



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد باديس - مستغانم  
Abdelhamid Ibn Badis University - Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم هندسة الطرائق  
Department of Process Engineering



Department of Process Engineering  
The Date  
Ref :...../U.M/F.S.T/2023

قسم هندسة الطرائق  
التاريخ :  
رقم / ج . م / ك . ع . ت // 2023

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DEMASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option : Génie chimique

### Thème

**Etude de l'installation d'une nouvelle ligne pour la  
récupération des gas torchés au niveau du complexe GP1/Z**

Présenté par

- 1- M<sup>lle</sup> CHIBANE Imen
- 2- M<sup>lle</sup> NEKROUF Souhila

Soutenu le 22/06/2023 devant le jury composé de :

Président :	M <sup>me</sup> . MENAD Karima	MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	Mr. MEKHATERIA Djilali	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Mr. FEDDAG Ahmed	Pr	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

## **Remerciements**

*En préambule à ce mémoire nous remercions **ALLAH** qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage pour la réalisation de ce manuscrit.*

*Nous remercions nos parents, pour leur contribution, leurs soutien, sacrifices, amour, tendresse et leurs prières tous au long de nos études.*

*Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur **FEDDAG AHMED** qui, au tant qu'encadrant de mémoire, il a toujours montré l'écoute et la disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer pour ce mémoire.*

*Nous remercions vivement Monsieur **SATAL MOURAD** qui nous a aidé tout au long de notre stage pratique au complexe GPI/Z, nous a prodigué de précieux conseils et a fait naître en nous l'esprit de la recherche. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour la bienveillance qu'il a accordé à l'élaboration de ce projet.*

*Nous remercions également l'ensemble du personnel du complexe GPI/Z et particulièrement celui du département production qui nous ont renseigné, aidé et encouragé.*

*Nos profonds remerciements et notre gratitude vont aussi aux membres du jury, pour leur accord de juger notre travail.*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.*

## *Liste des tableaux*

Tableau I.I: la masse volumique et la densité du propane .....	4
Tableau III.I: caractéristiques du ballon V-703 .....	28
Tableau III.II: caractéristiques de la pompe P-703 .....	28
Tableau IV.I: diamètres , longueurs et les pertes de charge de chaque ligne.....	39

# Liste des figures

Figure I-1: domaine d'explosivité du GPL.....	3
Figure I-2:schéma représentative du complexe GP1/Z.....	6
Figure I-3: organigramme du complexe GP1/Z.....	8
Figure I-4:procédé de fabrication du complexe GP1/Z.....	10
Figure I-5:représentation de la section stockage de la charge GPL .....	12
Figure I-6: schéma représentatif de la section déshydratation .....	13
Figure I-7:schéma représentatif du fractionnateur .....	14
Figure I-8 : schéma représentatif de la section réfrigération.....	15
Figure I-9:schéma représentatif de la section .....	16
Figure I-10:section B.O.G.....	17

## *Abréviations*

ASTM	American society for testing and materials
BD	Blow Down
BDV	Blow Down Valve
BOG	Boil Of Gas
BP	Basse pression
COV	Composés Organiques Volatils
GNL	Gas Naturel Liquéfié
GOR	Gas Oil Ration
GPL	Gas Pétrole liquéfié
HAP	Hydrocarbures Aromatiques polycycliques
HP	Haute pression
MP	Moyenne Pression
OFF Spect	Ligne hors spécification
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
PCV	Pouvoir Calorifique
PCS	Pouvoir Calorifique
PH	Phase
Ppm	Partie par million

## **Résumé**

Le torchage de gaz affecte négativement l'environnement ce qui a obligé les compagnies pétrolières à prendre des mesures pour protéger l'environnement et par conséquent être certifié conformément aux normes internationales. Ainsi la SONATRACH s'engage fortement dans tous les projets visant l'amélioration de la production d'énergie et la protection de l'environnement. Le complexe GP1/Z a mis en place une nouvelle installation de récupération de gaz associée.

Notre recherche consiste à étudier la possibilité de la récupération du gaz torché par rapport à l'ancienne et la nouvelle installation.

## **Abstract**

Flaring affects the environment, forcing oil companies to take measures to protect the environment and therefore adopt them in accordance with international standards.

SONATRACH is committed to all projects aimed at improving energy production and protecting the environment. The GP1/Z complex has established a new gas recovery facility associated with it. Our research consists of studying the possibility of recovery of gas ignition compared to the old and the new installation.

# *Table des matières*

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
------------------------------------	----------

## **Chapitre I**

I.1	Introduction .....	2
I.2	GPL Définition et signification .....	2
I.2.1	Caractéristiques générales de GPL .....	2
I.2.2	Composition du GPL .....	2
I.2.3	Atouts environnementaux du GPL.....	5
I.2.4	Différence entre GPL et le GNL .....	5
I.2.5	Sources du GPL.....	5
I.2.6	Différentes sources d'obtention du GPL.....	5
I.2.7	Risque d'explosion.....	5
I.2.8	Stockage de GPL.....	6
I.3	Présentation du complexe GP1/Z.....	7
I.3.1	Principales installations du complexe GP1/Z.....	8
I.3.2	Description du système de production.....	9
I.3.3	Installations de productions GPL.....	10
I.3.4	Description du système de production.....	11
I.3.4.1	Section démercurisation.....	11
I.3.4.2	Section de stockage d'alimentation .....	11
I.4	Traitement du GPL brut .....	12
I.4.1	Section déshydratation .....	12
I.4.2	Section séparation .....	13
I.4.3	Section réfrigération.....	14

I.4.4	Section utilités .....	15
I.4.5	Section d'huile chaude .....	15
I.5	Stockage de produit finis.....	16
I.5.1	Stockage à température ambiante .....	16
I.5.2	Stockage à basse température .....	16
I.5.3	Section BOG (Boil of Gas) .....	16
I.5.4	Section chargement par camion .....	17
I.6	Service planning et programme .....	17

## **Chapitre II**

II.1	Introduction .....	18
II.2	Définition du torchage .....	18
II.3	Fonctionnement des torches.....	18
II.3.1	Les différents types de torche .....	19
II.3.1.1	Système de torche à haute pression .....	19
II.3.1.2	Système de torche à basse pression .....	19
II.4	Le torchage dans l'industrie du pétrole et du gaz.....	19
II.4.1	Composition chimique du gaz torché .....	20
II.4.2	Les produits du torchage.....	20
II.4.3	Impact économique des gaz torchés .....	21
II.4.4	Impact environnemental.....	22

## **Chapitre III**

III.1	Problématique .....	24
III.2	Solution proposée.....	24
III.3	Sphères de charge.....	24



III.4	Description sur le fonctionnement de système de torche .....	25
III.5	Les équipements du projet .....	25
III.5.1	Ballon Vide vite .....	25
III.5.2	Ballon torchère.....	25
III.6	Description de système Blow down.....	26
III.7	Conception d'un nouveau système de récupération du GPL.....	26
III.8	Description du procédé .....	27
III.8.1	Caractéristiques du ballon V-703.....	28
III.8.2	Caractéristique de la pompe P-703 .....	28

## **Chapitre IV**

IV1	Estimation de la quantité du GPL torchée .....	29
IV2	Théories de calculs.....	30
IV3	.Partie calcul.....	32
IV4	Étude technico-économique .....	41
	Conclusion.....	43
	Références bibliographiques .....	44

# **Introduction générale**

## ***Introduction générale***

Les hydrocarbures restent la source d'énergie la plus utilisée au monde, ils continueront à jouer ce rôle stratégique aussi longtemps que l'homme n'aura pas trouvé d'autres sources d'énergie qui pourront remplir leur rôle avec plus de rentabilité et d'efficacité.

Le gaz du pétrole liquéfié (GPL) dont l'Algérie est l'un des leaders producteurs et exportateurs dans le bassin méditerranéen. De nos jours, La consommation du GPL augmente de manière significative. Ce dernier représente une source importante d'énergie considérant son bas taux de pollution comparée à celui des autres combustibles classiques.

Sonatrach a rejoint l'initiative de mettre fin au torchage de gaz par le Secrétaire Général des Nations Unies et le président du Groupe de la Banque Mondiale. Ainsi, l'une des préoccupations prioritaires du complexe GP1/Z est la réduction des gaz torchés. Le complexe GP1/Z rencontre des pertes importantes du produit GPL vers la zone torchage causées par des arrêts programmes. Alors il devient inévitable de trouver des solutions pour toutes les sources de torchage quel que soit l'état du produit (vapeur ou liquide).

L'objectif de notre travail consiste à diminuer le taux des gaz torchés et à revoir un circuit de récupération pour ce carburant non seulement pour minimiser les pertes et pour permettre le bon fonctionnement de la zone de production avec un optimum de gaz torché mais aussi pour faire un gain économique important pour le complexe GP1/Z.

Dans le but d'atteindre nos objectifs, la modification dans le système Blow down pour la récupération de la quantité de GPL liquide avant l'évaporation de ce dernier consiste d'ajouter une ligne pour récupérer le maximum des quantités liquides (C3, C4, GPL) drainées et accumulées dans le ballon vide vite (V-703) puis renvoyer vers les sphères de charge par la ligne « hors spécification » en utilisant la pompe P-703.

# Chapitre I

## Description générale du complexe

## I.1 Introduction

Notre stage pratique s'est déroulé au niveau complexe GP1/Z au département de production. Le gaz de pétrole liquéfié connu sous le nom de GPL est obtenu à partir de pétrole brut après une distillation atmosphérique dans des champs de production du gaz naturel par utilisation des procédés de fractionnement, son origine est un mélange d'hydrocarbures à teneurs variables en légers. Le complexe GP1/Z dit JUMBO, traite le mélange brut GPL afin de produire du propane et du butane commercial. Le complexe est préoccupé par la crise énergétique et vise à lutter contre toute forme de gaspillage d'énergie.

Dans ce chapitre on va présenter le complexe GP1/Z et détailler ses différentes sections.

## I.2 GPL Définition et signification [1]

Le gaz de pétrole liquéfié, ou GPL, se compose d'un mélange d'hydrocarbures légers stocké à l'état liquide. Le GPL est issu du raffinage du pétrole (40 % des ressources mondiales) et plus généralement du traitement du gaz naturel (60 % des ressources mondial. Le GPL présente de nombreux atouts économiques et environnementaux qui en font un combustible plébiscité. Le GPL comme combustible pour les voitures représente une partie seulement de ses usages. On le retrouve aussi associé à d'autres carburants propres pour produire de la chaleur et de l'électricité au sein d'usines de cogénération

### I.2.1 Caractéristiques générales de GPL

Le GPL était autrefois considéré comme un résidu de l'extraction du pétrole et directement brûlé au sommet de torchères. Il est dorénavant récupéré par distillation, les fractions les plus nobles et le reste servent généralement de carburant. Le GPL est incolore dans les deux phases soit liquide ou vapeur.

### I.2.2 Composition du GPL

La composition du GPL se base sur deux hydrocarbures légers :

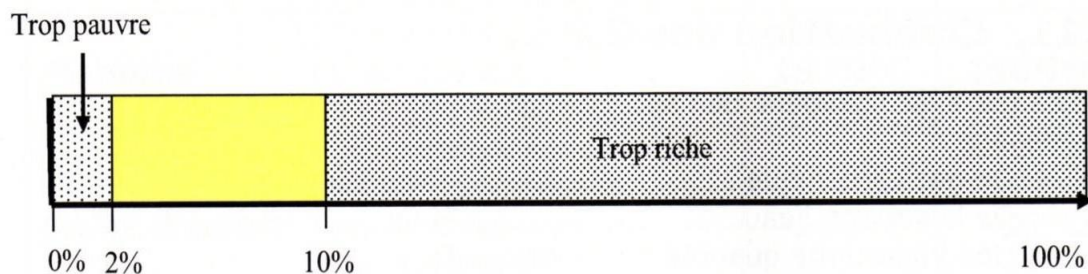
- Environ 80 % de butane ( $C_4H_{10}$ ) ;
- Environ 20 % de propane ( $C_3H_8$ ).
- Le mélange GPL peut contenir au maximum 0,5 % d'autres hydrocarbures, comme le butadiène.

- Le GPL est un carburant dit propre, issu du raffinage du pétrole brut
- **Couleur [2]**
  - Le GPL est incolore que ce soit en phase liquide ou en phase vapeur.
- **Odeur**

Le GPL est pur et inodore à l'état naturel, pour des raisons de sécurité (détection des fuites) on lui donne une odeur particulière au moyen de substances appropriées (mercaptans) tels que le di-éthyle mercaptan ou le diméthyle-sulfite.

➤ **Inflammabilité et explosivité**

Les GPL raffinés sont extrêmement inflammables, étant donné leurs grandes volatilités, ils peuvent donner, au contact de l'air, des mélanges explosifs.



*L.I.E.* Limite Inférieure d'Explosivité ; *L.S.E.* Limite Supérieure d'Explosivité.

**Figure I-1:** domaine d'explosivité du GPL

- La température d'auto-inflammation dans l'air pour le propane est de 490 °C.
- La température d'auto-inflammation dans l'air pour le butane est de 287 °C.

➤ **Toxicité**

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

➤ **Tension de vapeur**

La tension de vapeur maximale à 37.8 °C (100°F), déterminée suivant la méthode ASTM D 1267, est de 14.5 kgf/cm<sup>2</sup> pour le propane et de 5 kgf/cm<sup>2</sup> pour le butane.

### ➤ Température d'ébullition

À la pression atmosphérique la température d'ébullition du propane est de  $-42^{\circ}\text{C}$  et celle du butane est de  $-5^{\circ}\text{C}$ , et elle est égale à  $-25^{\circ}\text{C}$  pour le GPL carburant.

### ➤ Pouvoir calorifique

- Le pouvoir calorifique du propane :
- Le pouvoir calorifique supérieur PCS=11176 Kcal/Kg.
- Le pouvoir calorifique inférieur PCI=11091Kcal/Kg.
- Le pouvoir calorifique du butane :
- Le pouvoir calorifique supérieur PCS=11031.5 Kcal/Kg.
- Le pouvoir calorifique inférieur PCI=10945Kcal/Kg.

### ➤ Densité et masse volumique du propane et butane

**Tableau I.I:** la masse volumique et la densité du propane

	Masse volumique [kg/m <sup>3</sup> ]	Densité par rapport à l'air
Propane liquide à 15C°	<b>510</b>	-
Propane vapeur à 15C°	<b>2.0</b>	<b>1.55</b>
Butane liquide 15°	<b>580</b>	-
Butane vapeur 15 C°	<b>2.6</b>	<b>2.02</b>

D'après le tableau I.1 et sachant que la masse volumique de l'air à 15 C° est de 1.29kg/m<sup>3</sup> le propane est 1.55 fois plus lourd que l'air et le butane d'environ 2.02 fois plus ; par conséquent en cas de fuite, les gaz se propagent à ras du sol.

### ➤ Dilatation

- 1 litre de butane liquide libère 287 litres de gaz (15 °C à 1bar)
- 1 litre de propane liquide libère 329 litres de gaz (15 °C à 1 bar)

Ces caractéristiques physiques confèrent à cette énergie un avantage certain du point de vue du stockage (les sphères ne doivent jamais être complètement remplies) et du transport.

### ➤ Propriété lubrifiante

Le GPL n'a aucune propriété de lubrification, ce qui doit être pris en considération lors de la conception des équipements pour GPL (pompe et compresseur).

### I.2.3 Atouts environnementaux du GPL [1]

L'utilisation du GPL présente des avantages par rapport à l'essence et au gasoil en permettant de :

- Abaisser de 50 % les émissions d'oxyde d'azote ;
- Diminuer de 50 % celles des monoxydes de carbone ;
- Baisser de 90 % les émanations d'hydrocarbures et de particules ;
- Réduire le coût d'environ 60 %, même si un véhicule GPL consomme plus qu'un moteur diesel ou essence.

### I.2.4 Différence entre GPL et le GNL

GPL et gaz naturel sont parfois confondus alors qu'ils présentent de vraies différences physiques :

- Le gaz naturel est plus léger que l'air, le GPL est plus lourd ;
- Le gaz naturel est stocké à l'état gazeux, tandis que le GPL est conservé dans un réservoir à l'état liquide.
- La température d'auto-inflammation du GPL est de 420 °C (225 °C pour l'essence) et 540 °C pour le gaz naturel.

### I.2.5 Sources du GPL [2]

- 34% des GPL proviennent des champs pétroliers.
- 60% des GPL proviennent de gaz naturel.
- 3% des GPL proviennent des raffineries du pétrole brut.
- 3% des GPL proviennent des unités de traitement du gaz naturel (G.N.L)

### I.2.6 Différentes sources d'obtention du GPL

Le complexe est responsable de la production de propane et de butane commerciaux à partir de charges d'alimentation de gaz de pétrole liquéfié principalement à partir de : Hassi Messaoud, Hassi Rmel , Adrar, In amenas, Rhour de Nouss, Gassi Touil. A partir d'un traitement du GPL brut Algérien en provenance des champs gaziers et pétroliers du sud, la production du complexe est de 9.000.000 tonne/an de GPL : propane, butanes commerciaux et pentane.

### I.2.7 Risque d'explosion [1]

Le GPL étant plus dense que l'air, contrairement au gaz naturel, il risque, en cas de fuite, de s'accumuler au niveau du sol et dans les parties basses telles les caves. Cela entraîne un danger d'explosion lorsque l'accumulation permet un mélange GPL/air adéquat et qu'il y a une source d'inflammation. Cela entraîne également un danger d'asphyxie en



remplaçant l'air et diminuant donc la concentration en oxygène. La réglementation impose donc que tout local dans lequel se trouve un appareil à gaz (naturel ou GPL) soit bien ventilé. Pour faciliter la détection des fuites, un gaz odorant est ajouté aux gaz (naturel ou GPL) : cette odeur caractéristique "d'œuf pourri" permet de détecter à l'odeur une concentration de gaz dans l'air.

**I.2.8 Stockage de GPL**

Le butane et le propane sont stockés sous leur propre pression de vapeur, c'est-à-dire que les conditions de stockage sont telles qu'il y a coexistence des états liquide et gazeux du gaz concerné. Ainsi la pression de stockage dépend uniquement : • de la nature du produit stocké (ses propriétés physiques en particulier) et de la température de son stockage.

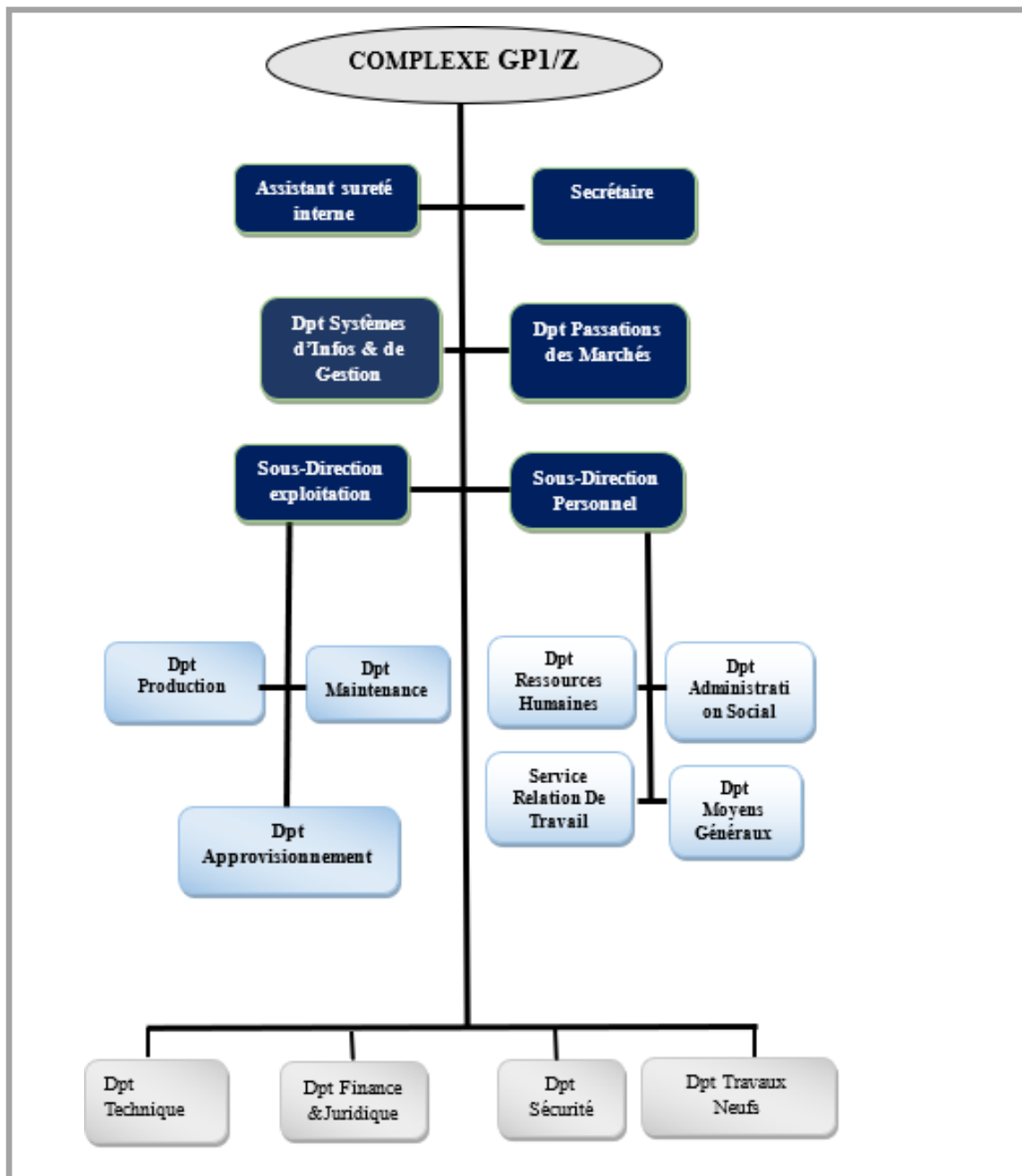
- La température d'ébullition du propane est de  $-42^{\circ}\text{C}$  et celle du butane est de  $-5^{\circ}\text{C}$ , tandis que celle du GPL carburant, elle est égale à  $0^{\circ}\text{C}$ .



Figure I-2:schéma représentative du complexe GP1/Z [2]

### I.3 Présentation du complexe GP1/Z [2]

Le complexe GP1/Z, connu sous le nom de JUMBO, a pour objectif de traiter des mélanges de GPL bruts pour produire du propane et du butane commerciaux. : il s'étend sur une superficie de 120 hectares est situé dans la zone industrielle ARZEW, à l'est de la centrale thermique (MERS EL HADJAJ) à 40 Km à l'Est d'Oran, à l'ouest du complexe GL/Z, entre la mer Méditerranée et la route nationale 1.1. L'organisation du complexe GP1/Z a été étudiée pour permettre une coordination complète entre les différentes structures de l'usine pour une utilisation optimale des ressources disponibles. La surveillance est assurée par quatre équipes, dont une au repos, et par des agents de maintenance en astreinte.



**Figure I-3:** organigramme du complexe GP1/Z

### I.3.1 Principales installations du complexe GP1/Z

Le complexe GP1/Z est doté des principales installations suivantes :

- 22 Sphères de stockage de la charge d'alimentation de 1000 m<sup>3</sup> chacune.
- 09 Trains de traitement du GPL.
- 04 Unités de liquéfaction du gaz évaporé BOG.
- 04 Bacs de stockage de propane basse température de 70000 m<sup>3</sup> chacun

- 04 Bacs de stockage de butane basse température de 70000 m<sup>3</sup> chacun.
- 04 Sphères de stockage de produits à température ambiante (propane et Butane) de 500 m<sup>3</sup> chacune.
- 01 Sphère de stockage gazoline.
- 04 Salles de contrôle + 02 salles de supervision
- 01 Sous-station électrique alimentée par la SONELGAZ.
- 04 Générateurs assurant l'énergie de secours du complexe en cas de coupure de courant.
- 02 Quais de chargement pouvant recevoir des navires d'une capacité variante entre 4000 et 50000 tonnes.
- Une rampe de chargement de camions.
- Une station de pompage d'eau de mer pour le réseau d'incendie
- Un système de télésurveillance.

### **I.3.2 Description du système de production [2]**

L'industrie Algérienne du GPL a subi de profonds changements, ces dernières années notamment en matière de production, d'exploitation et dans les activités de transport maritime. Le programme de développement des ressources gazières a été lancé au début des années 90 qui 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 a connu un développement rapide. Le niveau de l'offre nationale 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 ont été mis en service

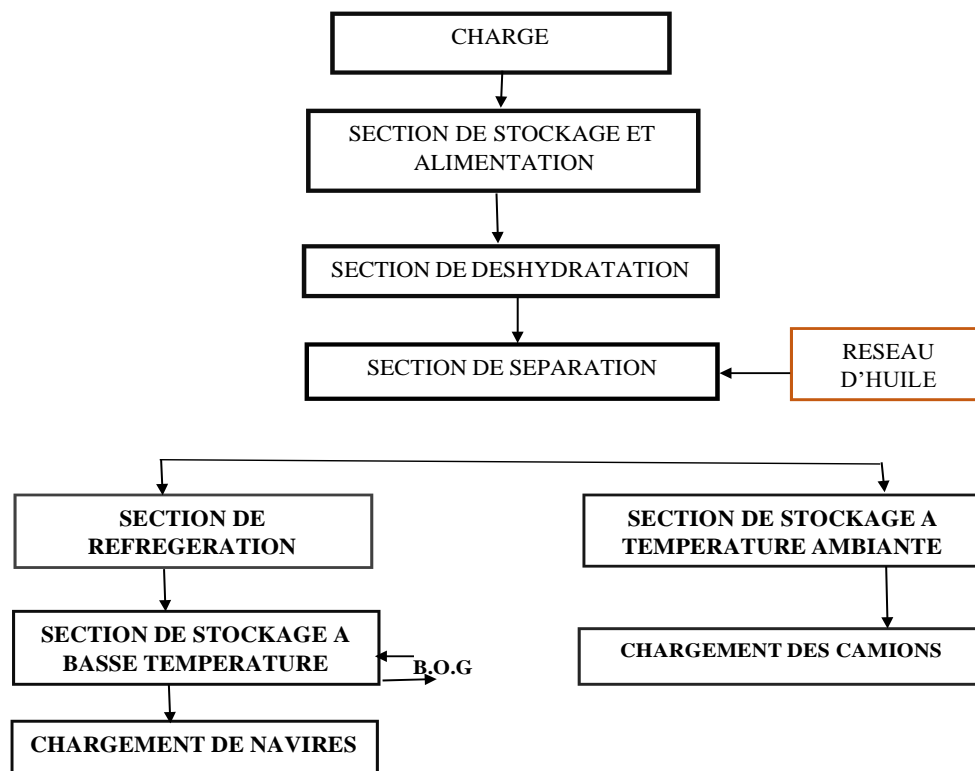


Figure I-4: procédé de fabrication du complexe GP1/Z

### I.3.3 Installations de productions GPL

Ces installations comprennent neuf (9) trains de production dont trois nouvellement installés (phase III), et chaque train compose :

- ✚ Section déshydratation.
- ✚ Section séparation.
- ✚ Section réfrigération.
- ✚ Section huile chaude
- **Zone d'utilité :**

Elle alimente les diverses zones de production en : Fuel (gaz naturel) : Air : (Air instrument Air service), Vapeur, Eau (l'eau distillé et l'eau potable), Méthanol, Gasoil, Azote, Un générateur électrique de secours, Un système de sécurité vide-vite (Blow-down), Les torches

### I.3.4 Description du système de production [2]

#### I.3.4.1 Section démercurisation

La section démercurisation se compose de deux filtres GPL, deux coalesceurs et six démercuriseurs. Les filtres GPL, les coalesceurs et les démercuriseurs sont installés afin d'enlever les particules solides, l'eau libre et le mercure contenus dans la charge d'alimentation GPL avant les sphères de stockage de la charge d'alimentation.

a) **Les filtres :**

- Particules solides contenues dans la charge GPL : 0.1ppm.
- Granulométrie de solide après le filtre : inférieur à 5  $\mu m$ .

b) **Coalesceur :**

- L'eau libre dans la charge GPL : au maximum 100 ppm.
- L'eau libre contenue dans la charge GPL après coalesceur : au maximum 25 ppm.

c) **Démercuriseur :**

- Mercure contenue à l'entrée : 120 000 mg/Nm<sup>3</sup>
- Mercure contenue à la sortie : 5 mg/Nm<sup>3</sup>

#### I.3.4.2 Section de stockage d'alimentation

Le GPL provenant de RTO représente l'alimentation principale des neuf trains du procédé qui fonctionnent en parallèle. Le GPL est stocké au niveau des 22 sphères, où il est acheminé directement vers les 09 trains au moyen des pompes, avec une pression de 30 Kgf/cm<sup>2</sup> et une température ambiante

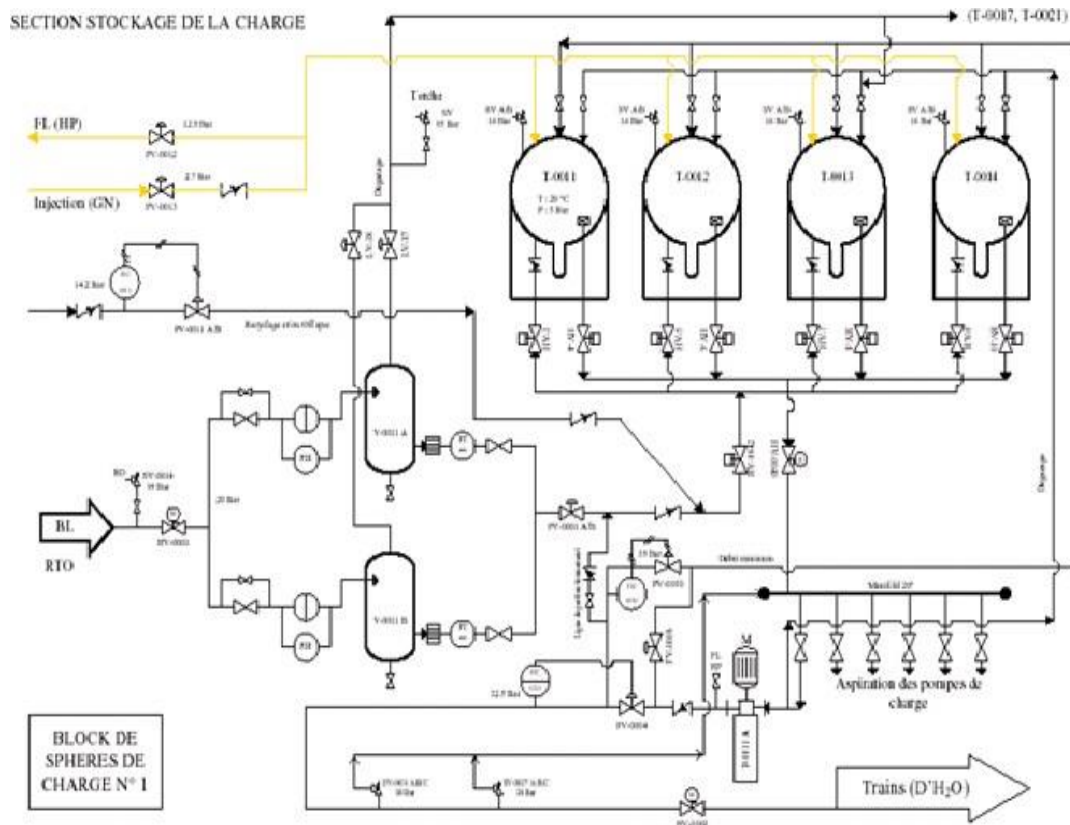


Figure I-5:représentation de la section stockage de la charge GPL [2]

## I.4 Traitement du GPL brut

### I.4.1 Section déshydratation

Le but de cette section est de réduire la teneur en eau de 100 ppm à 5 ppm dans les 03 déshydrateurs de charge en (PH I , PH III ) et 02 dé hydrateurs de charge en PH II et de 5 ppm à environ 1 ppm dans le déshydrateur de garde (dans la section réfrigération), pour but d'éviter la formation du givre aux niveaux des vannes a basses températures [3].

SECTION DESHYDRATATION DE CHARGE

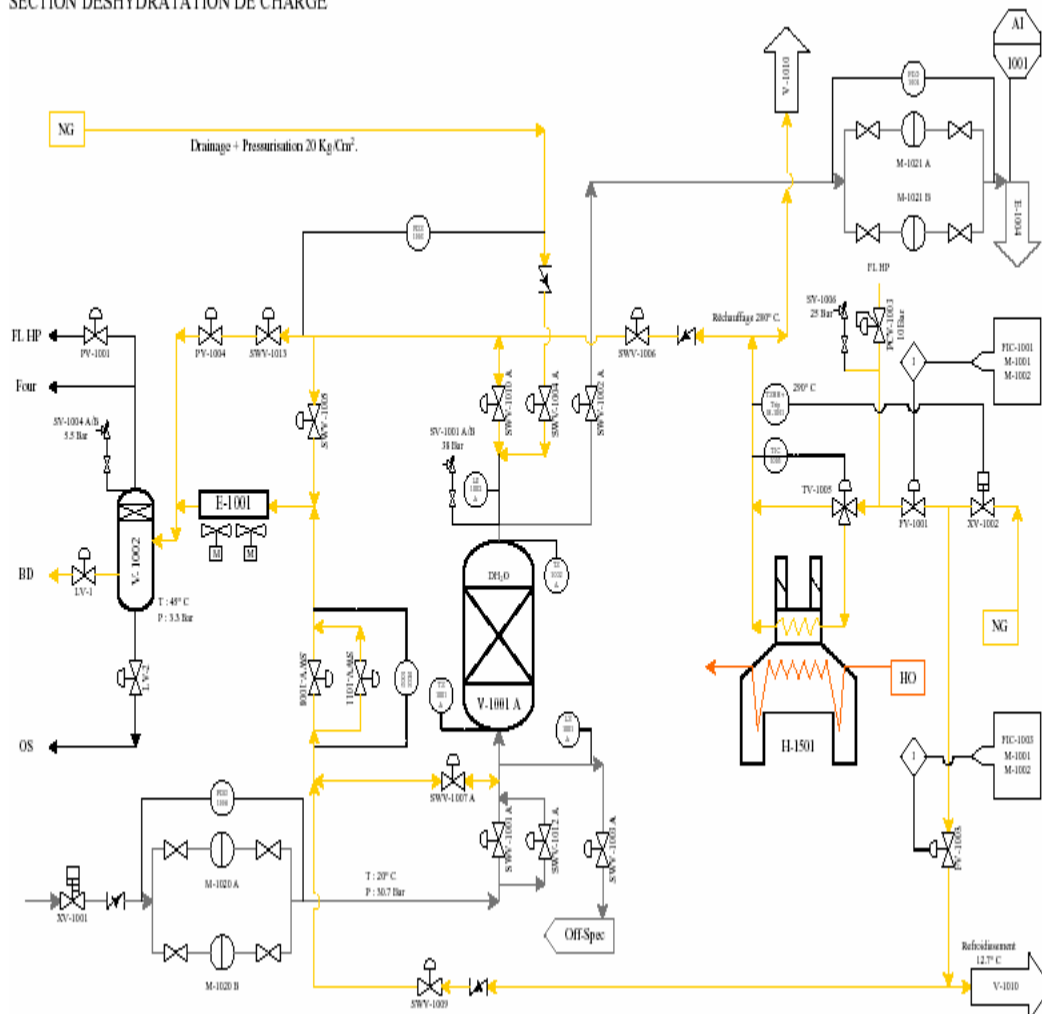


Figure I-6: schéma représentatif de la section déshydratation [2]

I.4.2 Section séparation [2]

A la sortie de la section déshydratation le GPL doit être porté à une température de 71°C par l'intermédiaire de trois stades de préchauffeurs avant de pénétrer dans le fractionnateur, le liquide d'alimentation est séparé en un produit de tête (propane et éthane) et un produit de fond (butane et pentane).

Le produit de tête du fractionnateur est envoyé à l'aide d'une pompe vers le dééthaniseur afin de réduire sa teneur en éthane. Le gaz riche en éthane sortant de la partie supérieure du dééthaniseur est utilisé comme combustible du four. Le propane sortant de la partie inférieure du dééthaniseur est canalisé vers la section réfrigération.

Le produit de fond du fractionnateur est envoyé vers le débutaniseur commun à l'ensemble des trains, afin de réduire sa teneur en pentane.



Le butane sortant de la tête de débutaniseur, est envoyé à la section de réfrigération. Le pentane recueilli du fond du débutaniseur sera refroidi par aéroréfrigérant et envoyé vers le stockage ambiant

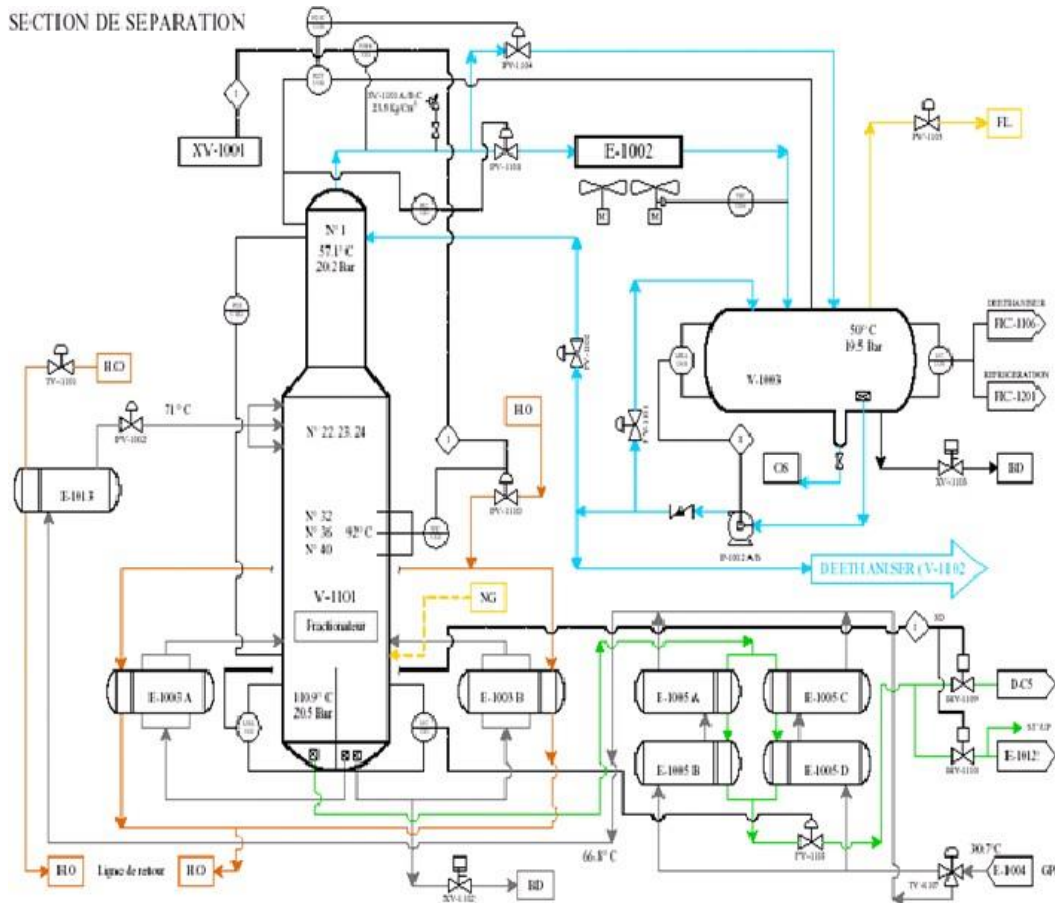


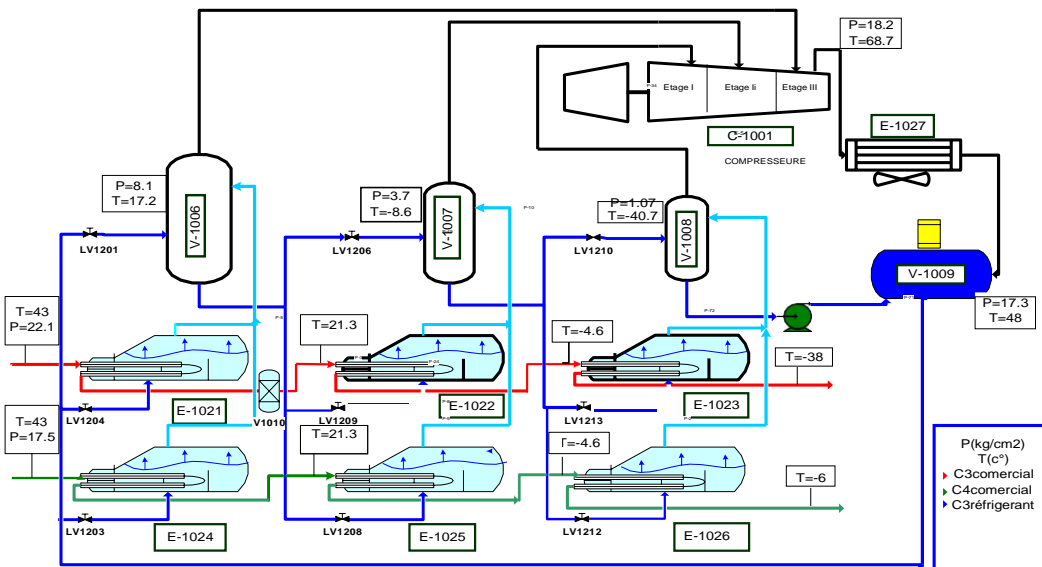
Figure I-7:schéma représentatif du fractionnateur

### I.4.3 Section réfrigération

Le propane et le butane provenant de la section de séparation sont refroidis à des températures correspondantes à leur point de saturation liquide soit (- 40 °C) pour le propane et (- 5 °C) pour le butane. Ils sont ensuite canalisés vers les bacs de stockage à basse température.

Le refroidissement se fait par l'intermédiaire de trois schillers pour le propane et trois schillers pour le butane suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération au propane pur (agent réfrigérant) fonctionnant sous trois stades de pression distinctes HP, MP et BP. Les vapeurs issues de l'évaporation du propane pur au niveau des trois stades de réfrigération sont collectées dans les trois stades de réfrigération sont collectées dans les

trois ballons d'aspiration où elles sont aspirées par un compresseur centrifuge à trois étages entraîné par une turbine à gaz (PH I) ou un moteur électrique (PH II et PH III) , pour être ensuite condensées dans les aérocondenseurs et accumulées dans le ballon accumulateur [4].



**Figure I-8** : schéma représentatif de la section réfrigération [2]

#### I.4.4 Section utilités

Cette section comprend la production et la distribution de toutes les utilités nécessaires au fonctionnement du complexe, à savoir : le gaz naturel, l'eau distillée, l'eau de refroidissement, l'eau industrielle, le gasoil, la vapeur d'eau, l'azote, l'air instrument, l'air service et méthanol ainsi que la section d'huile chaude [5].

#### I.4.5 Section d'huile chaude

Le circuit du fluide forme une boucle fermée, comprenant un ballon d'expansion, une pompe de circulation et un four. Le fluide caloporteur circule en provenant du four vers les différents consommateurs de calories [6].

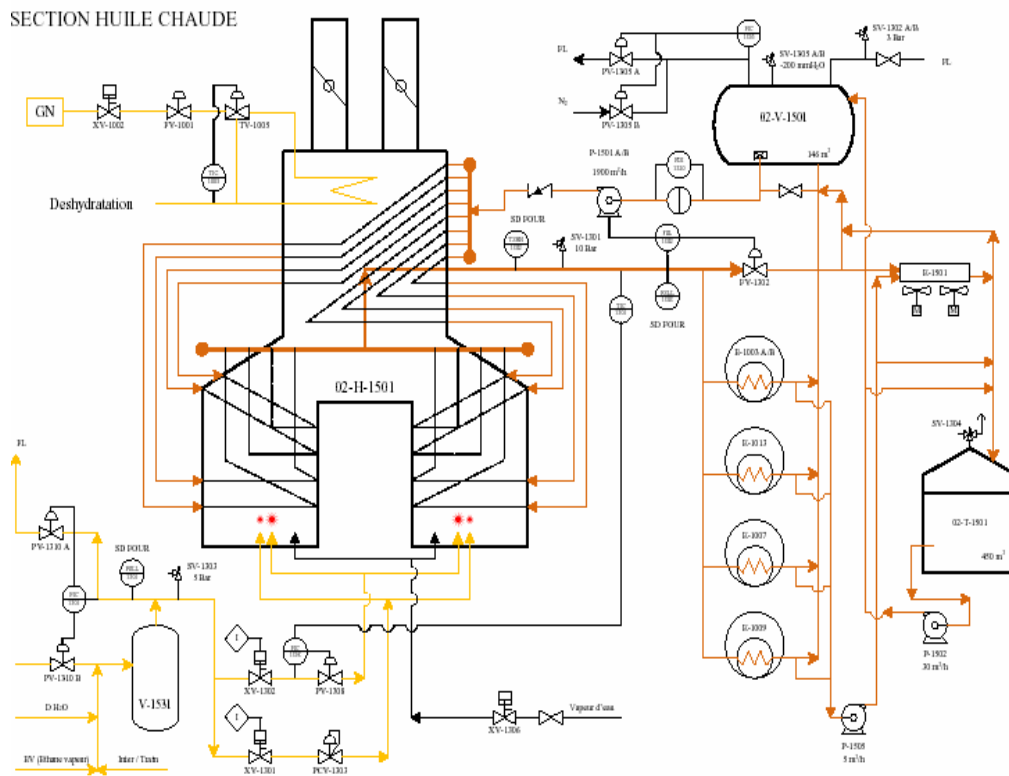


Figure I-9:schéma représentatif de la section [2]

## I.5 Stockage de produit finis [3]

Il existe deux types de stockage :

### I.5.1 Stockage à température ambiante

Prévu pour la commercialisation du propane et du butane à l'échelle nationale, le chargement camion se fait à partir de quatre sphères de capacité 500 m<sup>3</sup> chacune. Il existe aussi une sphère pour le pentane.

### I.5.2 Stockage à basse température

Les produits réfrigérés (propane, butane) sont véhiculés vers 08 bacs de stockage où ils seront stockés dans les conditions de basse température. La capacité de chacun des bacs est de 70000 m<sup>3</sup> et sont munis de pompes immergées pour la circulation des produits et chargement des navires.

### I.5.3 Section BOG (Boil of Gas)

Les gaz d'évaporation provenant des différentes capacités de l'usine (bacs de stockage et des jetées D1 et M6 pendant le chargement navires) sont récupérés, liquéfiés par pressurisation au moyen d'un compresseur, refroidis à travers une batterie d'échangeurs

et renvoyés vers les bacs de stockage. La section récupération se composant de deux ensembles indépendants un pour le propane et le butane

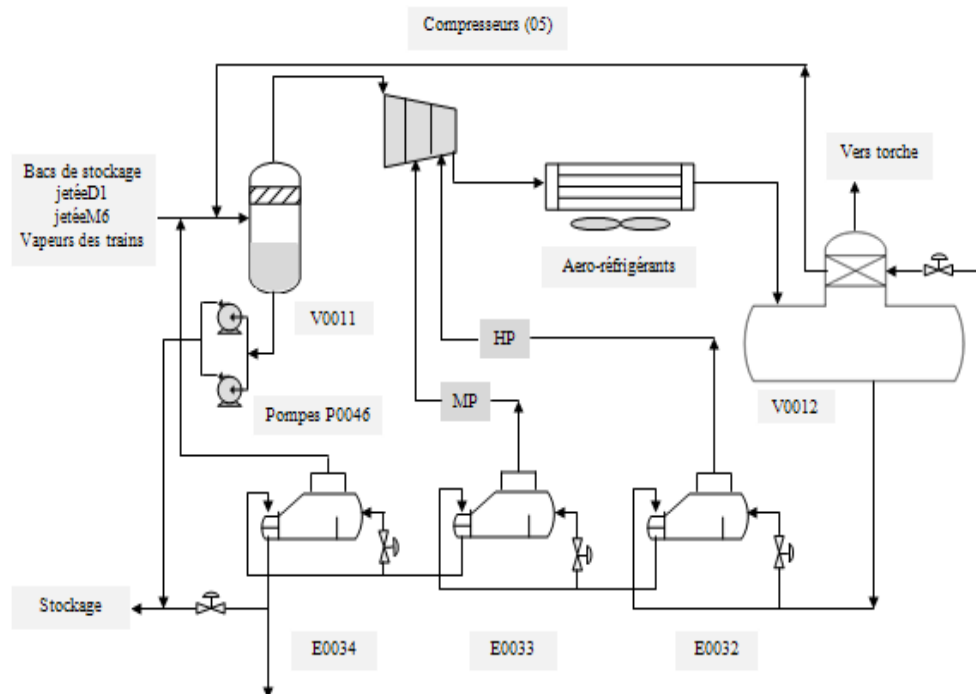


Figure I-10:section B.O.G [2].

#### I.5.4 Section chargement par camion

S'occupe de la gestion des enlèvements par camion au niveau de la rampe de chargement par camion (client NAFTAL et les opérateurs privés). La section est dotée de 5 réservoirs sphériques de 500 m<sup>3</sup>, des pompes et des bras de chargement. Ces installations sont conçues de manière à permettre le chargement simultané du propane, pentane et butane.

#### I.6 Service planning et programme

Ce service est chargé de planifier le plan de production mensuel, d'analyser l'écart de production entre la prévision et la production, de faire des rapports de production, ce service est le lien entre les deux services (fabrication et stockage, transport), il existe un lien proportionnel du fait de la répartition système de contrôle (PKS) dans tout le complexe, vous pouvez visualiser et avoir toutes les informations [2].

# **Chapitre II**

## Le torchage

## II.1 Introduction

Le torchage et le rejet des gaz associés à la production de pétrole brut, dont le volume mondial est estimé à plus de 100 milliards de mètres cubes par an, font l'objet d'une attention grandissante compte tenu de l'intérêt porté par la communauté internationale à la conservation de l'énergie et à la modification du climat à l'échelle mondiale. L'objectif initial s'appuie autour de la réduction significative à court terme des quantités de gaz brûlé à la torche ou rejeté à l'air libre, et d'un objectif ultime, qui est de promouvoir des efforts d'amélioration sur une plus longue période. Des conseils proposaient également pour assurer la surveillance et la transparence, et recommande un calendrier pour l'adoption et la réalisation de ses objectifs clés [7].

## II.2 Définition du torchage

Le torchage ou « brûlage des gaz » est l'action de brûler, par des torchères, des rejets de gaz à différentes étapes de l'exploitation du pétrole et du gaz naturel. Dans l'industrie pétrolière, le torchage concerne le gaz associé au brut qui ne peut être traité pour des raisons techniques, économiques ou sécuritaires [8].

## II.3 Fonctionnement des torches [2]

Chaque ballon, colonne ou capacité fonctionnant sous pression d'hydrocarbures est relié au réseau de torche au moyen d'une ou plusieurs soupapes et/ou diverses vannes de régulation de pression PCV et vannes de décompression BDV. En régime normale de l'installation la quantité de gaz envoyée à la torche est minimale et ne représente que la fraction incondensable des hydrocarbures traités avec une fraction du fuel gaz pour assurer un débit régulier. Une injection de gaz de balayage ou gaz de purge est pratiquée en permanence pour maintenir un débit de sécurité à la torche en maintenant la flamme des brûleurs allumée et ainsi empêcher l'air de revenir. En cas de dysfonctionnement d'une partie de l'installation ; principalement une surpression dans une capacité, la vanne régulatrice de pression s'ouvre pour envoyer plus de gaz vers la torche. si la surpression est trop rapide et/ou incontrôlée, les soupapes de sécurité de l'équipement s'ouvrent pour protéger la capacité. En cas d'incident plus grave ou d'arrêt d'urgence de l'installation, le système de sécurité déclenche l'ouverture des vannes de décompression (BDV). Pour assurer en permanence le bon fonctionnement du système de torche, un certain nombre d'organes de contrôle et de sécurité sont installés notamment :

- Un réseau de gaz de balayage des collecteurs de torche ;

- Un réseau de gaz pilote qui maintient une flamme au nez de torche dans le cas des torches allumées en permanence.

- Deux ou plusieurs pilotes selon le diamètre de l'installation ;

Un système d'allumage à distance des pilotes ;

- Un réseau d'azote connectable aux collecteurs de torche pour l'inertage du système lors de la mise à disposition pour travaux ou dans le cas des torches froides ;

- Des caméras de surveillance pour contrôler la présence et l'état de la flamme.

### **II.3.1 Les différents types de torche**

Il existe deux types de torche : Haute pression et Basse pression.

#### **II.3.1.1 Système de torche à haute pression**

Le système de torche HP (trois torches) est conçu pour décharger un débit de 1020 tonnes/h utilisées pour des vapeurs qui ont des pressions entre 7.5 et 0.05kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>. La hauteur de la torche est 130 m.

#### **II.3.1.2 Système de torche à basse pression**

Le système de torche BP (deux torches) est conçu pour une capacité de 180T/h pouvant évacuer des vapeurs qui ont une pression entre 2.0 et 0.005 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup> avec un débit de 180 tonnes/h. la hauteur de cette dernière est 90 m.

#### **- Intérêt et importance**

Le torchage, est habituellement considéré comme une façon à la fois sûre et efficace de se débarrasser du gaz naturel hors spécifications qui associé à la production des GPL, et c'est la méthode habituellement utilisée pour l'élimination des gaz inflammables inutilisables, et aussi pour dépressuriser un équipement ou une section de traitement des gaz pendant les activités normales d'entretien ainsi en cas d'arrêt d'urgence ou lors d'un démarrage

## **II.4 Le torchage dans l'industrie du pétrole et du gaz [8]**

### **➤ Pourquoi « torcher » du gaz ?**

Afin d'y voir plus clair mieux vaut se pencher vers la technicité de cette problématique. Pour faire simple, l'extraction de pétrole est un processus qui permet de soutirer le pétrole des profondeurs de la terre, lequel parvient habituellement à la surface, accompagné d'eau et de

gaz, dénommé « **gaz associé** ». C'est ce qu'on appelle habituellement le « **G.O.R** » (**Gas Oil Ration**) qui correspond au pourcentage volumétrique de gaz dans le pétrole qui est variable d'un gisement à un autre surtout en fonction de la nature et de la densité du pétrole. Pour ne pas stocker le pétrole mélangé à du gaz, par risque d'explosion, on sépare les trois composants dans des centres de séparation où sont branchés les puits producteurs. L'eau est généralement traitée ou non puis rejetée en surface. Le gaz est « séparé » du pétrole, est soit collecté puis réinjecté dans le gisement, soit consommé pour les besoins énergétiques locaux, soit expédié en gaz de vente quand un réseau de transport dédié existe, ou alors est simplement « **torché** » (**gaz fatal**) en d'autres termes, brûlé sur place d'où la flamme aperçue sortant des torchères installées sur la plupart des exploitations pétrolières.

➤ **Pourquoi ne pas exploiter ce gaz alors ?**

Si le « flaring » est controversé, il y a aussi ce qu'on appelle le « venting » c'est-à-dire le rejet dit « gaz associé » dans l'atmosphère du « méthane », gaz à effet de serre les plus dangereuses car on remet directement dans l'atmosphère du « **méthane** », gaz à effet de serre au potentiel de réchauffement très supérieur à celui du CO<sub>2</sub> produit par le torchage.

#### **II.4.1 Composition chimique du gaz torché**

Les gaz naturels provenant des puits de pétrole sont généralement appelés « gaz associés ». Ces gaz coexistent dans la formation avec le pétrole en tant que gaz libres (gaz de couverture) ou peuvent être dissous dans le pétrole brut. Indépendamment de la source des gaz naturels et une fois séparés du pétrole brut, ils existent couramment sous formes des mélanges composés principalement de méthane avec d'autres gaz tels que l'éthane, le propane, le butane et les pentanes. En outre, les gaz naturels non traités contiennent de l'eau, du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de l'azote (N<sub>2</sub>) ainsi que d'autres composants. Les gaz associés qui contiennent de telles impuretés ne peuvent pas être récupérés au cours du procédé de production de pétrole [9].

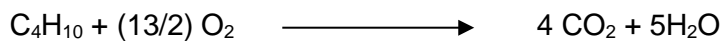
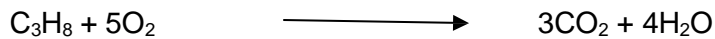
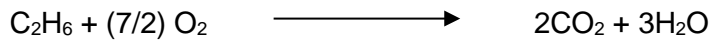
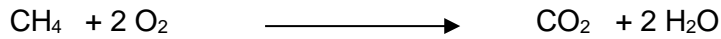
#### **II.4.2 Les produits du torchage**

Les principaux gaz polluants – gaz carbonique, les gaz de combustion contiennent des constituants résultant de la combustion incomplète et des réactions intermédiaires. Dans le cas des machines thermiques, d'autres constituants résultats de l'oxydation partielle du combustible et de l'huile de graissage qui a le long terme forment des dépôts qui détruisent le fonctionnement et encrassent les pots catalytiques lorsqu'ils existent.



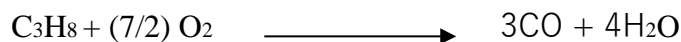
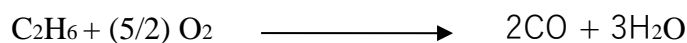
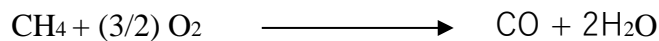
Les oxydes d'azote, de carbone, de soufre, les aldéhydes, et les hydrocarbures imbrûlés sont les constituants des gaz d'échappement les plus nocifs

□ **Combustion complète** : Les dessus C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>.

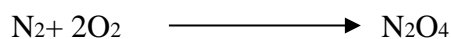
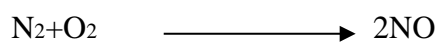
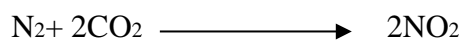


□ **Combustion incomplète** : dans le cas de torchage lors des arrêts et des démarrages des unités ou pendant les déclanchements, la charge du gaz sera importante. Les réactions de combustion sont comme représentées ci-dessous :

▪ Pour les hydrocarbures



▪ Pour azote



Des conséquences sanitaires sont possibles sur l'homme puisque les gaz torchés émettent du benzène, des composés organiques volatils (COV) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

### II.4.3 Impact économique des gaz torchés

La réduction des gaz torchés présente un intérêt économique ; **32** projets de récupération des gaz torchés ont été réalisés depuis **1973** tandis que les volumes de gaz associés produits ont pratiquement été **quadruplés** ces 33 dernières années, le taux de torchage est passé de **80%** en **1970** à **11%** en **2003** puis à **7%** en **2005**, la compagnie a récupéré, pour la période

allant de **1980** à **2005**, quelque **411.32** milliards de **m<sup>3</sup>**, dans sa stratégie SONATRACH pense déjà à l'avenir dès aujourd'hui.

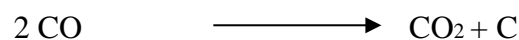
#### II.4.4 Impact environnemental

La maîtrise des émissions de méthane et de CO<sub>2</sub> permettrait de réduire la pollution de l'air et le réchauffement global. D'après une étude menée par des chercheurs de plusieurs institutions américaines. Le méthane est en effet directement lié à la production d'ozone dans la troposphère. Or d'une part l'ozone est le principal constituant du smog, pollution de l'air de Surface, et d'autre part le méthane et l'ozone sont des gaz à effet de serre.

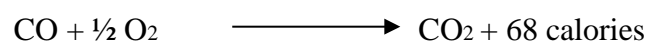
##### ❖ Oxyde de carbone

L'oxyde de carbone (**CO**) est l'un des principaux constituants des divers gaz industriels utilisés comme combustible gaz de houille, gaz à l'air ou gaz de gazogène.

A la température ordinaire, le (**CO**) est un composé métastable. Il se dissocie en carbone et en gaz carbonique entre 400°C et 700°C et en présence de certains catalyseurs (gel de silice, palladium dispersé).



Le (**CO**) brûlé dans l'air ou l'oxygène avec une flamme bleue donnant du gaz carbonique et un dégagement de chaleur



##### ❖ Méthane

Le méthane est le principal composant du gaz naturel torché environ 85% et sa non réaction avec l'air lors de la combustion incomplète, cause une éjection dans l'air de grandes quantités du méthane non brûlée [10].

#### ➤ Quelles sont les solutions et à quoi servirait de réduire voire même arrêter le torchage ?

Le torchage est une pratique qui non seulement constitue une problématique environnementale sensible mais aussi parce que le gaz brûlé est considéré comme une perte ou du gaspillage. Il existe des solutions jusqu'à l'heure qui sont proposées par les institutions internationales mais aussi par la communauté scientifique, il existe 2 solutions concrètes et

possibles en termes de faisabilité, à défaut de pouvoir commercialiser le « **gaz associé** » : **Le gaz** peut être **réinjecté** dans le **gisement de pétrole** afin d'y renforcer la pression et améliorer le taux de récupération. Cette opération peut toutefois être techniquement compliquée (risque de corrosion des canalisations) mais demeure une bonne solution quand même [8].

# **Chapitre III**

## Présentation du problème

### III.1 Problématique

Depuis la nationalisation des hydrocarbures, SONATRACH a fait des progrès significatifs dans la diversité et l'efficacité de ses activités. C'est une grande source de fierté nationale. Préoccupé par la future crise énergétique, le complexe GP1/Z vise à lutter contre toutes les formes de gaspillage énergétique. Par conséquent, réduire le torchage pour protéger l'environnement et augmenter les dommages grâce à des solutions techniques moins chères reste l'une des principales préoccupations de l'entreprise.

Notre principe de fonctionnement est d'estimer la quantité de propane, de butane et de GPL torchés lors des arrêts planifiés pendant la vidange d'une sphère de charge Et d'étudier la possibilité de récupérer ces matériaux.

Par conséquent, la mise en œuvre de la solution proposée nécessite des investissements. L'estimation des coûts et la faisabilité de la valorisation font l'objet d'études technico économiques.

L'objectif de ce travail consiste à réduire au maximum la quantité de GPL liquide torché afin d'améliorer la performance des sphères de charge d'une part, et protéger l'environnement et la santé d'autre part.

### III.2 Solution proposée

La solution proposée c'est de modifier l'ancien système pour récupérer de la quantité de GPL liquides avant de la torcher en utilisant la nouvelle ligne, la pompe (P-703), La ligne hors spécification qui retourne vers les sphères de charge.

Cette étude apportant des modifications sur la section de système BLOW DOWN en rajoutant une ligne de 4'' et une ligne de 3 '' à partir du ballon torchère avant que ces liquides s'évaporent pour maximiser la récupération de ces produits liquides drainés et accumulés dans le Ballon vide-vite (V-703) en les renvoyant à la sphère de charge « hors spécifications » par la pompe (P-703)

### III.3 Sphères de charge

Sont des réservoirs sphériques cette section est conçue pour maintenir un fonctionnement stable et assurer une autonomie de plus de 10h pour alimenter les trains en GPL

brut en cas d'arrêt de pompage est destinés aussi pour recevoir le flux de recyclage (hors spécification) [2].

### III.4 Description sur le fonctionnement de système de torche

Le système de torche comprend toutes les tuyauteries installées entre les soupapes de décharge et la torche et une colonne montante atteignant le point de brûleur.

Il est à craindre qu'une explosion importante se déclare dans le système de torche si les pilotes sont allumés avant que tout le système soit suffisamment purgé au moyen d'un gaz non condensable. Les gaz convenant à la purge sont : Gaz naturel, propane, azote, gaz inertes, oxyde de carbone, butane, GPL, leur température de service devant être au-dessous de 0°C

Ce système est conçu pour la sécurité du personnel et les installations [11].

### III.5 Les équipements du projet [11]

#### III.5.1 Ballon Vide vite

Son rôle est de recevoir tous les produits (Hydrocarbure liquide) drainés à partir des capacités, des équipements statiques ou rotatifs par des lignes de **Blow Down (BD)**. Le circuit du **(BD)** se divise en deux (2) lignes

Le contenu liquide dans le **ballon vide vite** passe par le serpentín inférieur qui est immergé dans le vaporisateur, ce dernier contient l'eau industrielle à température 70°C et les gaz résultant empruntent la ligne de 10' du sommet du ballon vide vite vers Torche pour être brûlés dans l'ancien système

#### III.5.2 Ballon torchère [12]

Son rôle est de prolonger le temps de séjour des produits à torcher afin de séparer le liquide associé aux gaz puis le gazéifier et l'envoyer vers torches (HP / BP) pour être brûlé.

Les ballons torchères HP sont munis de vaporisateurs remplis d'eau industrielle et chauffés par la ligne de vapeur d'eau contrôlée par une vanne pneumatique pour activer la gazéification des liquides.

- **Ligne de drainage**

Cette ligne sort des sphères et entre directement dans le ballon vide vite.

- **Ligne hors spécification (off spect) [2]**

C'est une ligne de retour ou (recyclage) des produits propane et butane hors spécification vers les sphères de charge

On utilise la ligne de recyclage en cas :

- Stock haut au niveau des bacs des produits finis.
- Niveau bas des sphères de charge (arrêt pompage de RTO),
- Un arrêt programmé d'un train, Lors d'une vidange d'une sphère de charge
- Début de démarrage d'un train

### **III.6 Description de système Blow down**

Ce système est conçu pour la sécurité du personnel et des installations en cas d'extrême urgence ou de l'arrêt normal du complexe, il peut y avoir une nécessité de procéder à un arrêt rapide tel qu'un incident majeur ou une défaillance grave pouvant provoquer des pertes considérables de GPL au niveau du complexe. Afin de faire face à de telles situations ; il existe un système de torche pour assurer la protection du personnel et de protéger les équipements contre l'endommagement.

### **III.7 Conception d'un nouveau système de récupération du GPL**

Création de deux nouvelles lignes

- Une ligne de 3'' à une distance de 4 mètres entre le ballon vide vite (V-703) et la pompe (P-703).
- Une 2ème ligne de 4'' à une distance 12 mètres entre la pompe (P-703) et la ligne de recyclage la sortie du ballon vide vite pour empêcher l'échappement des gaz vers la torche.
- Introduire une vanne manuelle V1 sur la ligne 3'', pour by passer l'évaporateur (E-703).
- Introduire deux vannes manuelles V2 et V3 pour isolement entre le ballon vide vite et l'évaporateur.
- Introduire une soupape de sécurité qui s'ouvre en cas d'augmentation de la pression dans le ballon vide vite.
- Mettre une pompe entre les lignes de 3" et 4" (P-703)
- Mettre deux vannes manuelles V3, V4 a la sortie et à l'entrée du pompe(P-703)

### III.8 Description du procédé

En utilisant le nouveau système, les étapes suivantes sont prises en compte :

- L'opérateur doit être en position pour contourner l'évaporateur E-703 sur la ligne 3'', en ouvrant la vanne manuelle V1 et en fermant les vannes d'entrée et sortie de l'évaporateur (V2, V3 pour empêcher l'évaporation de liquide).
- Ouvrir les drains des sphères pour vidanger vers ballon vide vite.
- Disposer les vannes de la nouvelle ligne cotée d'aspiration (V4, V5) de la pompe P-703.
- Le clapet anti retour vers la ligne hors spécification et la ligne 4''
- Démarrage la pompe P-703. Une fois la vidange de ballon vide vite vers les sphères de charge terminé, en retourne à l'ancien système. •
- On arrête la pompe P-703 puis l'isolement les vannes d'aspirations et refoulement.



### III.8.1 Caractéristiques du ballon V-703

Leur rôle est de recevoir tous les produits (Hydrocarbure liquide) drainer à partir des capacités, des équipements statiques et / ou rotatifs par le biais des lignes de Blow Down. Le ballon vide vite V-1701 est un exemple des ballons existant sur site avec des Caractéristiques représentés dans le tableau suivant

**Tableau III.I:** caractéristiques du ballon V-703

Nom	Matrice	Volume <i>m</i> <sup>3</sup>	Pression ( <i>kg/cm</i> <sup>2</sup> )	Température de service °C
Ballon vide-vite	V-703	70	5	-30 /160

### III.8.2 Caractéristique de la pompe P-703

**Tableau III.II:** caractéristiques de la pompe P-703

Nom	Matrice	Pression de refoulement	Pression d'aspiration
Pompe centrifuge	P-703	15 Bar	5 Bar

# **Chapitre IV**

## **Calculs et résultats**

**N.B : Le but de ce calcul est de savoir la pression finale « P2 » de retour du GPL vers les sphères de charges après la récupération.**

❖ Appliquons la loi de BERNOULLI

$$P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g Z_1 + \frac{P_u}{Q_v} = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho g Z_2 + \Delta P_{Totale}$$

Avec :

P2 : pression au point d'intersection avec la vanne PV-0011. (Pression de retour)

P1 : la pression de sortie de GPL vers la ligne de drainage (P1=5 Bar)

$\rho$  : La masse volumique en (Kg/m<sup>3</sup>).

g : L'accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>), on prend g = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

V<sub>1</sub> : la vitesse correspondante à la ligne de drainage

P<sub>u</sub> : Puissance de la pompe P-703

V<sub>1</sub> : la vitesse correspondante à la ligne hors spécification (12 '')

Z<sub>1</sub> : la profondeur (4m) entre la pompe et la pression P1

Z<sub>2</sub> : la profondeur (12m) entre la pompe et la pression P2

#### IV.1 Estimation de la quantité du GPL torchée

On veut savoir la quantité de GPL liquide torché lors d'un vidange des sphères

Après une vidange il reste 5 % dans la sphère + volume occupée dans l'appendice et les pipes de sortie et d'entrée

- Pour une sphère de 1100m<sup>3</sup> :

$$V = \frac{5\% \cdot 1100}{100\%} = 55 \text{ m}^3 + 1\text{m}^3(\text{entrée}) + 1\text{m}^3(\text{sortie}) + 1\text{m}^3(\text{appendice}) = 58\text{m}^3$$

- Pour une sphère (à température ambiante) de 500 m<sup>3</sup> (il n'y a pas d'appendice) :

$$V = \frac{(5\% \cdot 500)}{100\%} = 25\text{m}^3$$

$$V = 25 + 1\text{m}^3(\text{entrée}) + 1\text{m}^3(\text{sortie}) = 27\text{m}^3$$

$$V = 27 * 3 = 81\text{m}^3 \text{ (3 sphères)}$$

Donc

$$V_{\text{Totale}} = 81 + 58 = 139 \text{ m}^3$$

$V = 139 \text{ m}^3$  (quantité drainée vers Blow down torchée)

## IV.2 Théories de calculs

### - Nuance de la nouvelle conduite :

Conformément aux normes appliquées par le complexe GP1/Z, la nouvelle ligne de récupération aura la nuance : **D1X ASTM A53 Gr A (voir annexe N°2)**

Le choix du matériau (acier au carbone A53 classe Gr A) est basé sur des conditions de sécurité :

- Ce type de matériau est utilisé pour les gaz inflammables.
- Résistance à une gamme de températures importantes.
- Point de vue économique, est moins cher.

### ▪ Vitesse d'écoulement du gaz

Selon la loi de la continuité nous avons :  $Q_m = \rho \times V \times S$

$V$  : vitesse d'écoulement du fluide en (m/s).

$S$  : surface.

$$S = \frac{r * D^2}{4} \longrightarrow V = \frac{Q_m}{S \times \rho}$$

Avec  $\rho = \frac{PM_w}{ZRT}$

### 1) Nature de l'écoulement :

**Nombre de Reynolds** : Il représente le rapport des forces d'inertie aux forces de viscosité c'est l'indicateur du régime d'écoulement.

$$Re = \frac{\rho * \mu * D}{V} \text{ (eq1)}$$

$\rho$  : masse volumique en Kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  : viscosité dynamique en Kg/m.s

$D$  : diamètre du collecteur en m.

$V$  : vitesse d'écoulement en m/s.

Selon la valeur calculée de Reynolds on distingue trois régimes d'écoulement :

- Si  $Re > 2300$  le régime est laminaire, il correspond à un écoulement régulier.
- Si  $2300 < Re < 10^4$  le régime est transitoire (intermédiaire) correspond à un écoulement instable entre le régime laminaire et turbulent.
- Si  $Re > 10^4$  le régime est turbulent indique la présence des tourbillons dans l'écoulement.

## 2) Pertes de charge :

Les équations relatives à la chute de pression sont fondées sur le théorème de **BERNOULLI**.

Un fluide réel en mouvement subit des pertes d'énergie dues aux frottements sur les parois des tuyères (pertes de charge linéaires) ou à cause des obstacles tels que les coudes, les clapets et les vannes (pertes de charge singulières).

### i) Pertes de charges linéaires :

Ce type des pertes est dû généralement aux frottements résultants de contact entre le fluide et les parois internes des canalisations, il existe dans les tuyaux lisses bien que dans les tuyaux rugueux, les pertes de charge sont représentées par une diminution de pression tout au long de la canalisation.

Lorsque l'écoulement est turbulent, les pertes de charge linéaires sont déterminées par l'équation de **DARCY** :

$$\Delta P_L = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{eq2})$$

$\Delta p_L$ : Chute de pression en Kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>

$\lambda$  : Coefficient de pertes de charge

D : Diamètre interne du collecteur en m.

$\rho$  : Masse volumique en Kg/m<sup>3</sup>

V : vitesse d'écoulement en m/s.

g : accélération de la pesanteur, g=9,81m/s<sup>2</sup>.

L : longueur du collecteur en m.

**(a) Pertes de charges locales (singulières) :**

Les pertes de charge à travers les coudes, tés(T), vannes, robinets et rétrécissements sont déterminées par la formule suivante :

$$\Delta P_s = \rho \times K \times \frac{V^2}{2g} \text{ (eq3)}$$

K : coefficient de perte de charge locale : **(voir annexe N°1)**

$\Delta P_s$ : Chute de pression en Kg/cm<sup>2</sup>

$\rho$  : Masse volumique en Kg/m<sup>3</sup>

V : vitesse d'écoulement en m/s.

**❖ Les coudes :**

A. Pour coude de 90°, K=0,50

**❖ Les vannes :**

B. Pour vanne :

- Vanne de contrôle : K= 3
- Vanne manuelle : K= 0.25
- Clapet anti – retour : K=0.68

**IV.3 . Partie calcul**

A. Pour cette partie on calcule le débit, la vitesse, Reynolds, pertes de charge.

B. Le volume du GPL envoyé vers les lignes B.D pour un bloc de sphères est de **139 m<sup>3</sup>**.

C. Le temps nécessaire pour vider la quantité restante dans les sphères est de 6h (par chronomètre).

**A. Le débit volumique du GPL**

On a :  $V = 139 \text{ m}^3$  et  $T = 6\text{h} \Rightarrow Q_v = \frac{V}{T} = \frac{139}{6}$

$$\text{A. N : } Q_v = \frac{139}{6} = 23.16 \text{ m}^3$$

$$Q_v = 23,16 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{B. Débit massique : } Q_m = \rho * Q_v$$

$$\rho_{GPL} = 537 \text{ Kg/m}^3$$

A.N :

$$Q_m = 12436.92 \text{ Kg/h.}$$

**C. Calcul de la vitesse d'écoulement :**

On sait que :

$$Q_m = \rho * v * s \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q_m}{s * \rho}$$

On a une ligne de 3'', son diamètre est de **0.08 m** et de longueur de **4m**

$$\text{Avec : } s = \frac{r * D^2}{4}$$

$$\text{A.N : } s = \frac{3.14 * (0.08)^2}{4} = 5.024 * 10^{-3} \text{ m}^2.$$

$$\rho = 537 \text{ Kg/m}^3.$$

Alors :

$$V = \frac{12436.92}{5.024 * 10^{-3} * 537} = 4609.87 \text{ m/h}$$

$$V = 1.28 \text{ m/s}$$

✓ **Calcul de Reynolds :**

- $\rho = 537 \text{ Kg/m}^3$
- $\mu = 327.10^{-6} \text{ pa.s}$
- $D = 0.08 \text{ m}$
- $V = 1.28 \text{ m/s}$

En remplaçant ces données dans (eq1)

$$Re = \frac{537 \cdot 0,08 \cdot 1,28}{327 \cdot 10^{-6}} = 1,6 \times 10^5$$

On a trouvé une valeur de Reynolds  $Re = 1,6 \times 10^5$ , la valeur est  $> 10^4$  donc l'écoulement est turbulent.

#### D. Calcul des pertes de charge :

La détermination de  $\lambda$  se fait par la méthode graphique à partir du diagramme de MODDY (ANNEXE N°3) qui est en fonction du nombre de REYNOLDS et de la rugosité relative ( $\varepsilon/D$ ).

Avec  $\varepsilon = 0,0006$  pour l'acier au carbone,  $D = 0,1016$  m

Alors : la rugosité relative  $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0006}{0,08} = 0,0075$  à partir du diagramme on a trouvé

$$\lambda = 0,035$$

#### ✚ Ligne 3 "

##### a. Pertes de charge linéaire : ( $\Delta pL$ )

On a:

- $\rho = 537$  Kg/m<sup>3</sup>
- $L = m$
- $D = 0,08$ m
- $V = 1,28$  m/s
- $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>

En remplaçant ces données dans (eq2) :

$$\Delta pL1 = \left[ 0,035 \times 537 \times \frac{1,28^2}{2 \cdot 9,81} \times \frac{4}{0,08} \right] = 78,22 \frac{kg}{m^2}$$

$$\Delta pL1 = 7,85 \times 10^{-3}$$

##### b. Pertes de charges singulières

- Coudes  $\Delta p_c$

On a besoin de 1 coude de 90° pour assurer l'adaptation de la pipe à travers les installations

Pour les coudes de 90° On a  $K = 0,5$  En remplaçant les données dans (eq3) :



$$\Delta p_c = \left[ \frac{537 \times 0,5 \times 1,28^2}{2 \times 9,81} \right] = 22,42 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta p_c = 2,24 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2$$

- Vannes  $\Delta p_v$  :

Pour cette ligne on a un clapet anti-retour et une vanne manuelle

Vanne manuelle : **K=0.25**

$$\Delta p_{v1} = \left[ \frac{537 \times 0,25 \times 1,28^2}{2 \times 9,81} \right] = 11,21 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta p_{v1} = 1,12 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2$$

- Clapet anti-retour : **K=0.68**

$$\Delta p_{v2} = \left[ \frac{537 \times 0,68 \times 1,28^2}{2 \times 9,81} \right] = 30,5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta p_{v2} = 3,04 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2$$

Alors :  $\Delta p_{s1} = \Delta p_c + \Delta p_{v1} + \Delta p_{v2}$

$$= 2,24 \times 10^{-3} + 1,12 \times 10^{-3} + 3,04 \times 10^{-3}$$

$$\Delta p_{s1} = 6,4 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2$$

Donc : La perte de charge pour la 1ère ligne de 3 ' ' sera :

$$\Delta p_{tot} = \Delta p_{l1} + \Delta p_{s1}$$

$$\Delta p_1 = 0,01425 \text{ kgf/cm}^2$$

### ✚ Ligne 4''

On a une ligne de 4'', son diamètre est de 0,1016 m.

$$\text{Avec : } S = \frac{\pi D^2}{4} \qquad \text{Donc : } S = \frac{3,14 \times 0,1016^2}{4} = 0,008 m^2$$

$$\rho = 537 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\text{Alors : } v = \frac{12436,92}{0,008 \times 537} = 2895 m/h$$

$$v = 0,08 m/s$$

### ✓ Calcul de Reynolds

- $\rho = 537 \text{ Kg/m}^3$
- $\mu = 327 \cdot 10^{-6} \text{ pa.s}$
- $D = 0,1016 \text{ m}$
- $V = 0,08 \text{ m/s}$

En remplaçant ces données dans l'équation (eq1)

$$Re = \frac{537 \times 0,1016 \times 0,08}{327 \times 10^{-6}} = 13347,82$$

On a trouvé une valeur de Reynolds  $Re = 13347,82 > 10^4$  donc l'écoulement est turbulent.

#### ➤ Calcul des pertes de charge :

- La détermination de  $\lambda$  se fait par la méthode graphique à partir du diagramme de MODDY (ANNEXE N°3) qui est en fonction du nombre de REYNOLDS et de la rugosité relative ( $\varepsilon/D$ ).

Avec  $\varepsilon = 0,0006$  pour l'acier au carbone,  $D = 0,1016 \text{ m}$

Alors : la rugosité relative  $\varepsilon/D = 0,006$  À partir du diagramme on a trouvé  $\lambda = 0,033$

#### a. Pertes de charge linéaire : ( $\Delta p_l$ )

En remplaçant ces données dans l'équation (eq2) :

$$\Delta p_l = \left[ 0,033 \times 537 \times \frac{12}{0,1016} \times \frac{0,08^2}{2 \times 9,81} \right] = 0,68 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta p_l = 6,8 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$$

**b. Pertes de charges singulières :**

- Coudes  $\Delta p_c$  :

On a besoin de 1 coude de  $90^\circ$  pour assurer l'adaptation de la pipe à travers les installations. Pour les coudes de  $90^\circ$  :

On a  $K=0.5$  En remplaçant les données dans l'équation (eq3.) :

$$\Delta p_c = \left[ \frac{537 \times 0,5 \times 0,08^2}{2 \times 9,81} \right] = 0.087 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta p_c = 8.7 \times 10^{-6} \text{ kgf/cm}^2$$

Et on a besoin d'une vanne et un clapet anti retour :

Vanne manuelle :  $K=0.25$

$$\Delta p_{v1} = \left[ \frac{537 \times 0,25 \times 0,08^2}{2 \times 9,81} \right] = 4.37 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta p_{v1} = 4.3 \times 10^{-4} \text{ kgf/cm}^2$$

Clapet anti-retour :  $K=0.68$

$$\Delta p_{v2} = \left[ \frac{537 \times 0,68 \times 0,08^2}{2 \times 9,81} \right] \quad 2$$

$$\Delta p_{v2} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$$

Alors la perte de charge pour la deuxième ligne de 4 '' sera :

$$\Delta p_2 = 4.507 \times 10^{-4} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\Delta p_{totale} = \Delta p_2 + \Delta p_{l2} = 5.187 \times 10^{-4} \text{ kgf/cm}^2$$

### ✚ Ligne 12''

On a une ligne de 12 '' , son diamètre est de 0,3048m et sa longueur est :40m

$$\text{Avec : } S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{Donc : } S = \frac{3,14 \times 0,3048^2}{4} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$\text{Alors : } v = \frac{12436,92}{0,07 \times 537} = 330,86 \text{ m/h}$$

$$V = 0,09 \text{ m/s}$$

✓ **Calcul de Reynolds :**

- $\rho = 537 \text{ Kg/m}^3$
- $\mu = 327 \cdot 10^{-6} \text{ pa.s}$
- $D = 0,3048 \text{ m}$
- $V = 0,09 \text{ m/s}$

En remplaçant ces données dans l'équation (eq1) :

$$Re = \frac{537 \times 0,3048 \times 0,09}{327 \times 10^{-6}} = 45048,8$$

On a trouvé une valeur de Reynolds  $Re = 45048,88$  elle est  $> 10^4$  donc l'écoulement est turbulent.

➤ **Calcul des pertes de charge**

$$Re = 45048,88$$

$$\varepsilon = 0,0006$$

À partir du diagramme de MODDY

$$\text{Alors la rugosité relative } \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0006}{0,3048} = 1,9 \times 10^{-3} \quad \text{On a trouvé } \lambda = 0,024$$

**a. Pertes de charge linéaire : ( $\Delta pL$ )**

En remplaçant ces données dans l'équation (eq2) :

$$\Delta pL = \left[ 0,024 \times 537 \times \frac{40}{0,3048} \times \frac{0,09^2}{2 \times 9,81} \right] = 0,69 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta pL = 6,98 \cdot 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$$

Alors la perte de charge pour cette ligne est :

$$\Delta p_3 = 6.98 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\Delta p_{Tot} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3$$

$$\Delta p_{Tot} = 0.0141148 \text{ kgf/cm}^2$$

**Tableau IV.I:** diamètres, longueurs et les pertes de charge de chaque ligne

Les lignes	Diamètre(m)	Longueur(m)	Les pertes de charge ( <b>kgf/cm<sup>2</sup></b> )
3''	0.08	4	$1.4 \times 10^{-2}$
4''	0,1016	12	$4.50 \times 10^{-5}$
12''	0,3048	40	$6.98 \times 10^{-5}$
/			<b>0.0141148</b>

### E. Calcul de la pression d'arrivée P2

$$1 \text{ Bar} = 100000 \text{ Pascal} \quad \longrightarrow \quad P_1 = 500000 \text{ Pascal}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 98066.5 \text{ Pascal} \quad \longrightarrow \quad \Delta p_{Tot} = 1372.931 \text{ Pascal}$$

D'après la loi de BERNOULLI on aura :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g Z_1 + \frac{P_u}{Q_v} = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g Z_2 + \Delta P_{Totale}$$

- Calcul de la puissance de la pompe  $P_u$

$$P_u = HMT * Q_v * g * \rho$$

$$Q_v = 23.16 \text{ m}^3/\text{h} = 6.43 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho = 537 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{A. N} \quad P_u = 4.14 * 6.43 \times 10^{-3} * 9.81 * 537 = 140.23 \text{ W}$$

$$P_u = 0.14 \text{ Kw}$$

Dont

HMT = hauteur d'aspiration de la pompe + pertes de charges totales  $\Delta P_{totale}$

- Hauteur d'aspiration de la pompe = 4m

$$\text{HMT} = 4 + 0.14 = 4.14 \text{ m}$$

- Calcul de la vitesse correspondante à la ligne de drainage V1 (2'' → D=0.05m)

$$s = \frac{3.14 * (0.05)^2}{4} = 1.96 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V1 = \frac{12436.92}{1.96 * 10^{-3} * 537} = 11816.32 \text{ m/h}$$

$$V1 = 3.28 \text{ m/s}$$

- P 1 : 500000 Pascal
- $V_1 = 3.28 \text{ m/s}$
- $V_2 = 0.09 \text{ m/s}$
- $\Delta p_{Tot} = 1372.93$
- $Z_1 = 4 \text{ m}$
- $Z_2 = 12 \text{ m}$
- $\rho = 537 \text{ Kg/m}^3$
- g: accélération de la pesanteur,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

A.N:

$$P_2 = 459391.51 \text{ Pascal}$$

<b><math>P_2 = 4.58 \text{ Bar}</math></b>
--

#### IV.4 Étude technico-économique [2]

La décision d'investissement consiste à sélectionner le projet susceptible de générer le plus de valeur pour les entreprises, Les outils de décision se basent donc les flux financiers et leur répartition dans le temps, L'étude de la rentabilité sera basée sur un bloc des sphères de la phase 3.

##### a. Estimation de l'évaluation de la rentabilité :

La quantité de GPL non drainé qui a été récupérée en (tonne) pendant une vidange d'un seul bloc est calculée de la manière suivante :

Masse (tonnes)= volume de GPL récupéré x masse volumique

La quantité du GPL récupérée en tonne =  $139 \times 0,537 \text{ tonne/m}^3 = \mathbf{74,64 \text{ tonnes}}$

##### o Le prix actuel du GPL :

En se basant sur le prix actuel du GPL 500\$/T , donc le gain de récupération de GPL sera calculé comme suit :

- Le gain en dollars :  $500 \$ \times 74,643 = \mathbf{37321,5 \$}$   
Sachant que le taux de change est égal à :  $1\$ = 135,33 \text{ DA}$
- Le gain en dinar =  $37321,5 \times 135,33 = \mathbf{5050718,6 \text{ DA}}$  (approximativement car il y a d'autres frais à prendre en considération pour permettre le calcul exact de cette valeur).

##### b. Estimation du coût de l'investissement de la ligne de récupération :

Nous pouvons déduire le coût de la ligne de récupération à partir de calculer le coût de la tuyauterie et des accessoires de la ligne qui est présenté dans le tableau IV.1 et le tableau IV.2

- Le coût de la tuyauterie

Tableau IV.I: coût de la tuyauterie

Nature de l'acier	Diamètre (Pouces)	Langueur	Coût unité	Coût totale
A53, GrA	4	12	19669	236028
	3	4	15000	60000
<b>Total</b>	296025			

- Le coût des accessoires

Tableau IV.II: coût des accessoires

Type	Diamètre (pouces)	Nombre	Coût unité (DA)	Coût total (DA)
Coude 90°	3" 4"	2	9939	19878
Vanne manuelle (LCB)	4" 3"	2	153213	306426
Pompe (p-703)	4"	1	150000	3000000
Clapet anti retour	4" 12"	1 1	36000 48000	36000 48000
<b>Total</b>	/	/	/	<b>3410304</b>

- Le coût total :

Le coût total de la réalisation de la nouvelle ligne sera : 3,706329 MDA

- ✓ Le gain global du projet :

$5050718,6 - 3706329 = 1,3443896$  MDA

Ce projet permet au complexe de gagner **1,3443896 MDA** dans le premier arrêt de bloc mais ce prix va être augmenté à partir de deuxième arrêt. Sachant qu'il y a 3 blocs et plusieurs arrêts, cette modification est satisfaisante au complexe



## *Conclusion*

Il est nécessaire de savoir qu'actuellement les sources d'énergie ont une considérable part dans notre économie nationale, ceci suppose que toute perte d'énergie quel que soit sa nature peut avoir une influence directe sur les coûts d'exploitation et les produits finis.

Rappelons que parmi les préoccupations essentielles du complexe GP1/Z est de réduire les gaz torchés, il est observé un torchage important lors de l'arrêt programmé des sphères de charge donc il nous a paru indispensable d'étudier ce cas en vue de minimiser ces pertes en procédant à leurs récupérations. Ce qui nous amène à la nécessité d'élaborer une étude de réalisation d'une ligne de récupération au niveau du complexe.

L'investissement pour cette modification permettra au complexe de faire des économies de l'ordre de **1,3443896 MDA** pour un seul bloc de sphères en récupérant une quantité de GPL très importante qui s'approche du volume d'une sphère de charge chaque année.

## Références bibliographiques

- [1] «gaz pétrol liquifié,» actu-environnement, [En ligne]. Available: ).[https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/gaz\\_de\\_petrole\\_liquefie\\_gpl.php4](https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/gaz_de_petrole_liquefie_gpl.php4).
- [2] S. Morad, *récupération des gaz torchés en état liquide, Mémoire de concours d'idées*, complexe GP1/Z, 2018.
- [3] B. A. BENYOUNES F, *Rapport de stage*, Faculté de chimie, Université se sciences et technologies, 2019.
- [4] B. K, *soft de réfrigération*, complexe GP1/Z, 2010.
- [5] B. F, *systeme de torche et vide vite, mémoire IAP*, complexe GP1/Z, 2020.
- [6] B. LARIBI B, *etude des performances de la colonne de fractionnement au complexe GP1/Z, mémoire d'ingénieur*, école de boumerdès, 2010.
- [7] H. A, *etude de l'impact des gaz torchés de l'industrie pétrolière sur l'environnement, mémoire*, université, D'Oran.
- [8] M. F, «energymagazine,» [En ligne]. Available: <https://www.energymagazinedz.com/2022/08/10/analyse-gaz-torche-une-preoccupation-majeure-des-compagnies-petrolieres-et-des-gouvernements>.
- [9] B. Hanaa, *etude de la possibilité de la récupération des gaz torchés au niveau du champ de Haoud Berkaoui, mémoire*, ouargle, Algérie, 2019.
- [10] M. A. R, *Récupération des gaz torchés au niveau de champ ROM, mémoire*, Ouargla, Algérie, 2013.
- [11] K. M, «scribd,» [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/489587599/TORCHE-VIDE-VITE>.
- [12] H. S, *etude d'installatin des ballons de torche HP, MP et BP par hysys au niveau de Guellala, mémoire*, 2018.
- [13] C. H, *soft de réfrigération*, complexe GP1/Z, 2010.

# ANNEXES

## ANNEXE N°1

Accessoires	Pertes de charge moyenne
Réservoir à conduite – connexion au ras de la paroi (perte à l'entrée)  -tuyau entrant  -connexion arrondie	$0.50 \frac{V_2^2}{2g}$ $1.00 \frac{V_2^2}{2g}$ $0.05 \frac{V_2^2}{2g}$
Conduite à réservoir (perte à la sortie)	$1.00 \frac{V_1^2}{2g}$
Divergent brusque	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
Divergent progressif	$k \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
Venturis, buses et orifices	$\left(\frac{1}{C_v^2} - 1\right) \frac{V_2^2}{2g}$
Convergent brusque	$k_c \frac{V_2^2}{2g}$
Coudes, accessoires, vannes, clapets  Quelques valeurs courantes de K sont : 45°, coude ..... 0.35 à 0.45 90°, coude ..... 0.50 à 0.75 Té, ..... 1.5 à 2.00 Vannes de portes (ouvertes) ..... aprox. 0.25 Vannes de contrôle (ouvertes) ..... aprox. 3.0 Clapet anti- retour à disque levable (4'') ..... 0.68	$k = \frac{V^2}{2g}$

# ANNEXE 2

## ASTM acier au carbone

## ASTM carbon steel

### ASTM A 53 / A 53M-99b

Cette spécification couvre les tubes sans soudure et soudés en acier, noir et galvanisé de NPS 1/8" à 26" inclus et d'épaisseur conforme au tableau (voir la spécification).

Les tubes pourront être fournis suivant les types et les grades :

Type F : FBW Soudure bord à bord après passage de la tôle dans un four - Nuance A

Type E : ERW Soudure par résistance électrique - Nuances A et B

Type S : Sans soudure - Nuances A et B

#### COMPOSITION CHIMIQUE MAXI EN %

Type(s)	Nuances	C	Mn	S	P	Cr (a)	Cu (a)	Mo (a)	Ni (a)	V (a)
S	A	0,25	0,95	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
	B	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
E	A	0,25	0,95	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
	B	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
F	A	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08

(a) La teneur de ces cinq éléments combinés ne doit pas dépasser 1 %

#### CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Type(s)	Nuances	Fabrication	Résistance rupture minimum		Limite élastique minimum		Allongement minimum en %, sur 2"
			ksi	MPa	ksi	MPa	
F	A	Aciers Martin ou four électrique ou oxygène basique	48,0	330	30,0	205	$\sigma = 625.000 A^{0,25} / U^{0,9}$ (Voir ASTM)
E & S	A		48,0	330	30,0	205	
	B		60,0	415	35,0	240	

#### TOLÉRANCES

Sur diamètre extérieur	Diamètre nominal $\leq 1 1/2$ (1,900" OD)	$\pm 1/64"$ (0,40 mm)
	Diamètre nominal $> 2$ (2,375" OD)	$\pm 1 \%$
Sur épaisseur		- 12,5 %
Sur masse		$\pm 10 \%$

PRESSION D'ESSAI HYDRAULIQUE : voir spécification détaillée de la norme.

DIMENSIONS : voir pages 40 et suivantes

### ASTM A 53 / A 53M-99b

This specification covers seamless and welded black and hot-dipped galvanized steel pipe in NPS 1/8 to 26 inclusive with nominal wall thickness as given in tables (see the standard).

Pipe may be furnished in the following types and grades :

Type F : Furnace-butt welded (FBW) - Grade A

Type E : Electric-resistance welded (ERW) - Grades A and B

Type S : Seamless - Grades A and B

#### CHEMICAL REQUIREMENTS MAXI IN %

Type(s)	Grades	C	Mn	S	P	Cr (a)	Cu (a)	Mo (a)	Ni (a)	V (a)
S	A	0,25	0,95	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
	B	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
E	A	0,25	0,95	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
	B	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08
F	A	0,30	1,20	0,045	0,05	0,40	0,40	0,15	0,40	0,08

(a) These five elements combined shall not exceed 1 %

#### TENSILE REQUIREMENTS

Type(s)	Grades	Manufacture	Minimum tensile strength		Minimum yield strength		Minimum elongation in 2", per cent
			ksi	MPa	ksi	MPa	
F	A	Open hearth or electric furnace or basic oxygen	48.0	330	30.0	205	$\sigma = 625.000 A^{0,25} / U^{0,9}$ (See ASTM standard)
E & S	A		48.0	330	30.0	205	
	B		60.0	415	35.0	240	

#### TOLERANCES

Outside diameter (pipe body)	NPS 1 1/2 (1,900" OD) and under	$\pm 1/64"$ (0,40 mm)
	NPS 2 (2,375" OD) and over	$\pm 1 \%$
On thickness		- 12,5 %
On weight		$\pm 10 \%$

HYDROSTATIC TEST PRESSURE : see standard detailed specification.

DIMENSIONS : see pages 40 and following

# ANNEXE N°3

## Diagramme de MOODY

Coefficient de frottement  $f$  pour n'importe quelle espèce ou taille de tuyau « Courbes pour la rugosité relative  $\frac{\epsilon}{D}$  de 0,000001 à 0,05 »

