



Department of Process Engineering

قسم هندسة

الطرائق

Ref :...../U.M/F.S.T/2024

رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2024

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : **GÉNIE DES PROCÉDÉS**

Option: **GÉNIE CHIMIQUE**

### THÈME

**Projet de installation ligne de recyclage du GPL au niveau gp2 /z**

Présenté par

Ibenchenni Mansour

Soutenu le 26/ 06 / 2024 devant le jury composé de :

**Président :** mohamed seghir                      Grade                      Université de Mostaganem  
zahira

**Examineur :** termoul mourad                      Grade                      Université de Mostaganem

**Encadreur**                      Hammoudi habib                      Grade                      Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

## ملخص

تكمّن إعادة تدوير غاز البترول المسال (LPG) استعادة وإعادة استخدام الغاز الذي كان من الممكن أن يتم التخلص منه أو إطلاقه في البيئة. وتشمل هذه العملية جميع الغاز المتبقي من الاستخدامات الصناعية أو الأسطوانات الفارغة وإعادة معالجته لجعله قابلاً للاستخدام مرة أخرى. والفوائد البيئية والاقتصادية لهذه العملية عديدة، منها: الحد من النفايات البيئية، وإعادة التدوير تقلل من انبعاثات الغازات الضارة وتساعد على حماية البيئة (توفير الموارد)، واستخدام الغازات المهذرة يعني تقليل الحاجة إلى استخراج غاز جديد، وبالتالي الحفاظ على الموارد الطبيعية (تقليل التكاليف) وإعادة استخدام الغاز بدلاً من شراء غاز جديد يمكن أن يقلل من التكاليف على المستخدمين. تتضمن عملية إعادة التدوير جميع الغاز وفصله عن الشوائب وضغطه في أسطوانات لجعله جاهزاً للاستخدام مرة أخرى. ويتطلب ذلك تقنيات متقدمة ومرافق مناسبة لضمان إعادة التدوير الآمن والفعال.

الكلمات المفتاحية: إعادة تدوير غاز البترول المسال، غاز النفايات، النفايات البيئية، ضغط الغاز

## Résumé

Le recyclage du gaz de pétrole liquéfié (GPL) consiste à récupérer et à réutiliser le gaz qui aurait été jeté ou libéré dans l'environnement. Ce processus inclut la collecte des gaz résiduels provenant des usages industriels ou des bouteilles vides et leur retraitement pour les rendre de nouveau utilisables. Les avantages environnementaux et économiques de ce procédé sont nombreux, parmi eux : Réduction des déchets environnementaux , le recyclage réduit les émissions de gaz nocifs et contribue à la protection de l'environnement (Economie des ressources), utilisation des gaz résiduels signifie moins de besoin d'extraction de nouveau gaz, préservant ainsi les ressources naturelles ( Réduction des coûts) et la réutilisation du gaz au lieu d'acheter du gaz neuf peut réduire les coûts pour les utilisateurs. Le processus de recyclage inclut la collecte du gaz, sa séparation des impuretés, et sa compression dans des bouteilles pour le rendre prêt à l'usage à nouveau. Cela nécessite des technologies avancées et des installations appropriées pour garantir la sécurité et l'efficacité du recyclage.

Mots clés : recyclage GPL, Gaz résiduels ,Déchets environnementaux , Compression gaz

## Summary

Recycling liquefied petroleum gas (LPG) involves recovering and reusing gas that would otherwise have been thrown away or released into the environment. This process includes collecting residual gas from industrial uses or empty cylinders and reprocessing it to make it usable again. The environmental and economic benefits of this process are numerous, including: Reducing environmental waste, recycling reduces emissions of harmful gases and helps to protect the environment (saving resources), using waste gases means less need to extract new gas, thus preserving natural resources (reducing costs) and reusing gas instead of buying new gas can reduce costs for users. The recycling process includes collecting the gas, separating it from impurities, and compressing it into cylinders to make it ready for use again. This requires advanced technology and appropriate facilities to ensure safe and efficient recycling.

Keywords: LPG recycling, Residual gases ,Environmental waste ,Gas compression

## INTRODUCTION

### DESCRIPTION DU COMPLEXE

#### OBJECTIF :

Important complexe, construit dans la zone industrielle d'ARZEW dans le but de traiter le mélange brut GPL, afin de produire du propane commercial et du butane commercial.

#### Définition :

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures constitué principalement de propane et de butane aux conditions normales de pression et de température, le GPL se trouve à l'état gazeux mais il est facilement liquéfiable à la température ambiante sous une pression moyenne de 4 à 18 bars. Cette particularité permet un stockage et un transport plus simple comparativement aux gaz qui exigent des pressions très élevées (méthane, éthane). Il est composé d'environ 80 % de butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) et 20 % de propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>). C'est un carburant dit propre, issu du raffinage du pétrole brut

#### Propriétés de GPL :

Le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) est un mélange de propane et de butane. Voici quelques-unes de ses principales propriétés :

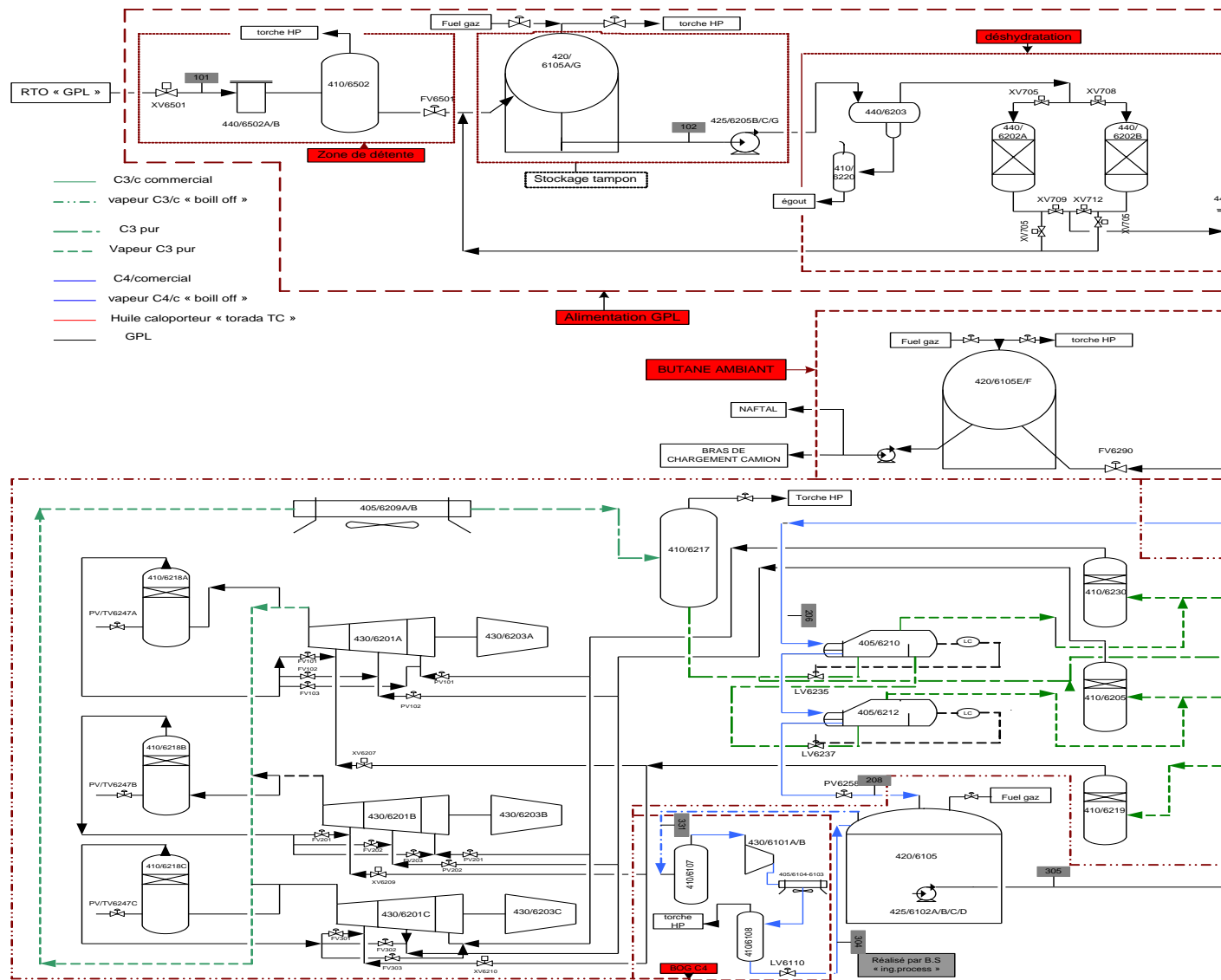
- 1.État physique** : À température et pression ambiantes, le GPL est un gaz. Toutefois, il est stocké et transporté sous forme liquide sous pression modérée.
- 2.Densité** : Le GPL est plus lourd que l'air, ce qui signifie qu'il a tendance à s'accumuler au niveau du sol en cas de fuite.
- 3.Pouvoir calorifique** : Le GPL a un haut pouvoir calorifique, ce qui le rend très efficace pour le chauffage et la cuisson.
- 4.Propriétés d'inflammation** : Le GPL est facilement inflammable et doit être manipulé avec soin. Son point d'éclair est bas, ce qui le rend facile à enflammer à des températures relativement basses.
- 5.Odeur** : Le GPL est naturellement inodore, mais un odorant est ajouté pour détecter les fuites.
- 6.Transport et stockage** : Il peut être transporté en bouteilles, citernes ou réservoirs sous pression. Lorsqu'il est stocké, il est sous forme liquide pour maximiser la quantité stockée.
- 7.Utilisations** : Le GPL est utilisé dans des applications domestiques (chauffage, cuisson), industrielles (processus de chauffage), et comme carburant pour véhicules (autogas).
- 8.Environnement** : Le GPL brûle plus proprement que d'autres combustibles fossiles, émettant moins de CO<sub>2</sub>, de particules et d'autres polluants.

En résumé, le GPL est un combustible polyvalent et efficace, avec des propriétés qui le rendent adapté à de nombreuses applications, mais nécessitant des précautions pour assurer une manipulation et un stockage en toute sécurité.

#### Domaine d'utilisation du GPL :

## Procédé de Fabrication :

Le GPL venant de l'extérieur est stocké dans 4 réservoirs sphériques dans la section de stockage de la charge, ensuite le GPL brut est acheminé vers 2 trains identiques installés en parallèle. Chaque train est conçu de manière à produire 10.800.000 tonnes/an et comprend différentes sections voir (Figure) .



## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

### II-1- INTRODUCTION

Le complexe GP2Z comprend deux (02) trains dans la zone de procédé, et des moyens communs pour la charge, le stockage, le chargement et la reliquéfaction des vapeurs en off-site. Chaque train dans la zone de procédé a été conçu pour une production nominale annuelle de 700 000 tonnes de produits (propane et butane commercial).

### II-2- SECTION STOKAGE D'ALIMENTATION :

L'alimentation est faite à partir des champs gaziers et pétroliers de HASSI-R MEL et de HASSI-MESSAOUD par le gazoduc sous une pression de 24 bars et à la température ambiante via le terminal RTO situe sur le plateau de bethioua, il subit une détente jusqu'à 12 bars g a l'entrée de l'unité.

La section de stockage tampon a pour fonction de recevoir le GPL et stocker dans une sphère d'une capacité de 1220 m<sup>3</sup>. Pour stocker et véhiculer le GPL brut la sphère présente un volume suffisant pour assurer un fonctionnement stable en cas de variation de débits a l'alimentation, afin de l'envoyer vers la section de déshydratation qui constitue la phase suivante de traitement.

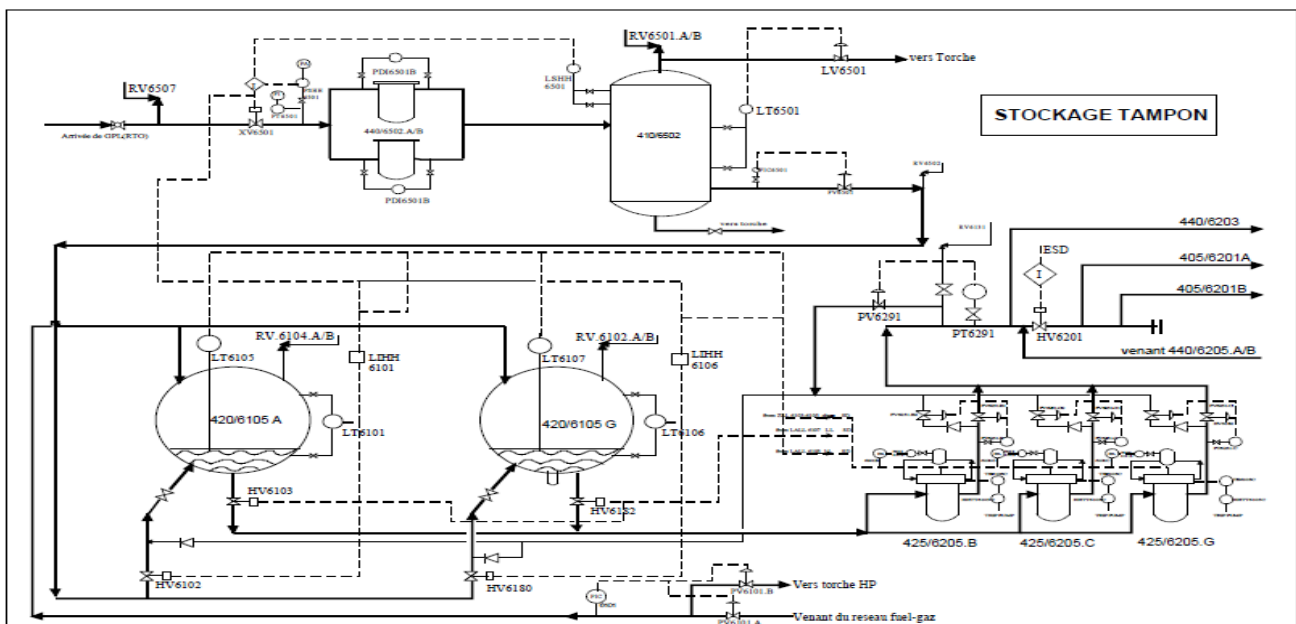


Figure .....

## **II-3- TRAITEMENT DU GPL BRUT**

### *II-3-1- Section de déshydratation*

L'unité de déshydratation a été conçue pour sécher le produit GPL à une teneur inférieure à 1PPM. Elle est composée par des équipements suivants :

- ✓ Un coalescer.
- ✓ Deux sécheurs.
- ✓ Un refroidisseur de gaz de régénération.
- ✓ Un séparateur.
- ✓ Deux filtres.

Le produit GPL pompé par les pompes de charge sous une pression de 25 bars, est acheminé sous contrôle de débit vers le coalescer où la plus grande quantité d'eau libre est enlevée de la charge GPL par fusionnement des gouttelettes d'eau en suspension à travers les éléments filtrants et sont séparés par gravité. L'eau est admise dans le ballon de décantation incorporé en bas du coalescer et est drainé à l'atmosphère sous contrôle de niveau via le ballon de purge qui sert à évacuer le gaz entraîné. Puis passe par un adsorbant pur réduire la teneur en eau à quelque 5 PPM. Cela permet d'éviter la formation d'hydrate dans l'installation en aval aux basses températures.

Cette adsorbant est composé de lit de tamis moléculaire qui est utilisé pour le séchage et la purification de produit GPL en provenance du coalescer. Le principe de fonctionnement se fait par attraction sur certaines molécules et rejet des molécules plus larges. Les molécules d'eau étant polaires, elles sont fortement attirées vers les tamis moléculaires, par contre les molécules non polaires (molécules de GPL) traversent librement le sécheur. Lors du passage de la charge GPL à travers le lit de tamis moléculaire l'eau est adsorbée et enlevée par la chaleur durant le cycle de régénération.

Lorsque le tamis moléculaire de l'adsorbant est saturé d'eau, il est permuté pour être régénéré. Il est drainé du liquide GPL vers les sphères GPL puis dépressurisé vers torche jusqu'à la pression de gaz régénération. Suite à cela, le fuel gaz de la régénération est chauffé dans le réchauffeur par le gaz d'échappement des turbines et passe ensuite à travers le sécheur à contre courant de produit GPL. L'eau adsorbée par les dessiccants est vaporisée par le gaz chaud. La vapeur d'eau entraînée par le fuel gaz est condensée dans le refroidisseur à air et séparée dans le séparateur de gaz de régénération.

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

L'eau est drainée à l'atmosphère sous contrôle de niveau en passant par le ballon de purge et le gaz est acheminé vers le réseau de fuel gaz. Après la séquence de régénération, l'adsorbeur est refroidi par la circulation de gaz froid en by passant le réchauffeur, lorsque le cycle de refroidissement est achevé, le lit est rempli du liquide GPL est repressurisé. Ensuite il sera en attente jusqu'à sa remise en adsorption pour un nouveau cycle.

Cette unité est composée de deux adsorbeurs qui fonctionnent en alternance.

### **Taleau .....**

Débit de la charge GPL	156250 Kg/H
Température de service	10-38 C°
Pression de service	25 Kg/Cm <sup>2</sup> (abs)
La teneur en eau à l'entrée de la déshydratation	320 ppm poids
La teneur en eau à la sortie de la déshydratation	< 1 ppm poids

### ***II-3-1-1- Objectif***

Prévenir la formation d'hydrates : les hydrates sont des composés solides ressemblant à de la glace qui se forment lorsque l'eau réagit avec le gaz sous certaines pressions et températures. Ces hydrates peuvent obstruer les tuyaux et les équipements, entravant ainsi le flux et causant des problèmes opérationnels.

Protéger les équipements : la présence d'eau dans le gaz peut entraîner la corrosion des tuyaux et des équipements. L'élimination de l'eau contribue à protéger ces actifs et à prolonger leur durée de vie.

Améliorer l'efficacité du processus : les différentes opérations de traitement du gaz, telles que le refroidissement et la liquéfaction, fonctionnent plus efficacement lorsque le gaz est exempt d'eau.

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

Assurer la qualité du produit final : pour produire du gaz de pétrole liquéfié de haute spécification, le produit final doit être exempt d'impuretés telles que l'eau. Cela garantit que le produit est adapté aux usages commerciaux et industriels.

En résumé, le processus de déshydratation dans la section de déshydratation est essentiel pour garantir le fonctionnement fluide et sécurisé des installations de traitement du gaz, maintenir la qualité du produit final et protéger les équipements contre les dommages potentiels.

### **II-3-1-2- La régénération**

#### ➤ Drainage (2 heures)

La vidange du sécheur se fait par l'injection du gaz naturel sous une pression de 14 Kg/Cm<sup>2</sup>, le GPL restant est acheminé vers les sphères de charge

#### ➤ Dépressurisation (1 heure, 6mn)

Le sécheur 440/6202A est dépressurisé vers torche jusqu'à la pression de gaz de régénération qui est de l'ordre de 11 à 12 kg/cm<sup>2</sup>, cette séquence dure 6 minutes.

#### ➤ Chauffage(11heurs)

Le réchauffage se fait par le GN chauffé dans le four à une température de 250°C, il passe dans le sécheur du haut vers le bas pour évaporer l'eau dissoute contenue dans les tamis moléculaires

#### ➤ Refroidissement (6 heures)

Le GPL est refroidit par le GN porté à une température de 10 à 33°C et une pression de 3 Kg/Cm<sup>2</sup>

#### ➤ Dépressurisation (1 heure, 6mn)

Avant le remplissage de la colonne par le GPL, il faut avoir sa pression de service qui est de 20 Kg/Cm<sup>2</sup>, cette opération se fait par l'introduction de GN à haute pression

#### ➤ Remplissage (2 heures, 6 mn)

Cette opération consiste à mettre le sécheur en attente, d'où l'adsorbeur est rempli par du GPL

#### ➤ Attente (2.8 heures)

Après l'achèvement de l'étape de remplissage. Le lit de tamis moléculaire se met en attente (stand-by) pendant approximativement 18 h heures avant de commencer le prochain cycle d'adsorption.



## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

- **Changement d'adsorbeur :**

Une fois le temps d'adsorption de l'adsorbeur est achevé, l'autre adsorbeur est mis en service.

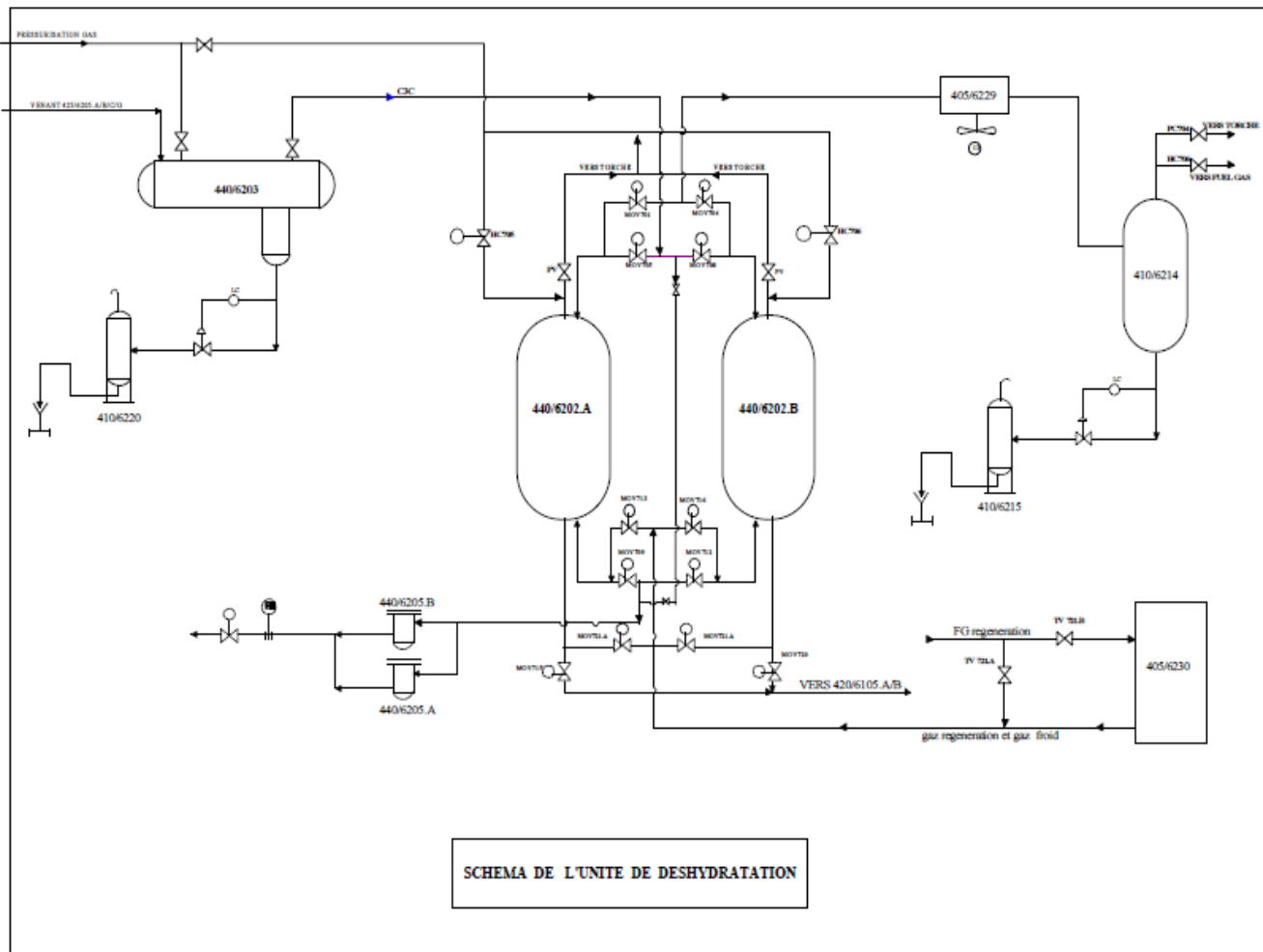


Figure .....

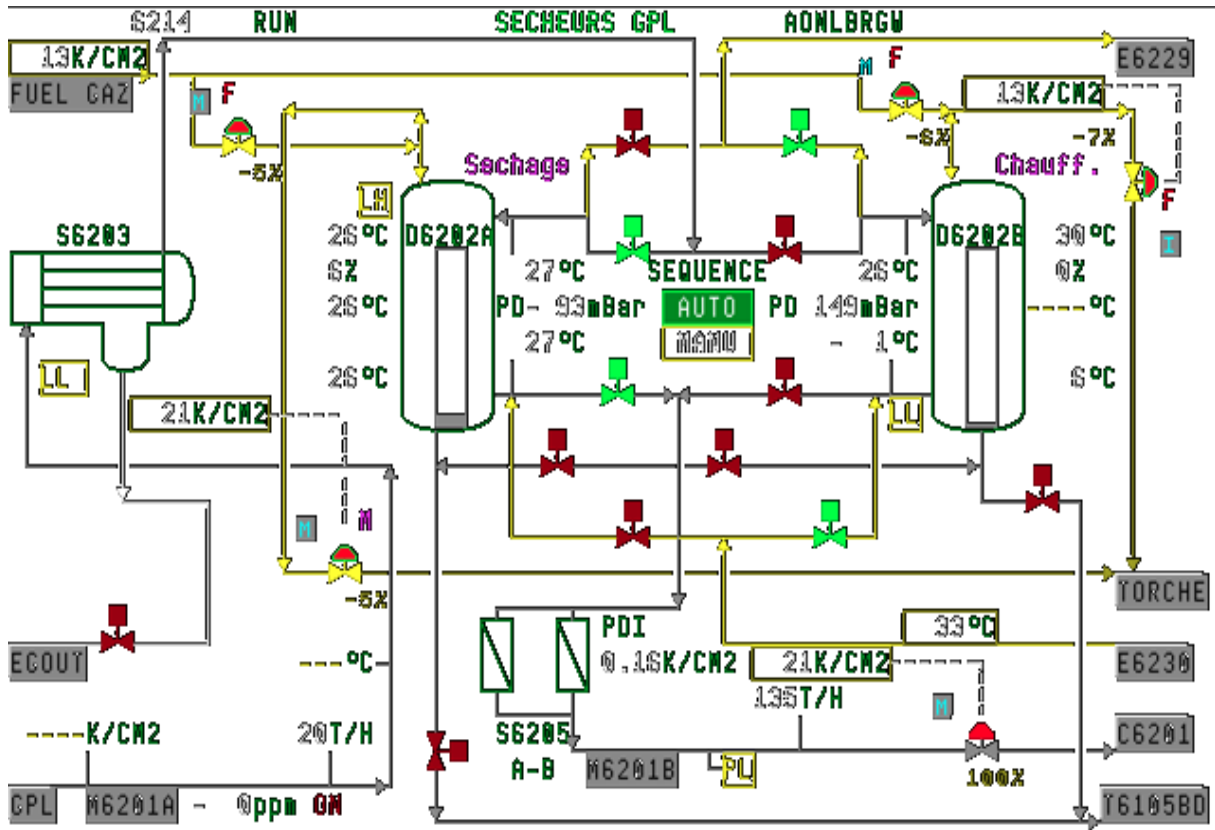


Figure .....

### II-3-2- Section de séparation

Avant d'arriver à la colonne, la charge GPL à une pression de 20 kg/cm<sup>2</sup> passe par le pré chauffeur où elle est préchauffée par le butane venant du fond de colonne.

La colonne a pour but de séparer le mélange de la charge GPL en propane commercial (distillat) comme produit de tête et en butane commercial (résidu) comme produit de fond.

Le GPL venant du préchauffeur rentre au niveau du plateau n°24 à une température comprise entre 67°C et 80°C. Les hydrocarbures légers se séparent du courant d'alimentation et s'élèvent vers le sommet de la colonne à contre courant d'un reflux continu de propane.

Le propane commercial extrait comme produit de tête de distillation est condensée en totalité au niveau des aérocondenseurs. Les incondensables sont renvoyés, sous l'action d'un contrôleur de pression, vers le réseau de torche. Une ligne de by passe de l'aérocondenseur est prévu en cas de chute de pression dans le ballon de reflux.

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

Le propane provenant du ballon de reflux est aspiré par la pompe de reflux du dépropaniseur. Une partie est utilisée comme reflux dans la colonne de dépropanisation alors que l'autre partie continue à s'écouler vers la section de réfrigération puis vers le stockage comme produit fini.

Le liquide de fond (butane) pénètre dans le rebouilleur où il se vaporise partiellement. La partie vaporisée retourne vers la colonne alors que l'autre partie c'est le butane commercial qui s'écoule vers la section de réfrigération puis vers le stockage comme produit fini en passant par le préchauffeur de la charge GPL. La chaleur nécessaire au rebouillage est fournie par d'huile à une température 173°C venant du four.

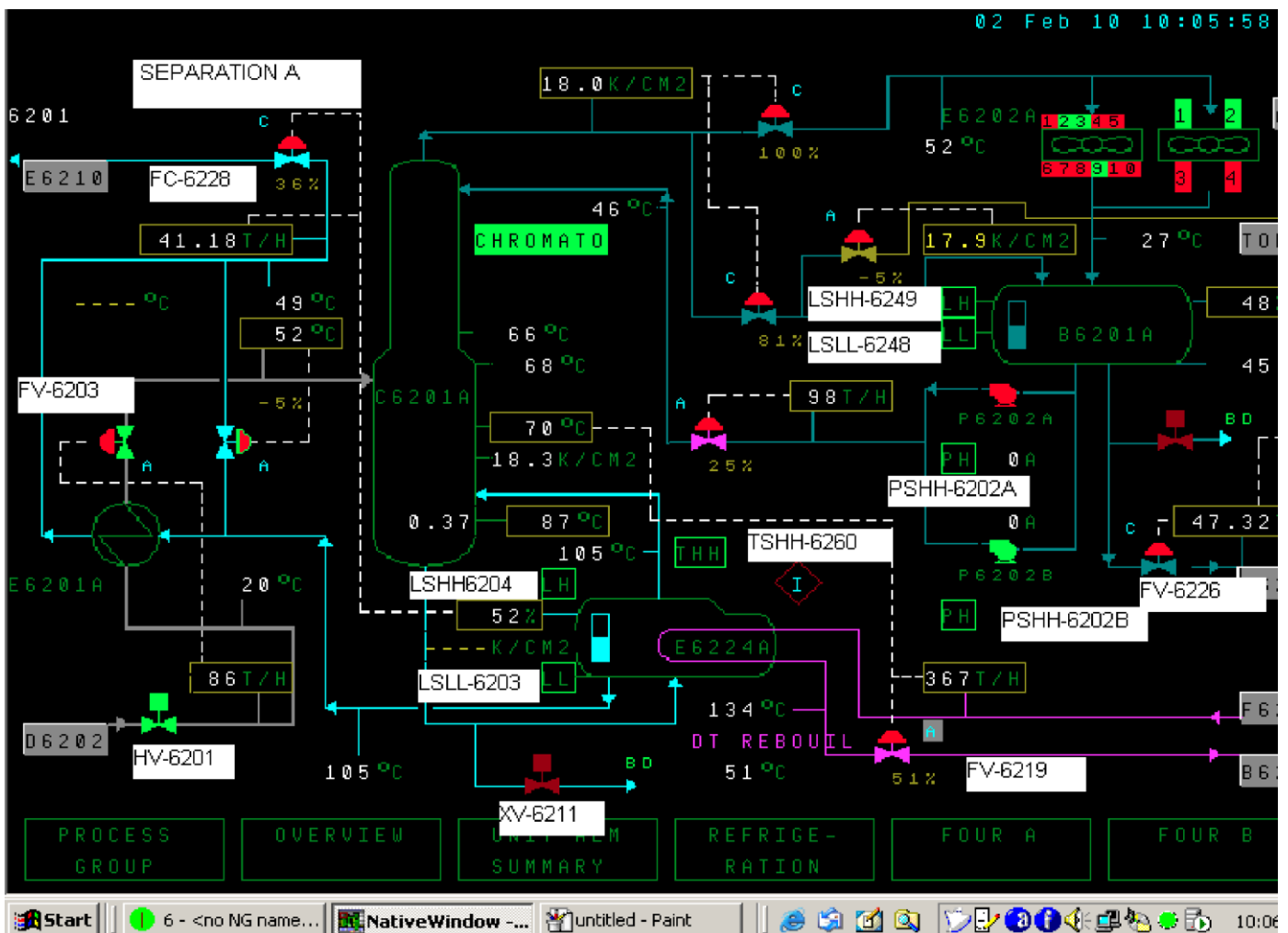


Figure .....

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

### ***II-3-3- Section de réfrigération***

La section réfrigération est utilisée pour refroidir les produits propane et butane commerciaux, aux températures de stockage à la pression atmosphérique.

Le système de réfrigération est un système par cascade qui utilise de propane comme agent réfrigérant.

Le refroidissement est effectué à l'aide d'une boucle fermée à trois niveaux de températures 11°C, -18°C et -37°C correspondantes à la haute pression (5kg/cm<sup>2</sup>), moyenne (1.5kg/cm<sup>2</sup>) et basse (0.05kg/cm<sup>2</sup>).

#### **1-Circuit du propane commercial C3c :**

Le propane commercial des unités de séparation est allié et dirigé vers le sous refroidisseur (405/6213), puis vers le refroidisseur de 1<sup>er</sup> stade (405/6205) à la sortie de ce dernier, le produit passe par la section de déshydratation conçue pour le séchage du propane commercial.

La teneur de ce dernier doit être inférieur à 5PPM à la sortie de la déshydratation afin d'éviter toute formation d'hydrates (bouchage) puis le produit passe par le 2<sup>ème</sup> stade de refroidissement (405/6206) puis par le 3<sup>ème</sup> stade

(405/6207), entre le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> stade, la pression fluide réfrigérant est réduite, puis elle est de nouveau réduite à la pression atmosphérique (0.05kg/cm<sup>2</sup>) à la fin de dernier stade.

Le produit résultant passe ensuite par le ballon flash (ballon de détente) (405/6206), sa fonction est d'atteindre la température de liquéfaction du propane -45°C qui n'est autre de la température de stockage du produit fini au niveau du bac de stockage du C3c.

#### **2-Circuit du propane pur (réfrigérant) :**

Le propane pur stocké dans le ballon de propane réfrigérant (410/6217) à une pression de 12kg/cm<sup>2</sup> et à une température ambiante alimente sous contrôle de niveau, les deux schillers haute pression côté calandre (405/6205) et (405/6210), les vannes de contrôle étant également utilisées pour abaisser rapidement la température des produits.

Le même système de contrôle de niveau est utilisé au niveau de la moyenne et la basse pression.

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

A chaque étage, les vapeurs sont reprises par le compresseur passant par des ballons séparateurs qui permettent d'éliminer toutes gouttelettes le liquide entraîné dans un compresseur centrifuge étagé entraîné par une turbine à gaz et refoulées vers les aéros réfrigérants (405/6209) pour être condensées et retournées au ballon (410/6217) pour un nouveau cycle.

Les ballons séparateurs sont associés aux refroidisseurs par paire :

- Ballon (410/6207) pour les (405/6205) et (405/6210) = HP.
- Ballon (410/6205) pour les (405/6206) et (405/6212) =MP.
- Ballon (410/6219) pour le (405/6207) =BP.

### 3-Circuit du butane commercial C4c :

Lorsque le butane commercial est reçu au fond des colonnes, il est acheminé sous contrôle de niveau vers les sous refroidisseurs (405/6214), ensuite il est refroidi dans la 1<sup>ère</sup> et le 2<sup>ème</sup> stade de refroidissement (405/6210) et (405/6212), sortant à sa température de stockage (-15°C. Est partir de là, le produit est envoyé par gravité vers le bac de stockage C4c à la pression atmosphérique. Ce produit constitue le butane réfrigéré.

Le butane ambiant est obtenu en envoyant une partie du produit sortant du refroidisseur 405/6214 vers les sphères de butane ambiant.

### 4-Paramètre des produits finis :

**Taleau** .....

	Pression (kg/cm <sup>2</sup> )	Température (°C)
C3commercial réfrigéré	1.1	-45
C4commercial réfrigéré	1.1	-15
C4 commercial ambiant	8 à 9	0 à 38

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

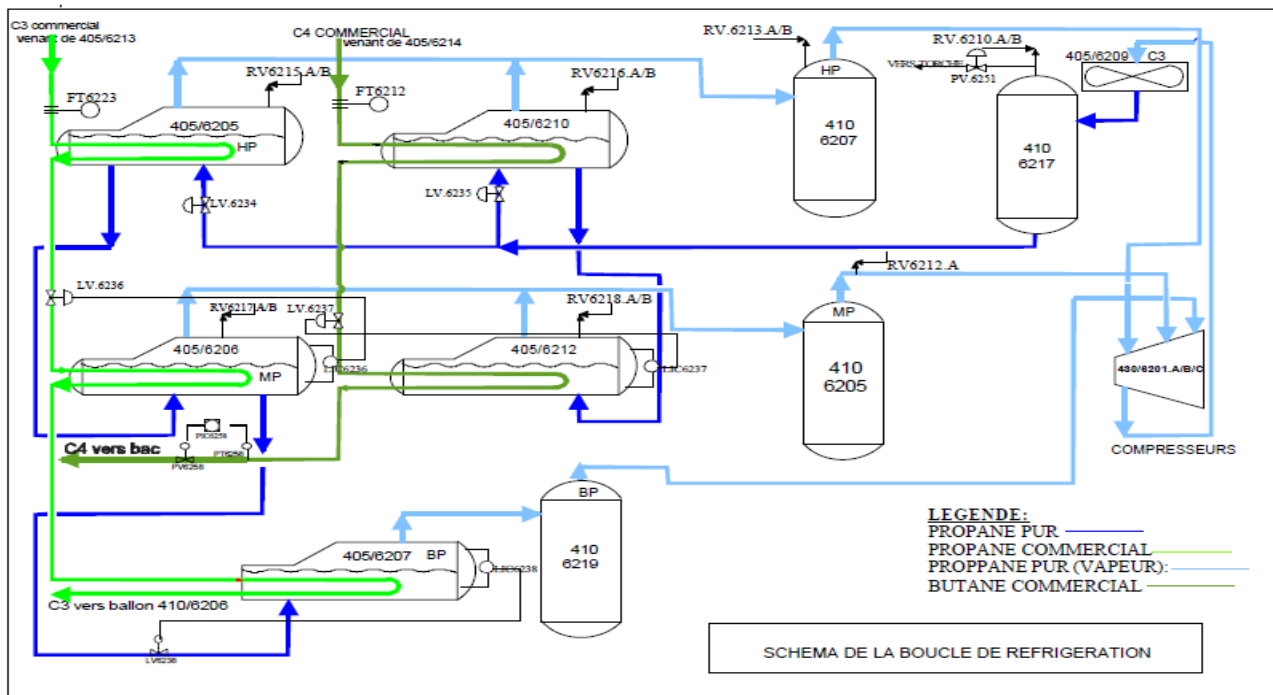


Figure .....

### II-4-1- Stockage à température ambiante :

Afin de stocker et de manutentionner le G.P.L à température ambiante, il a été prévu dans cette section 04 sphères et 03 pompes.

Deux sphères sont prévues également pour le stockage du butane à température ambiante venant de la section de séparation.



## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

Figure .....

### II-4-2- Stockage à basse température:

Cette section a pour but d'assurer le stockage et la manutention des produits commerciaux, à savoir le propane et le butane tout en fournissant également les installations de chargement des navires.

Le stockage des produits finis comprend deux bacs de stockage.

-Un bac de 70.0000 m<sup>3</sup> pour le stockage du butane à T= -13°C et pression P= 1.07 kg/cm<sup>2</sup>.

-Un bac de 70.0000 m<sup>3</sup> pour le stockage du propane à T= -45°C et pression P= 1.07 kg/cm<sup>2</sup>.

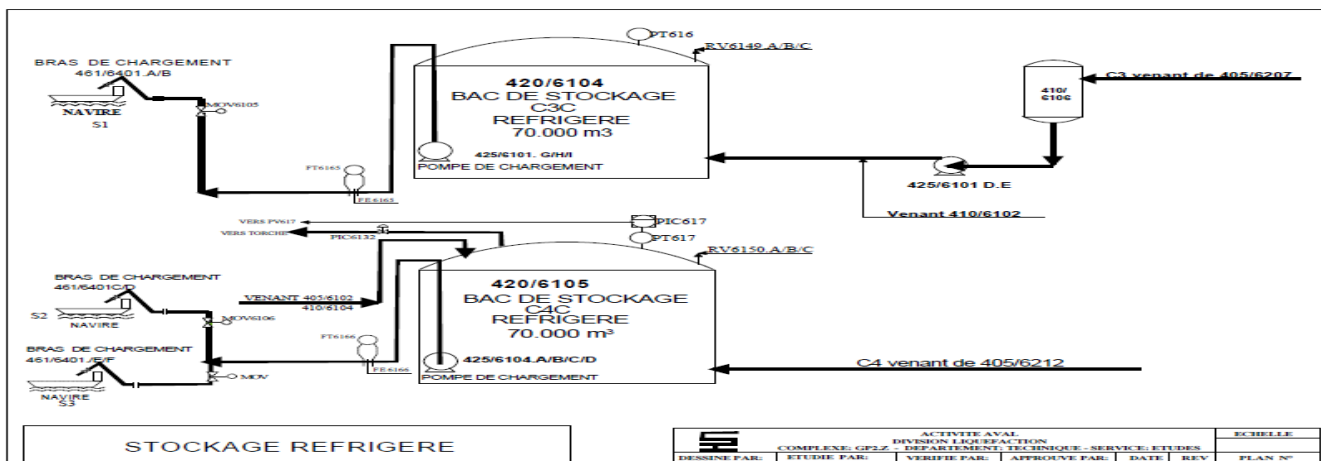


Figure .....

### II-4-3- Récupération des vapeurs boil of gas évaporées BOG :

Cette section comprend une unité reliquifaction du butane, le système de récupération a pour but de condenser les gaz évaporés et les renvoyer aux bacs de stockage.

Lorsqu'une augmentation de pression dans les bacs de stockage est enregistrée les compresseurs sont mis en service. Les vapeurs récupérées sont refroidies, liquéfiées et retournées par sous pression vers les bacs correspondant.

## Chapitre II : Description du procédé de GP2/Z

### **II-4-4- Chargement de camions (section hors service):**

Les installations de chargement sur camions sont conçues pour permettre le chargement du butane ambiant.

### **II-4-5- Chargement des navires :**

Condition d 'exploitation pendant le chargement des navires :

- Pression de service.
- Réservoirs de produits à basse température.
- Pression maximale de service 800 mm de colonne d'eau.
- Pression minimale de service 300 mm de colonne d'eau.
- Cuve de navire quand la soufflante de retour des gaz est en service : Pression maximale de service 1200 mm de colonne d'eau.
- Pression minimale de service 800 mm de colonne d 'eau.