les aérocondenseurs. [33]

IV.9.2 ; Contrôle de pression : [34]

Le contrôle de pression du compresseur de propane s'effectue à l'aspiration de l'étage BP ; les pressions de refoulement et intermédiaire peuvent varier selon la courbe caractéristique du compresseur pour la charge donnée et les conditions ambiantes.

IV.9.2.1 ; Pression à l'étage BP :

La pression d'aspiration de l'étage BP est maintenue automatiquement à 1.05 kg/cm^2 par réglage du débit recyclé à partir du refoulement du compresseur jusqu'au ballon et également par réglage automatique de la vitesse de fonctionnement du compresseur afin d'augmenter ou diminuer sa charge.

IV.9.2.2 ; Pression de refoulement du compresseur :

Cette pression ne fait pas l'objet d'un contrôle positif ; elle s'équilibre en fonction de la température ambiante qui détermine la pression de condensation de la vapeur dans le condenseur à refroidissement par air.

Plus la température ambiante pour ce condenseur est basse, plus la pression de refoulement est faible et par conséquent la puissance requise par le compresseur est moindre.

Ce pendant, des précautions ont été prises en vue d'éviter de placer le compresseur dans des conditions anormales du fait d'une grande variation de la pression de refoulement. La limite inférieure de la pression de refoulement est contrôlée par réglage automatique de l'orientation des pales des ventilateurs des aéro-réfrigérants.

IV.9.2.3 ; Pressions aux étages MP et HP :

Ces pressions ne font pas l'objet d'un contrôle et peuvent varier en fonction de la courbe de caractéristique de performance du compresseur pour la charge donnée dans les limites du contrôle de la pression d'aspiration à l'étage BP et la variation permise pour la pression de refoulement.

IV.10 ; Régulation anti-pompes :

Le compresseur de propane est protégé contre le phénomène de pompage par débit minimum de circulation. Le débit d'aspiration, à chaque étages BP et MP, est mesuré et cela permet le réglage du débit de vapeur chaude de recyclage dans le ballon d'aspiration vers une vanne de contrôle. Le débit de vapeur chaude de recyclage doit être refroidi avec du propane liquide afin que la température d'aspiration soit maintenue suffisamment basse pour éviter une surchauffe du compresseur.

La température du liquide de quench provenant du ballon de propane, est contrôlé au moyen du régulateur de température monte sur la ligne d'aspiration du compresseur.

IV.10.1 ; Phénomène de pompage :

Le phénomène de pompage intervient pour des pointes de fonctionnement situé à gauche du maximum. Lorsque le point de fonctionnement passe à gauche du maximum, la pression de refoulement du compresseur à un instant donné devient inférieure à la valeur qu'elle avait précédemment, elle devient aussi inférieure à la pression existante au même moment dans la tuyauterie de refoulement et le flux gazeux s'inverse dans le compresseur. Cette inversion du débit entraîne une baisse de pression dans la capacité aval et le débit de refoulement retrouve un sens normal.

Ces interventions se répètent cycliquement à fréquences généralement élevées. Le pompage peut avoir une intensité variable allant d'un simple bruit à un choc violent. Un pompage intense peut causer la destruction des aubages du compresseur.

IV.11 ; Température du produit de réfrigération :

IV.11.1 ; Produit propane :

La température du propane de réfrigération dans le dernier réfrigérant est en permanence égale à -42 °C ce qui correspond à une pression d'aspiration de 1.05 kg/cm^2 à l'étage BP. La température finale du produit propane n'est pas contrôlée.

IV.11.2 ; Produit butane :

Pour le produit butane, la température de réfrigération doit être contrôlée de façon à protéger les bacs contre la formation de vide causée par l'introduction dans ces bacs du produit à une température trop basse.

La température finale du produit butane est contrôlée par le by-pass du refroidisseur, et le point de consigne du contrôleur de température est ajusté automatiquement en fonction de la variation de taux de propane dans le butane et ce, en fonction des conditions du propane au fond du fractionnateur.

IV.12 ; Contamination de propane de réfrigération par le butane et l'éthane :**IV.12.1 ; Contamination par l'éthane :**

Un excès d'éthane aura un impact sur la pression de refoulement du compresseur. En effet, plus la teneur en éthane dans le propane de réfrigération est élevée, plus est élevée également la pression de refoulement de compresseur, ce qui se traduit par une perte de puissance.

Le maximum d'éthane est attendu à la phase de démarrage initial car, si le dééthaniseur ne fonctionne pas, la teneur en éthane dans le produit propane peut atteindre 10 % molaire.

Cependant, il suffit d'introduire une fraction du produit propane dans le condenseur de dééthaniseur et de purger le propane vaporisé vers la torche pour permettre la mise en service du dééthaniseur et obtenu ainsi un propane de réfrigération pur, d'une teneur en éthane inférieure à 1% molaire, pour le remplissage initial.

IV.12.2 ; Contamination par le butane :

Un excès de butane aura des conséquences sur la température de propane de réfrigération.

Autrement dit, la température de celui-ci augmentera proportionnellement avec

L'accroissement de la teneur en butane.

La teneur en butane pourra augmenter jusqu'à atteindre 1 % molaire sans que cela n'ait d'effet sur la qualité. D'après le bilan matière de la section de réfrigération, la teneur en butane est de 0,18 % molaire.

En principes, le seul moyen de purger le butane présent dans le circuit de réfrigération est de pratiquer des purges. Lorsque la teneur en butane excède 1 % molaire, une partie du réfrigération doit être soutirée du circuit de réfrigération.

IV.13 ; Le circuit de circulation du propane de réfrigération :

Le refoulement du compresseur est dirigé vers le ballon récupération en passant à travers le condenseur.

IV.13.1 ; Le ballon récupérateur de propane :

Le propane condensé est récupéré dans le ballon, ce ballon est équipé d'un purificateur. Le purificateur est destiné à éliminer les impuretés d'éthane pouvant se trouver dans le propane.

Le ballon est équipé de deux soupapes de sécurité ouvrant sur la troche haute pression.

IV.13.2 ; Protection de purificateur :

La ligne des vapeurs de propane allant au ballon d'aspiration basse pression est équipée de deux soupapes de sécurité ouvrant sur la torche haute pression.

IV.13.3 ; Contrôle de pression de l'ensemble :

Un transmetteur est installé sur le sommet du ballon et est relié à un indicateur contrôleur agissant sur la vanne de contrôle installé sur la ligne de tête du purificateur évacuant l'éthane vers la torche.

IV.13.4 ; Contrôle du niveau du ballon :

Un transmetteur est relié en salle de contrôle par indicateur, par un signal de bas niveau ainsi que par une alarme de niveau haute et une alarme de niveau bas. Le niveau est contrôlable visuellement par niveau à glace.

IV.13.5 ; Contrôle de niveau de purificateur :

Par niveau à glace est par un indicateur contrôleur agissant sur la ligne d'alimentation du purificateur.

IV.13.6 ; Contrôle de température :

Sur la ligne d'évacuation de l'éthane vers la torche, un transmetteur est relié en salle de contrôle par un indicateur multiple.

IV.14 ; Le ballon d'aspiration haute pression 3^{ème} étage :

Du fond du ballon récupération, le propane de réfrigération est dirigé par gravité vers le ballon d'aspiration haute pression par une ligne de contrôle de niveau. Cette ligne alimente les calandres des pré-réfrigérants de propane et du butane.

IV.14.1 ; Contrôle de niveau du pré-réfrigérant de propane :

Un transmetteur est relié à un indicateur contrôleur agissant sur la vanne de contrôle installée sur ligne d'entrée du propane de réfrigération dans la calandre. Le niveau est contrôlable localement par niveau à glace.

Le transmetteur est relié en salle de contrôle par un signal de niveau bas, par une alarme de niveau haut et par une alarme de niveau bas.

IV.14.2 ; Contrôle du niveau du pré-réfrigérant de butane :

Même système que pour le pré-réfrigération de propane. Les évaporations de ces pré-réfrigérations sont renvoyées dans le ballon d'aspiration HP.

IV.15 ; Le sommet du ballon d'aspiration HP :**IV.15. A ; la ligne d'aspiration :**

Le ballon est équipé en son sommet d'un système anti-turbulences et de retenue de particules liquides entraînées. Le compresseur aspire les vapeurs du sommet du ballon par son aspiration 3^{ème} étage à travers une ligne de 16 pouces, équipée d'une vanne de sécurité à air comprimé pouvant être manœuvrée à la main ou par sélecteur. Elle est commandée de la salle de

contrôle par un positionneur en position ouverte. Elle est reliée au système de déclenchement (shut-down) du compresseur.

IV.15. B ; La ligne de recyclage (débit minimum) :

Le recyclage des vapeurs de propane au refoulement du compresseur s'effectue par une ligne de 10pouces équipée d'un clapet anti-retour et d'une vanne de contrôle de débit. le recyclage étant conçu pour éviter le phénomène de pompage du compresseur, cette vanne a un rôle important au moment du démarrage du compresseur. Elle est commandée de la salle de contrôle par positionneur pour ouverture.

Le ratio des débits de refoulement et recyclage s'effectue de la façon suivante :

Un transmetteur placé sur le refoulement du compresseur est relié par relais successifs à un indicateur contrôleur agissant sur la vanne par interlock. Le transmetteur de position est relié à la salle contrôle par un indicateur de position. par ailleurs, la vanne peut être manœuvrée à la main. Elle est également soumise au système de shut-down par interlock.

IV.15.1 ; Contrôle de la pression :

La pression du ballon et celle des pré-réfrigérations sont réglées (5 kg/cm^2) au moyen d'un régulateur installé sur l'aspiration HP. Par ailleurs, le sommet du ballon est équipé de deux soupapes de sécurité (SV A et B) et d'une vanne autorégulatrice agissant au by-pass des soupapes.

IV.15.2 ; Contrôle de niveau de ballon :

Un transmetteur est relié à un indicateur contrôleur, à un signal de niveau très bas, à une alarme de niveau haut et une alarme de niveau bas. Le indicateur contrôleur agit sur la vanne de contrôle de niveau placée à l'entrée du propane dans le ballon. Par ailleurs en cas de niveau très haut, le signal relié à une alarme provoque le shut-down de compresseur.

IV.15.3 ; Contrôle de la température :

Un transmetteur installé sur la ligne d'aspiration du compresseur est relié à un indicateur contrôleur agissant sur une vanne pneumatique d'angle installée sur l'arrivée de propane dans le ballon et ouvrant en cas de température trop haute à l'aspiration, ceci pour refroidir les vapeurs maintenir la température suffisamment basse à l'aspiration pour éviter le sur chauffage du compresseur.

IV.16 ; Le fond du ballon d'aspiration HP :

Le propane du fond du ballon d'aspiration HP est expédié :

- Vers le condenseur de tête du dééthaniseur par une ligne de 6 pouces.
- En alimentation du ballon d'aspiration MP par une ligne de 6 pouces
- En alimentation des réfrigérants secondaires de propane et de butane par une ligne de 4 pouces.

IV.17 ; Le ballon d'aspiration moyen pression MP :**IV.17.1 ; Le sommet du ballon d'aspiration MP :****IV.17. 1. A ; La ligne d'aspiration :**

La ligne d'aspiration 2^{ème} étage a un diamètre de 18 pouces et est équipée de la même façon que la ligne d'aspiration 3^{ème} étage.

IV.17 .1.B ; La ligne de recyclage :

La ligne de recyclage est équipée d'une vanne de contrôle de débit ayant le même système de régulation que la vanne de recyclage du 3^{ème} étage. Toute fois, un ration des débits d'aspiration et de recyclage s'effectue par le transmetteur relié par relais à l'indicateur contrôleur agissant sur la vanne.

IV.17.2 ; Contrôle de la pression :

La pression du ballon d'aspiration MP ne fait pas l'objet d'un contrôle et peut varier en fonction de la pression d'aspiration à l'étage BP.

IV.17.3 ; Contrôle du niveau du ballon et du la température :

Même dispositif que pour le ballon d'aspiration HP.

IV.18 ; Le fond du ballon d'aspiration MP :

Le propane du fond du ballon d'aspiration MP est expédié :

- ✓ En alimentation du ballon d'aspiration BP par une ligne de 4 pouces.
- ✓ En alimentation de réfrigérations finales de butane et propane.

IV.18.1 ; Alimentation du ballon d'aspiration BP :

La ligne d'arrivée au ballon d'aspiration BP est équipée d'une vanne de contrôle de niveau.

IV.18.2 ; Alimentation des réfrigérants finales :

La ligne d'alimentation (4 pouces) du réfrigérant final du butane est équipée d'une vanne de contrôle de niveau .même dispositif de régulation que le pré-réfrigérant de butane.

L'alimentation de la réfrigération finale de propane s'effectue par une ligne de 6 pouces équipés d'une vanne de contrôle de niveau. le même dispositif de régulation que le pré-réfrigération de propane.

IV.19; Le ballon d'aspiration BP 1^{er} étage :**IV.19.1 ; La ligne d'aspiration :**

La ligne d'aspiration du 1^{er} étage a un diamètre de 24 pouces, équipée d'un transmetteur de débit (à buse) agissant sur la vanne de contrôle de débit de recyclage du ballon d'aspiration MP par l'intermédiaire d'un indicateur contrôleur et d'un relais de façon à harmoniser les débits d'aspiration du compresseur et de recyclage.

IV.19.2 ; La ligne de recyclage :

La ligne de recyclage du 1^{er} étage est équipée d'une vanne de contrôle de pression. La ligne de by-pass de cette vanne est équipée d'une vanne sécurité à air comprimés utilisée au moment du démarrage du compresseur, en position d'ouverture et soumise au système de Shat-down par arrêt du compresseur :

IV.19.2. A ; Contrôle de la pression :

La pression à l'aspiration du 1^{er} étage est maintenue à 1,05 kg / cm² par réglage du débit recycle au ballon BP. La vanne de contrôle de pression maintenant un débit minimum de recyclage est asservi à la pression d'aspiration du compresseur par un transmetteur relié à l'indicateur contrôleur agissant sur la vanne par relais.

IV.19.2. B ; Contrôle du débit de recyclage :

La vanne de contrôle est asservie au ratio de débit transmis par le transmetteur installé sur la ligne d'aspiration du compresseur relié à un interlock par le relais.

IV.19.3 ; Contrôle de la pression différentielle :

La pression différentielle entre les aspirations 1^{er} et 2^{ème} étage est contrôlée par un transmetteur relié par relais à l'indicateur contrôleur agissant sur la vanne par interlock.

IV.19.4 ; Contrôle de la température :

Dans le cas où la température des vapeurs su ballon d'aspiration BP doit être abaissée, un appoint de propane liquide peut être effectué par une ligne connectée sur le circuit de recyclage. Cette ligne est équipée d'une vanne d'angle pneumatique pouvant être by-passé par une ligne supportant une vanne d'angle à volant. Un transmetteur est relié à la vanne par un relais et un indicateur contrôleur.

IV.20 ; Le fond de ballon d'aspiration :

Le propane de fond du ballon d'aspiration BP est repris par une pompe centrifuge verticale dite de soutirage (POMP-OUT) et réexpédié vers le ballon récupération des condensats de propane. la pompe est commandée par un sélecteur marche/arrêt. Les vapeurs produits par son refoulement sont renvoyées dans le ballon d'aspiration BP.

IV.21 ; Balance –Matières :

Le taux de production de propane et butane est total de un (1) million de tonnes/an/train. Le produit propane est réfrigéré jusqu'à -38°C et le produit butane au maximum jusqu'à -19°C par circulation de réfrigération. En définitive, le produit propane est refroidi par détente dans le ballon de détente où il atteint la température d'équilibre à la pression de service de 1,18 kg/cm².

La température d'équilibre dans le ballon de détente étant fonction de la teneur en éthane du produit propane, la température finale de produit propane varie de -39,5 à -43,7°C qui correspond à une variation de la teneur en éthane de 0% molaire à 5,3% molaire.

Le système de réfrigération à propane fournit un fluide de réfrigération dont la température de propane de circuit de réfrigération atteint $-40,8^{\circ}\text{C}$, au stade final. Le réfrigérant employé est le propane produit dans l'usine même. [34]

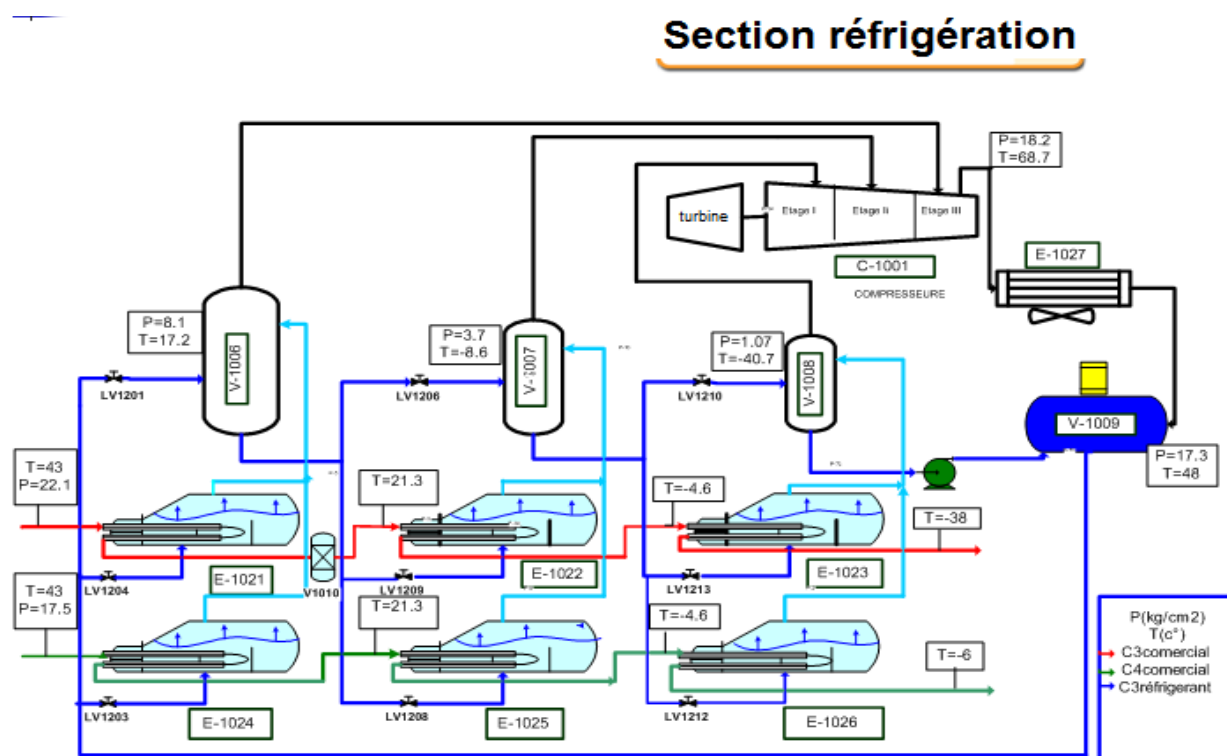


Figure IV.1 : schéma de section de réfrigération.

IV.22 ; Section stockage et expédition : [35]

Elle s'occupe de stockage des produits finis et l'expédition par navires et camions. On distingue deux types de stockage :

IV.22.1 ; Section de stockage à basse température : (marché international)

- Trois (4) bacs pour le Propane de 70000 m^3 chacun.
- Trois (3) bacs pour le Butane de 70000 m^3 chacun.
- Un (1) bac BuPro de 70000 m^3 .

IV.22.2 ; Section de stockage à température ambiante : (marché national)

- Une sphère (1) pour le Propane de 500 m^3 .
- Trois sphères (3) pour le Butane de 500 m^3 chacune.
- Une sphère (1) pour le pentane de 500 m^3 chacune.

Le service Stockage et Expédition gère les trois zones suivantes:

IV.22.3 ; Section BOG (Boil- Off- Gas) :

La section de reliqufaction des vapeurs (BOG), a pour but le contrôle de la pression dans les réservoirs de stockage à basse température, aussi bien pendant le stockage que pendant les opérations de chargement les vapeurs excédentaires récupérées sont comprimées pour qu'elle

puissent être reliquifiées sous forme de condensats réfrigérés aux réservoirs à basse température, le contrôle est assuré par deux salles :

*- **LCR (Local Control Room)** : s'occupe de la gestion des opérations de stockage des produits finis, section récupération BOG (gaz évaporé).

*- **JCR (Jetty Control Room)** : s'occupe de la supervision des opérations de chargement par navire.



IV.2 : stockage des produits réfrigéré.

IV.22.4 ; Section jetée Chargement Navire (CN) :

S'occupe des enlèvements par navire, il y'a deux jetées :

- D1 : concernant les petits navires.
- M6 : concernant les grands navires.

IV.22.5 ; Section Chargement par Camion (CC) :

S'occupe de la gestion des enlèvements par camion au niveau de la rampe de chargement par camion (NAFTAL et les opérateurs privés). La section est dotée de 5 réservoirs sphériques, des pompes et des bras de chargement. Ces installations sont conçues de manière à permettre le chargement simultané du propane, pentane et butane.



Figure IV.3 : chargement par camion



Figure IV.4 : chargement par navire

Chapitre V :

Présentation de

problème

V.1 ; Problématique :

V.1.1 ; Introduction : [36]

La boucle de propane c'est la base de processus de refroidissement, mais il y a un problème dans l'augmentation de la température du propane commercial à la sortie du dernier chiller dont les effets se font sentir sur :

- *- La thermodynamique du cycle de réfrigération (les températures en différents points du circuit vont se trouver changées par rapport à celle de design, etc....).
- *- L'échauffement du système propane.
- *- La surconsommation d'énergie du compresseur de la section de réfrigération.
- *- La perturbation de la section B.O.G
- *- L'efficacité globale de la séparation.

Cette problème pousser les ingénieurs et les experts de complexe GP2/Z à travail et rechercher pour trouver la cause responsable à l'augmentation de température de propane commercial à la sortie du dernière chiller.

Pour trouver l'origine de l'augmentation de température de propane commercial à la sortie du dernière chiller il faut étudier la qualité de fluide réfrigérant par l'analyse chromatographique du propane produit.

Objectif principale de ce travail est l'identification définitive de la cause précise de l'augmentation de température en effectuant certains calculs de manière méthodique.

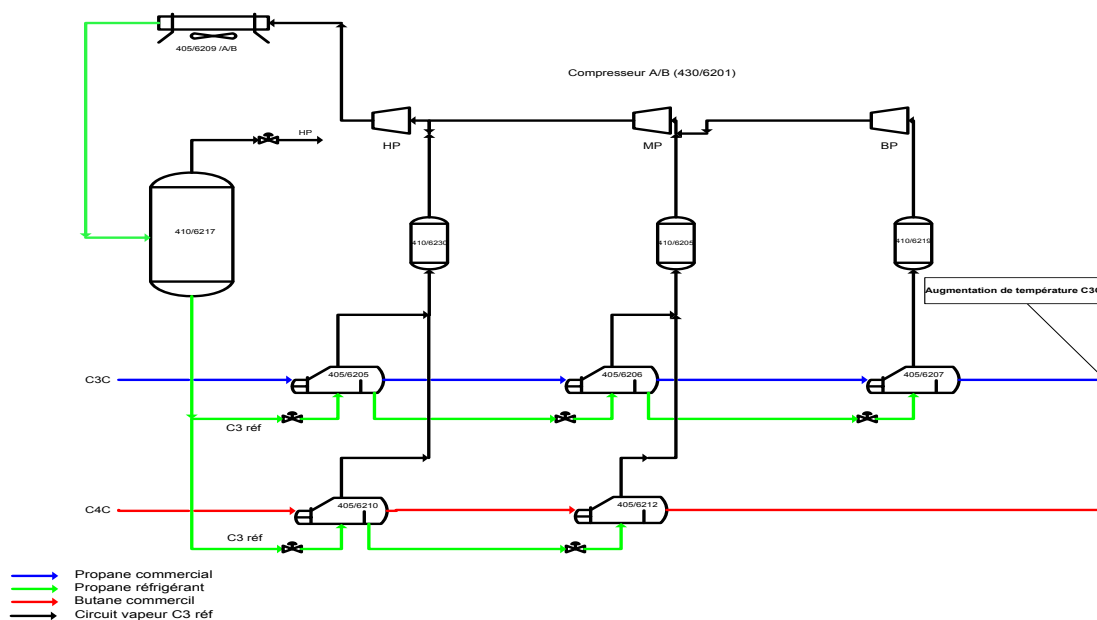


Figure V.1 : boucle de réfrigération.

Il y a quatre causes possibles de l'augmentation de la température du propane commercial selon la source considérée :

- *- Soit dans le mauvais fonctionnement des deux splitters A et B qui affectent la qualité de propane.

- *- Soit dans le percement des tubes des chillers lesquels vont occasionner la contamination du propane par le butane.

- *- Soit les mauvais paramètres opératoires du C3C à l'entrée de la section de réfrigération notamment la pression et la température.

- *- Soit la perturbation de la boucle de propane.

V.1.2 ; Origine de l'augmentation de la température du C₃C :

V.1.2.1 Qualité du propane produit :

Après la section de séparation nous remarquons que le propane obtenu soit pollué par le butane à cause du mauvais fonctionnement des deux splitters A et B.

Pour étudier la qualité de propane produit par les deux splitters, nous avons procédé, durant le mois de Avril 2017, à une série d'analyses chromatographiques. (Voire annexe B).

Les résultats des analyses ainsi obtenus sont présentés graphiquement sur la figure V.2.

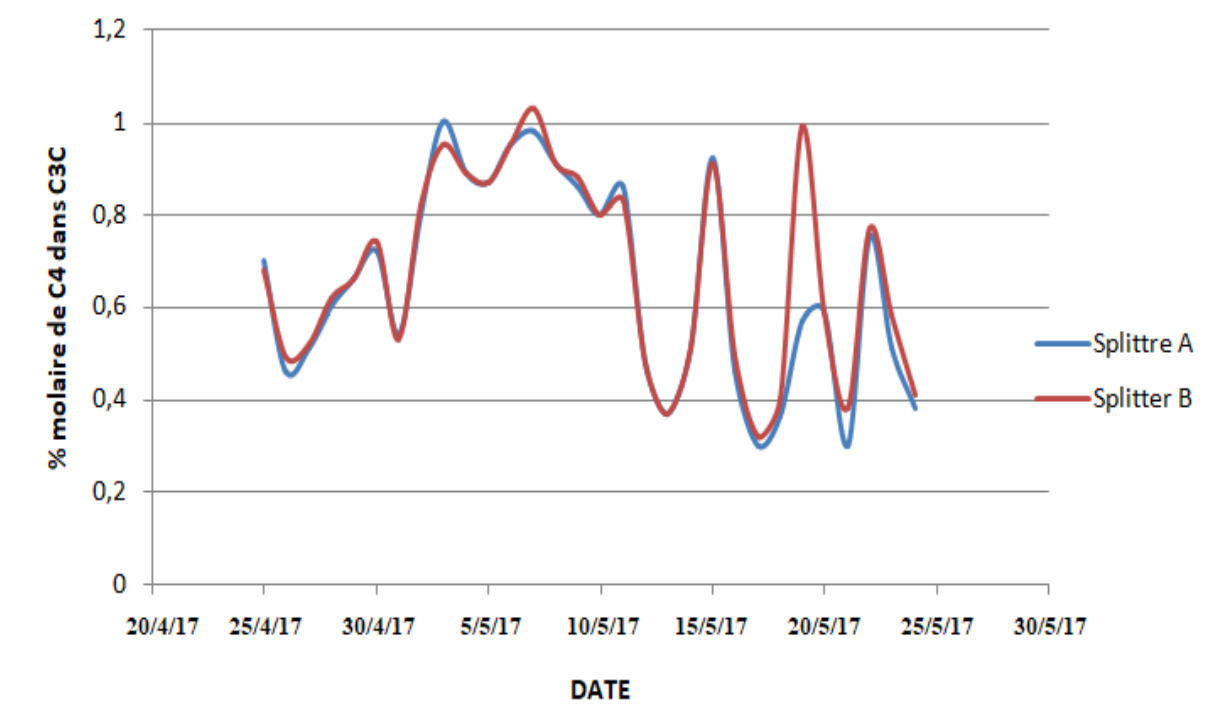


Figure V.2 : Evolution de la teneur en C4 dans le propane produit (avril 2017).

D'après les résultats donnés par les graphes de chromatographie nous remarquons que la teneur en butane dans le propane produit est faible, donc les deux splitters ne sont pas responsables de l'augmentation de la température de propane commerciale à la sortie du dernier chiller.

V.1.2.2 ; Percement des tubes des chillers :

La contamination du propane par le butane c'est aussi une cause responsable à l'augmentation de température de propane commerciale à la sortie du dernier chiller par ce qu'il est contribué les problèmes suivants :

*- La perforation des tubes des échangeurs par la corrosion due à la présence des traces de l'eau dans le fluide, ou par érosion en raison de la vitesse de circulation élevée du fluide entraînant des corps étrangers.

*- La fissuration du métal suite aux changements brusques de la température.

Ces facteurs causent des problèmes de percement des tubes des chillers.

Les ingénieurs de complexe GP2/Z et les tests hydrostatiques effectués sur les chillers par le service des mines d'Oran, montre qu'il n'y a aucun percement signalé sur les tubes des chillers.

V.1.3; Autres causes possibles :

Pour trouver l'origine de l'augmentation de température doit être augmentée la gamme de la recherche. Par la collection des données, les résultats des analyses chromatographie d'échantillons de propane réfrigérant prélevés au niveau de la calandre du chiller.

Les résultats de ces analyses données dans le tableau suivant :

Date	Propane réfrigérant (% molaire)					
	C ₁	C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	Σ C ₄
17/04/2017	0,59	0,83	80,79	5,81	11,98	17,79
19/04/2017	0,40	0,86	79,63	6,95	12,16	19,11
23/04/2017	0,17	0,85	85,01	4,97	9,00	13,97
27/04/2017	0,40	0,90	88,00	4,10	6,60	10,70
29/04/2017	0,55	0,92	87,38	4,39	6,76	11,15
03/05/2017	0,61	0,90	89,03	6,18	3,28	9,46
07/05/2017	0,15	1,71	97,95	0,18	0,01	0,19
11/05/2017	0,66	0,65	77,24	5,54	15,91	21,45
15/05/2017	0,40	0,57	75,00	8,10	16,00	24,10
22/05/2017	0,38	0,90	82,02	5,00	12,00	17,00

Tableau V.1 : Résultats des analyses chromatographiques du propane réfrigérant circulant dans la calandre du chiller.

Après les résultats donnée dans le tableau précédent on observe que :

- *- instabilité de la teneur en butane.

- *- le pourcentage de C4 dans le C3 réfrigérant presque 25% et parfois beaucoup plus, alors la pureté de C3 doit être telle qu'il n'y ait pas plus de 1% de C4 dans le C3.

Lorsque la température du propane commercial est augmentée après la sortie du dernier chiller, les experts doivent immédiatement analyser le propane réfrigérant trouvé dans le dernier chiller, si l'analyse indique que l'accumulation de butane dans le propane est élevée, La solution approuvée consiste à décharger une certaine quantité de propane réfrigérant de la calandre du chiller vers le réseau torche, on ajoute le propane frais si le niveau de réfrigérant diminue pour compenser les pertes.

L'accumulation de butane dans la calandre du chiller est un facteur responsable aussi à l'augmentation de la température de propane réfrigérant à la sortie de dernier chiller, avec autres raisons notamment :

- *- L'injection des gaz chauds au fond de la calandre du chiller.

- *- Les mauvaises conditions opératoires qui favorisent cette accumulation de butane.

L'augmentation de la température du propane commercial peut également s'expliquer par la variation des paramètres opératoires (pression, température) du propane commercial venant de la section de séparation (splitter A et B), qui alimente le chiller de la section de réfrigération.

V.1.3.1 ; L'accumulation de butane :

Nous pouvons faire une étude de simulation de la section de réfrigération pour examiner l'effet de l'accumulation de butane, il s'agit de rechercher les principales causes du réchauffement du propane commercial à la sortie du dernier chiller.

V.1.3.2 ; Paramètres opératoires :

La température et la pression parfois influé négativement sur la température de propane réfrigérant sortie à la dernier chiller.

De même, nous avons tenu à réaliser une étude par simulation de façon à examiner l'impact de la température du propane commercial à l'entrée du chiller sur la température du propane commercial.

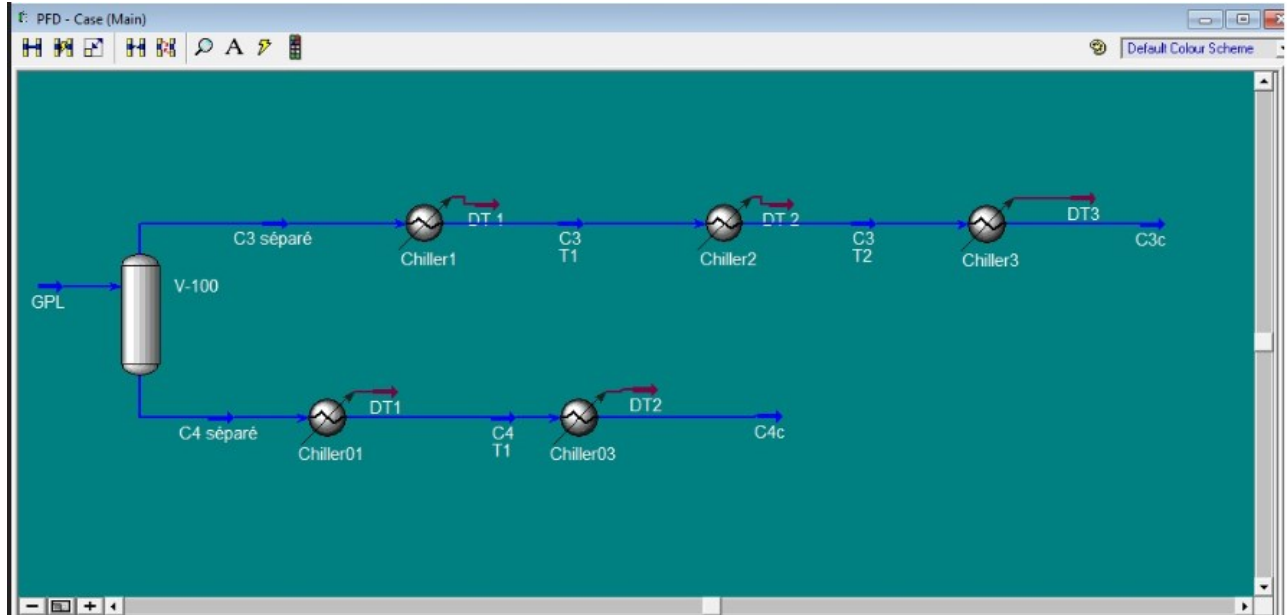


Figure V.3 : Schéma retenu pour la simulation du chiller.

V.2 ; Résultat et discussion :

V.2.1 ; Introduction : [36]

Nous avons appliqué la simulation pour étudier l'influence de la pression et la température et l'accumulation de butane à la température de propane réfrigérant à la sortie du dernier chiller.

V.2.2 ; Effet de la pression du propane commercial (C₃C) :

V.2.2.1 ; Données de simulation :

Les données de base nécessaires aux calculs par simulation sont indiquées dans les tableaux VI.1 et VI.2.

Composés	C1	C2	C3	i-C4	n-C4
% mol.	0.60	2.33	96.90	0.15	0.02

Tableau V.2 : Composition du propane commercial.

Grandeurs	C3C
Pression (bars)	17.31
Débit (t/h)	106

Tableau V.3 : Paramètres opératoires du C₃C à l'entrée du chiller.

V.2.2.2; Présentation des résultats de la simulation :

Nous avons effectué la simulation des niveaux de pression du propane commercial dans la gamme suivante [1650-1900] avec de pas de 50 kPa, et la température du propane commercial à l'entrée de ce chiller est située dans l'intervalle [40-80] Les résultats obtenus après simulation des températures commerciales du propane à la sortie du chiller sont affichés dans le tableau (V.4) et sont illustrés par le graphe (Fig. V.4).

Pression(KPa)	Température du C₃ commercial à l'entrée du chiller (°C)	Température du C₃ commercial à la sortie du chiller (°C)
1650	18	-38.66
	22	-38.63
	26	-38.60
	30	-38.58
	34	-37.48
	38	-32.41
	40	-29.85
1700	18	-38.66
	22	-38.63
	26	-38.60
	30	-38.58
	34	-37.55
	38	-32.50
	40	-29.95
1800	18	-38.66
	22	-38.63
	26	-38.60
	30	-38.58
	34	-37.55
	38	-32.50
	40	-29.95
1900	18	-38.66
	22	-38.63
	26	-38.60
	30	-38.58
	34	-37.60
	38	-32.56
	40	-30.02

Tableau V.4 : Résultats de la simulation indiquant l'effet de pression du C₃C à l'entrée du chiller sur la température du C₃C à la sortie du chiller.

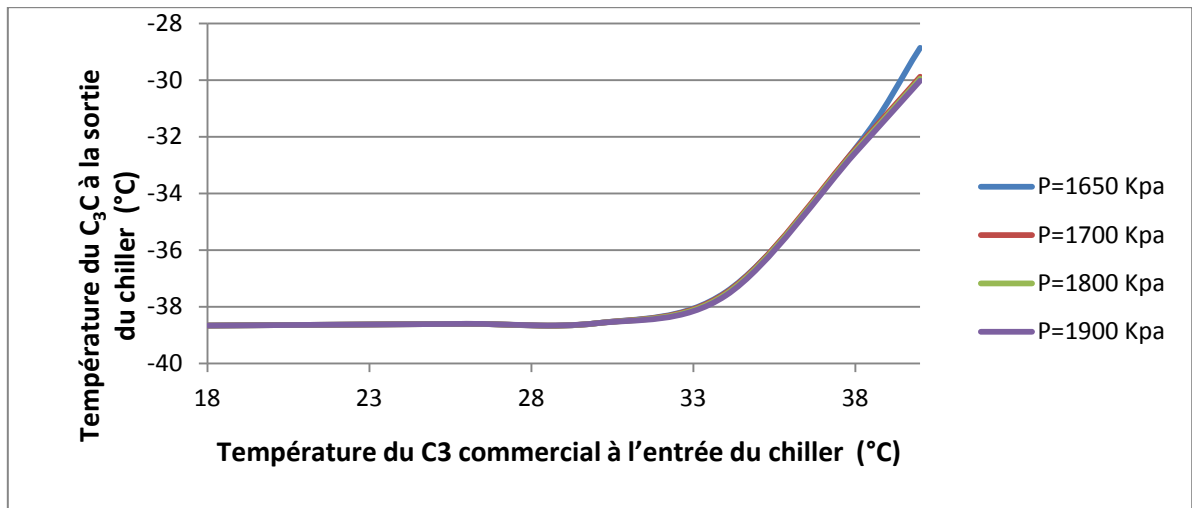


Figure V.4 : Variation de la température du C₃C à la sortie du chiller en fonction de la température du C₃C à l'entrée du chiller pour différents niveaux de pression (comprise entre 16,5 et 19 bars).

V.2.2.3 ; Discussion :

Après les résultats donnés dans le tableau en déduire que la pression de propane commercial à l'entrée du chiller n'influe pas sur la température de propane commercial à la sortie du chiller.

V.2.3; Effet de température du propane commercial (C3C) :

Nous avons étudié l'effet de température du propane commercial, venant de la section de séparation et qui alimente le chiller de la section de réfrigération, sur la température du propane commercial à la sortie du chiller.

Les données de base nécessaires aux calculs par simulation sont exactement les mêmes que précédemment à l'exception, toutefois, du débit de propane commercial à l'entrée du chiller pour lequel nous avons considéré plusieurs cas de figures. En effet, le domaine de variation de ce débit se situe entre 92 et 117 t/h avec un pas de 5 t/h, la pression étant fixée à 16,5 bars.

Les résultats de simulation donnée dans le tableau suivent :

Température (°C) Débit (t/h)	Température du C ₃ commercial à l'entrée du chiller (°C)	Température du C ₃ commercial à la sortie du chiller (°C)
92	18	-39.08
	22	-39.05
	26	-39.03
	30	-39.01
	34	-38.99
	38	-38.97
	40	-38.94
97	18	-38.86
	22	-38.83

97	26	-38.81
	30	-38.79
	34	-38.76
	38	-38.19
	40	-35.65
102	18	-38.62
	22	-38.60
	26	-38.57
	30	-38.55
	34	-38.43
	38	-34.04
	40	-31.53
107	18	-38.37
	22	-38.35
	26	-38.32
	30	-38.29
	34	-35.24
	38	-30.31
	40	-27.81
112	18	-38.41
	22	-38.38
	26	-38.35
	30	-38.22
	34	-33.95
	38	-28.93
	40	-26.40
117	18	-37.84
	22	-37.81
	26	-37.65
	30	-33.54
	34	-28.74
	38	-23.87
	40	-21.40

Tableau V.5 : Résultats de la simulation de l'effet de température du C₃C à l'entrée du chiller sur la température du C₃C à la sortie du chiller.

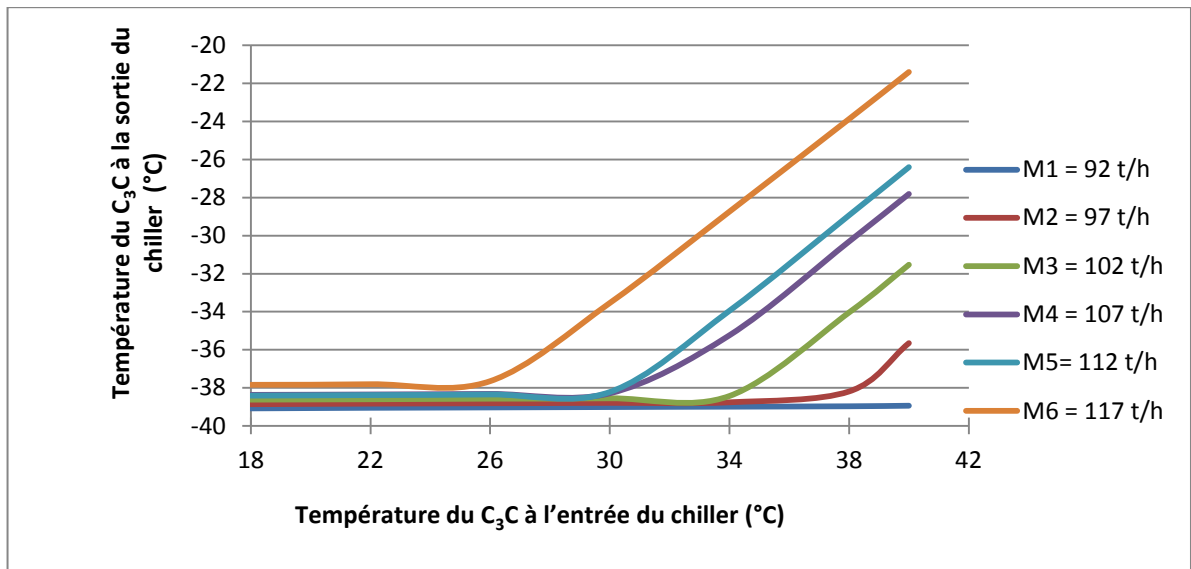


Figure V.5 : Variation de température du C₃C à la sortie du chiller en fonction de la température du C₃C à l'entrée du chiller pour différents débits (entre 92 et 117 t/h).

V.2.3.1 ; Discussion :

L'examen détaillé du graphe V.4 montre que :

Pour une température du C₃ commercial comprise entre 18 et 26 °C, on n'observe aucune influence de cette température sur la température du C₃ commercial à la sortie du chiller.

Si la température d'entrée de propane commerciale dépassé de 26 C, nous observons un impacte sur la température de propane commercial a la sortie de chiller selon la variation de débit.

Pour mettre en évidence cet effet de température du C₃C à l'entrée du chiller sur la température de ce même C₃C à la sortie de la section réfrigération, il suffit de rappeler que l'échange thermique au niveau d'un échangeur de chaleur dépend directement de l'écart de température (ΔT) qui existe entre le fluide chaud et le fluide froid. Celui-ci constitue l'élément moteur de la transmission de chaleur selon la relation suivante :

$$Q = m C_p \Delta T \quad (1)$$

Q : Quantité de chaleur échangée.

m : Débit de fluide.

C_p : Capacité calorifique.

ΔT : L'écart de température (potentiel thermique).

Si la température du C₃ commercial à la sortie du chiller pour même débit du C₃ commercial, due à la diminution du potentiel thermique (ΔT). Ce dernier influé directement sur la quantité de chaleur transmise dans l'échange de chaleur entre le C₃ réfrigérant et le C₃ commercial. La quantité de chaleur échangée est d'autant plus grande, si le potentiel thermique est plus élevé.

V.2.4 ; Conclusion :

Pour assurer un bon fonctionnement de la boucle de réfrigération, et pour éviter l'augmentation de température du propane commercial à la sortie du chiller, il est important de fixer les paramètres opératoires (température, pression) à des valeurs convenables à l'entrée du chiller en fonction du débit de C₃ commercial envoyé vers la boucle de réfrigération. Nous avons indiqué ces paramètres dans le tableau V.6 ci-dessous :

Débit (t/h)	Température maximale admise du C₃C à l'entrée du (°C)	Température du C₃C à la sortie du 405/6207 (°C)
92	40	-38.94
97	38	-38.19
102	34	-38.43
107	30	-38.29
112	28	-38.28
117	24	-37.73

Tableau V.6 : Température maximale admise du C₃ commercial à l'entrée du chiller pour chaque débit du C₃ commercial (compris entre 92 et 117 t/ h) à P=17.31 bar.

Conclusion :

Le GPL issu de raffinage de pétrole ou traitement de gaz naturel, est devenu de plus en plus demandé par les secteurs utilisent comme une source d'énergie. Pour ce l'Algérie par la société SONTRACH (GP 2/ Z) a mené une politique de développement en substitution des carburant traductionnel, en raison de ses réserves important en GPL pour la lutter contre la pollution.

Notre travail consiste à découvre les déférents procédés de traitement de gaz naturelle pour obtenir le GPL qui se passe par la section de réfrigération qui est une étape plus essentiel avant le dépose le produit au marché national et international comme un carburant ou produit utilisé en industrie pétrochimie.

La réfrigération de GPL a pour but de changement des phases de butane et de propane d'état gaz à l'été liquide par intervenir d'un circuit de propane pur.

Cet état est atteint lorsque le gaz est refroidi à une température d'environ $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour propane et $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour le butane à pression atmosphérique.

Cette changement d'état permette de démunie le volume d'un facteur de près de 150 pour un même pouvoir calorifique ce qui facilite son stockage et son transport par voie maritime.

Pour assurer un bon fonctionnement de la boucle de réfrigération et pour éviter l'augmentation de température du propane commercial à la sortie du dernier chiller, il est important de fixer les paramètres opératoires (température, pression) à des valeurs convenables à l'entrée du chiller en fonction du débit de C3 commercial envoyé vers la boucle de réfrigération.

Liste de référence

- [1] : Mémoire master présente par : Chebli laid et Abbassi youcef theme : calcul des Paramètres de fonctionnement du dépropaniseur (unité de (38) ; traitement de GPL) module III à Hassi juin 2012.
- [2] : Banque de données GP2/Z (Généralités sur le complexe GP2Z)
- [3] : WWW.CONNAISSANCE DES2NERGIE.ORG
- [4] : Manuel opératoire du complexe GP2/Z volume 2 [Système d'huile chaude]
- [5] : Centre canadien d'hygiène et sécurité au travaille ; site web.www.cchst.ca, (février 2010)
- [6] : www.economiedenergie.fr
- [7] : WWW.CFbp.Fr/PRO-DES GPL
- [8]: www.predoenea.org
- [9] : Arezki Benali - www.algerie-eco.com
- [10] : www.economiedenergie.fr
- [11] : Mémoire master présent par M^{me} Yahla Fatima Zohra née Berrais et Hamdi Noureddine, thème : Optimisation de la déshydratation (prolongation de la secquence de regeneration)
- [12] : mémoire de magister (simulation et optimisation des paramètres technologie de l'unité des GPL à houd berkaoui) présenté par mouni nasseredine.
- [13] : <https://maghrebemergent.info/>
- [14] : <https://www.memoireonline.com> (EIA).
- [15] : WLPGA Statistical Review 2016
- [16] : www.total.com/...énergies/.../specialites-900138.html
- [17] : www.liberte-algerie.com (FARID BELGACEM)
: Source APRU (Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie)
- [18] : “statistical review of global LP Gas 2017“ – WLPGA
- [19] : J.P Wauquier , pétrole brut , produit pétrolières ,schémas de fabrication , (tome I) édition technip ,(1994) , p.184.
- [20] : .J.P Wauquier , raffinage et génie chimique ,(tome II) , édition technip , (1972) ,p .220.
- [21] : Mémoire master présente par : Chebli laid et Abbassi youcef theme : calcul des Paramètres de fonctionnement du dépropaniseur (unité de (38) ; traitement de GPL) module III à Hassi R'mal juin 2012. Chapitre 3, page 22.
- [22] : TOME 1. X.NORMAND –A.TREIL L'industrie du raffinage du pétrole Editions TECHNIP, 1 janv1985.Etude l'endommagement du préfoidiseur de Gazoline.
- [20] : Séminaire sur les hydrates présenté par Mr cherief IAP Boumerdes, 2008 dans chapitre 3
- [23] : Généralités sur la fabrication GP1/Z Phase I, T405 a, I.H.I.

- [24] : Manuel Opérateur GP2/Z (section séparation) Volume 1, phase II.
- [25] : Manuel opératoire ; procès : volume 1 et 2. Document GP2-Z
- [26] : Manuel opératoire ; procès : volume 1 et 2. Document GP2/Z
- [27] : Manuel d'exploitation, section de séparation, projet de sécurisation et de fiabilisation du complexe GP2/Z, activité AVAL, Sonatrach 2007.
- [28] : Pipe drafting and design – (second edition). Roy A. Parisher-Robert A. Rhea.
- [29] : Activité aval division LRP complexe GP2/Z, soft de formation réfrigération .ANNE 2016. préparé par : Melle S Bouhent.
- [30] : Séminaire sur les hydrates présenté par Mr cherief IAP Boumerdes, 2008.
- [31] : Manuel opératoire du procédé de liquéfaction du complexe GL1 /Z.
- [32] : Formation d'ingénieur, bloc 11, module 03: décarbonatation, GL1/Z 8/12/1992.
- [33] : Manuel Opérateur GP2/Z, Procès, Section 2, Volume 4.
- [34] : Manuel opératoire d'unité de réfrigération de complexe GP2/ Z.
- [35] : Manuel Opérateur GP2/Z, Stockage et expédition, Section 4, Volume 3.
- [36] : Manuel opératoire d'unité de réfrigération de complexe GP2/ Z.

Annexe A :

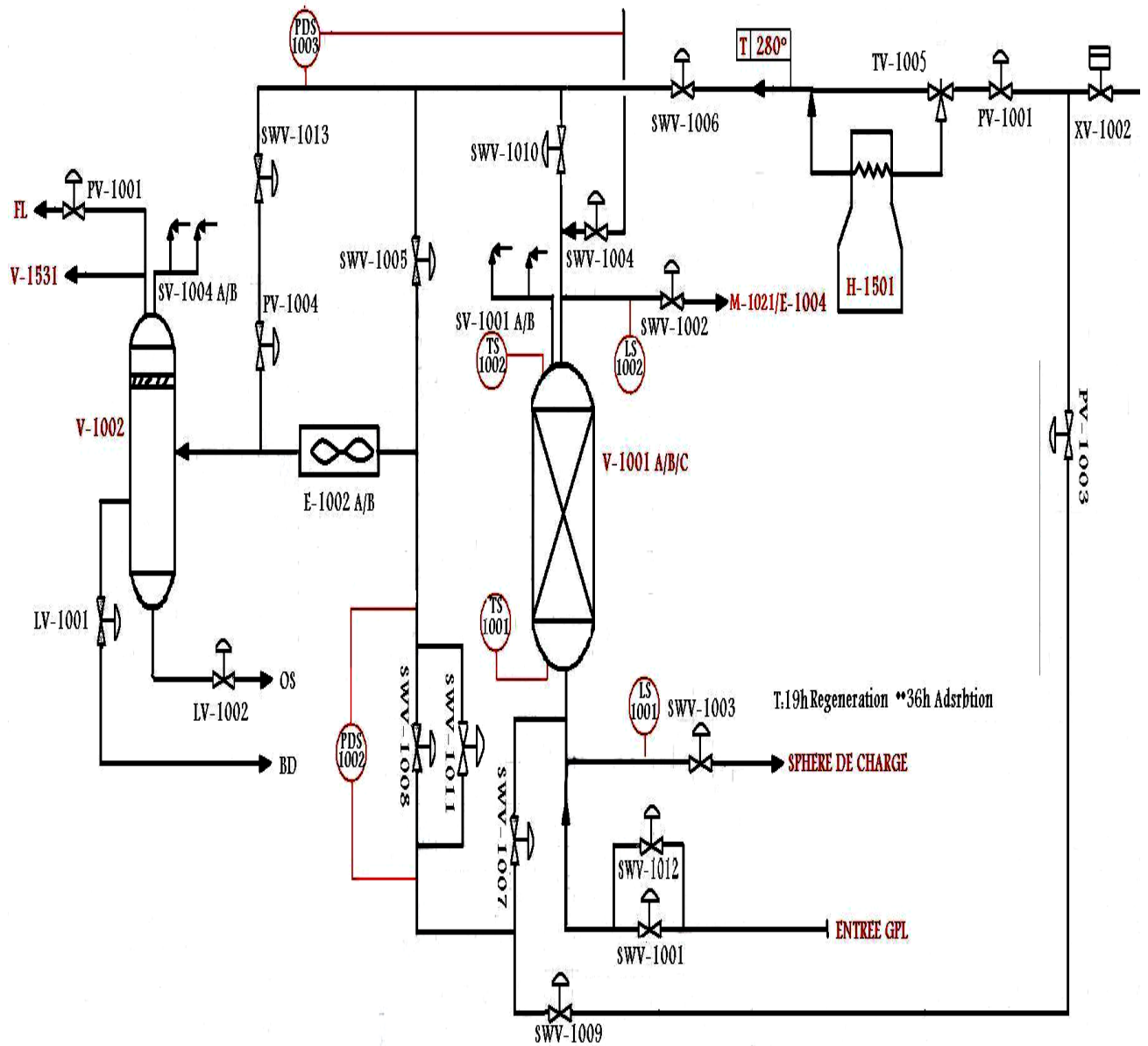


Figure 1 : schéma de la Section déshydratation de GPL.

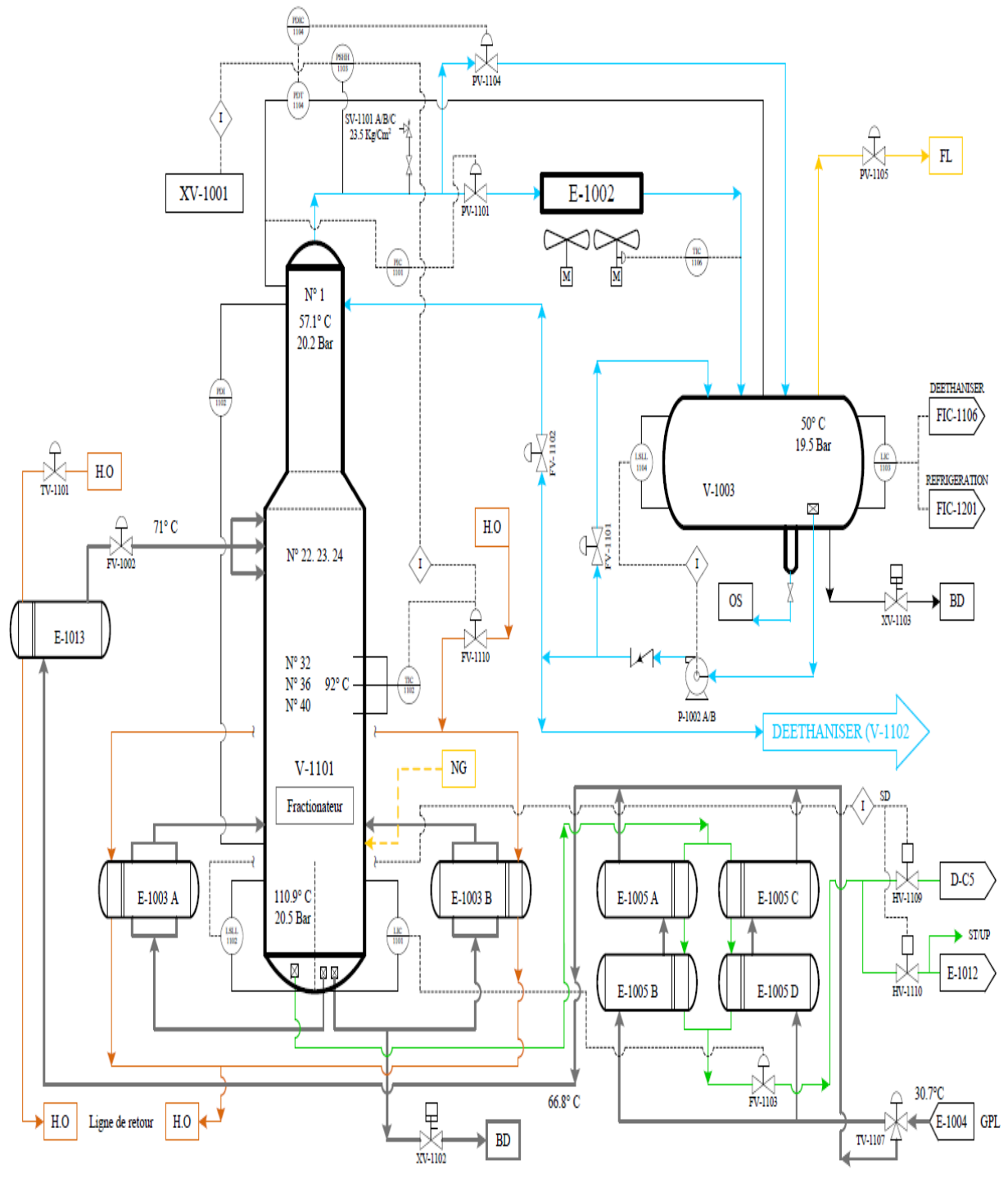


Figure 2 : Section de séparation des compositions de GPL.

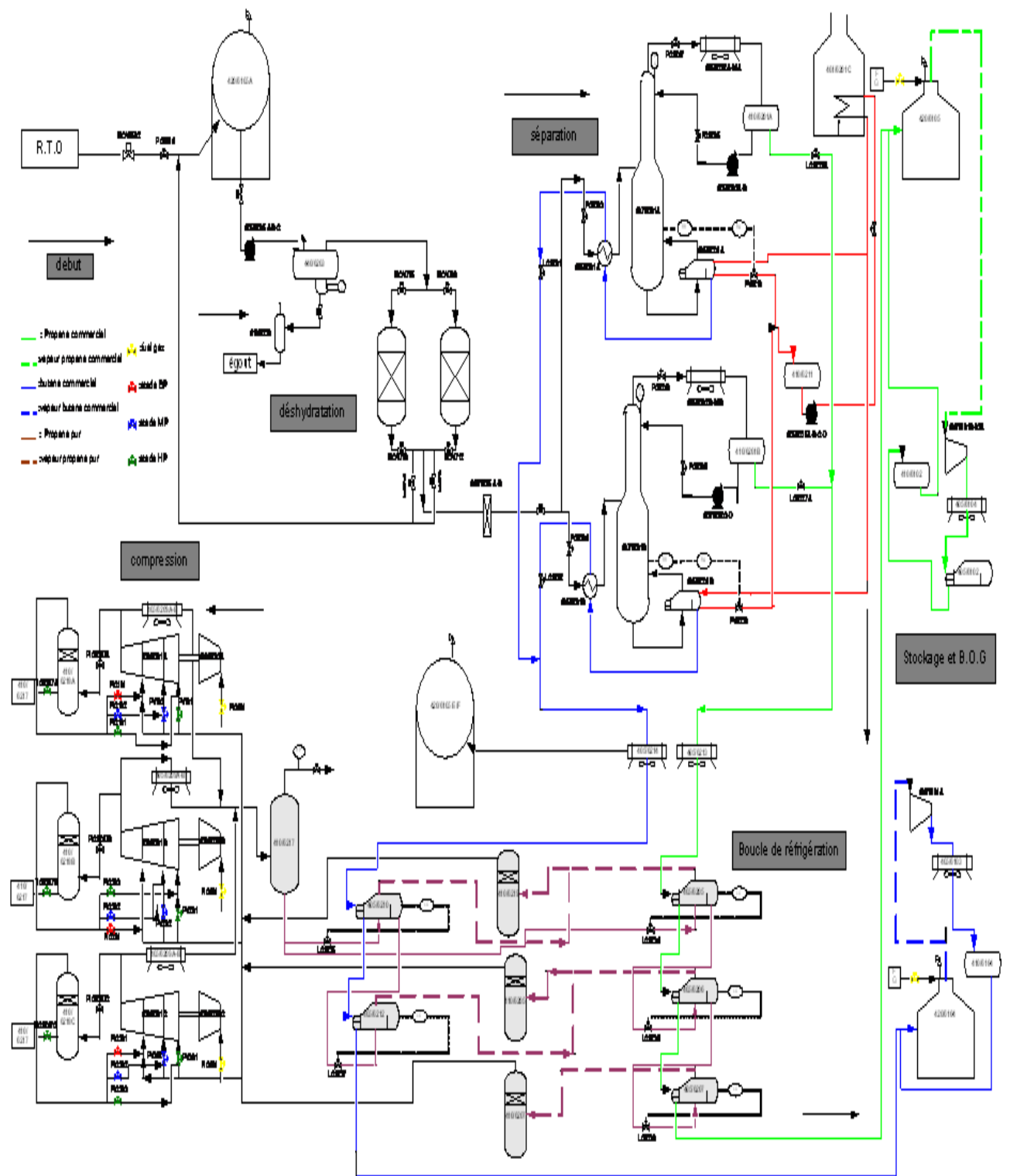


Figure 3 : Schéma globale du procédé de traitement de GPL.

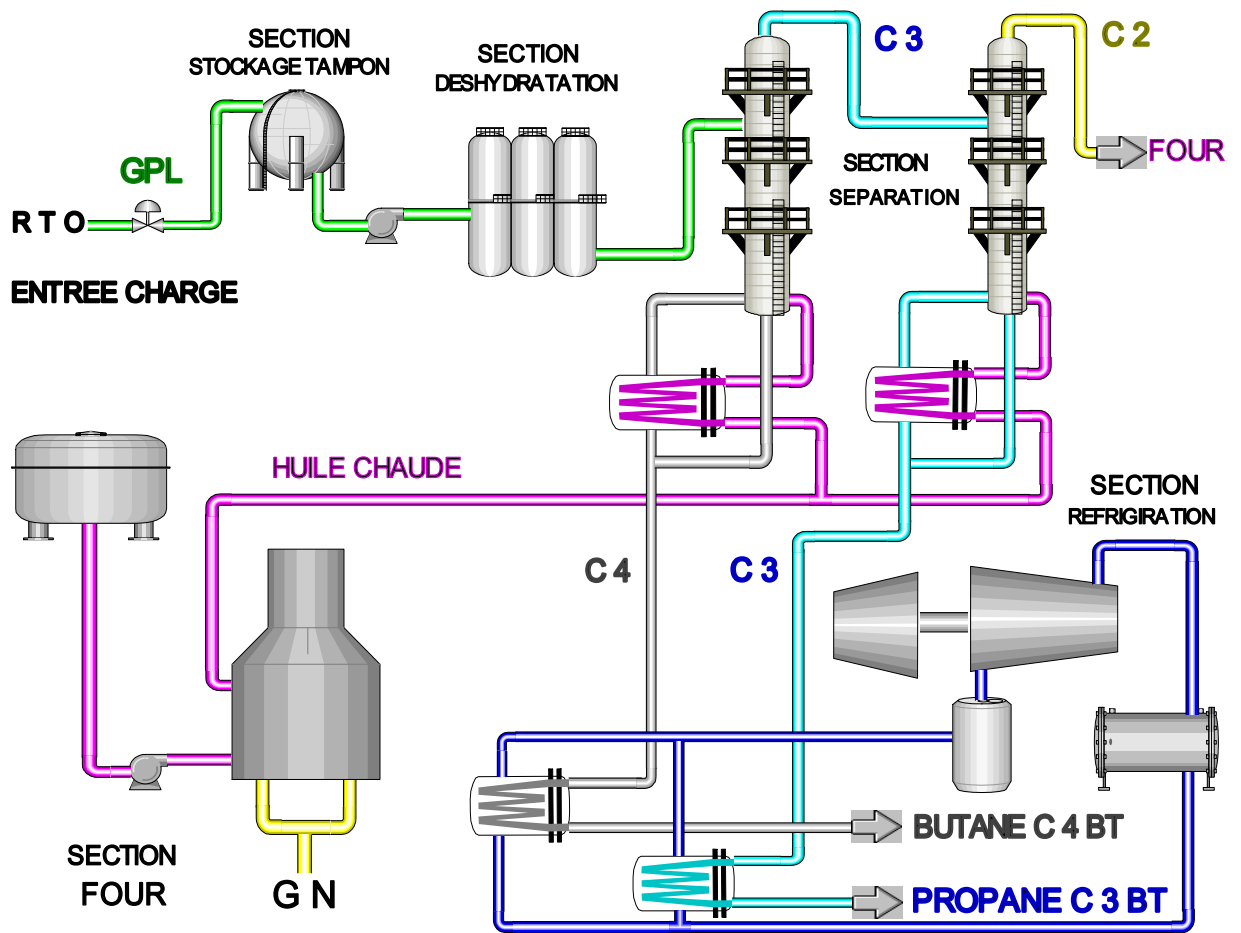


Figure 4 : Schéma du procédé de liquéfaction du GPL.

Annexe B :

Les analyses chromatographiques du propane produit par les deux splitters A et B
Mois du Avril 2017

Date	C ₄ dans C ₃ C produit par le splitter A (% molaire)		
	i-C ₄	n-C ₄	Σ C ₄
01/04/2017	0.600	0.1	0,7
02/04/2017	0.4	0.06	0,46
03/04/2017	0.4	0.11	0,51
04/04/2017	0.5	0.1	0,6
05/04/2017	0.5676	0.0924	0,66
06/04/2017	0.6192	0.1008	0,72
07/04/2017	0.4642	0.0758	0,54
08/04/2017	0.700	0.110	0,8
09/04/2017	0.9	0.1	1
10/04/2017	0.7600	0.13	0,89
11/04/2017	0.7482	0.1218	0,87
12/04/2017	0.9	0.95	0,95
13/04/2017	0.8428	0.1372	0,98
14/04/2017	0.7826	0.1274	0,91
15/04/2017	0.7396	0.1204	0,86
16/04/2017	0.688	0.112	0,8
17/04/2017	0.7396	0.1204	0,86
18/04/2017	0.4128	0.0672	0,48
19/04/2017	0.3165	0.052	0,368
20/04/2017	0.4386	0.0714	0,51
21/04/2017	0.7912	0.1288	0,92
22/04/2017	0.3965	0.065	0,461
23/04/2017	0.2563	0.042	0,298
24/04/2017	0.313	0.051	0,364
25/04/2017	0.4902	0.0798	0,57
26/04/2017	0.5074	0.0826	0,59
27/04/2017	0.258	0.041	0,3
28/04/2017	0.645	0.105	0,75
29/04/2017	0.4386	0.0714	0,51
30/04/2017	0.3268	0.0532	0,38

C ₄ dans C ₃ C produit par le splitter B (% molaire)			
Date	i-C ₄	n-C ₄	Σ C ₄
01/04/2017	0,5848	0,0952	0,68
02/04/2017	0,4214	0,0686	0,49
03/04/2017	0,4472	0,0728	0,52
04/04/2017	0,5332	0,0868	0,62
05/04/2017	0,5676	0,0924	0,66
06/04/2017	0,6364	0,1036	0,74
07/04/2017	0,4558	0,0742	0,53
08/04/2017	0,7052	0,1148	0,82
09/04/2017	0,817	0,133	0,95
10/04/2017	0,7654	0,1246	0,89
11/04/2017	0,7482	0,1218	0,87
12/04/2017	0,817	0,133	0,95
13/04/2017	0,8858	0,1442	1,03
14/04/2017	0,7826	0,1274	0,91
15/04/2017	0,7568	0,1232	0,88
16/04/2017	0,688	0,112	0,8
17/04/2017	0,7138	0,1162	0,83
18/04/2017	0,4128	0,0672	0,48
19/04/2017	0,3165	0,052	0,368
20/04/2017	0,438	0,0715	0,51
21/04/2017	0,7826	0,1274	0,91
22/04/2017	0,4257	0,0693	0,495
23/04/2017	0,2743	0,045	0,319
24/04/2017	0,344	0,056	0,4
25/04/2017	0,7514	0,2386	0,99
26/04/2017	0,5074	0,0826	0,59
27/04/2017	0,3268	0,0532	0,38
28/04/2017	0,6622	0,1078	0,77
29/04/2017	0,5000	0,08	0,58
30/04/2017	0,3465	0,0635	0,41