



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



## MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

### MASTER EN GENIE DES PROCÉDES

Option: GENIE CHIMIQUE

Par

M<sup>elle</sup> KRADIA Kheira

M<sup>elle</sup> MESSEGUEM Oumelkheir

**Récupération des gaz torchés vers l'alimentation des fours lors du démarrage de la section de réfrigération**

Soutenue le 24/ 06/2019 devant le jury composé de :

Président :	M <sup>me</sup> S. Bendenia	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur :	M <sup>me</sup> C. Bendenia	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M <sup>me</sup> H. Merad Dib	MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019

## *Dédicace*

*Remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leur compétences, ont permis de finaliser ce mémoire. Un grand merci à :*

- ✓ A mes très chers parents, la lumière de ma vie, pour leur amour et soutien durant toute ma vie et en particulier durant toutes mes années étudiantes ;*
- ✓ A mes très chers frères et sœurs ;*
- ✓ A toute ma famille ;*
- ✓ A tous mes enseignants ;*
- ✓ A mes chères amies ;*
- ✓ A tous ceux qui m'ont aidé ;*
- ✓ A mes collègues de promotion Génie Chimique.*

*Oum el kheir Messeguem*

## *Dédicace*

- ✓ *A mes chers parents je vous remercie toujours pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*
- ✓ *A mes très chers frères et sœurs.*
- ✓ *A toute ma famille.*
- ✓ *A tous mes enseignants.*
- ✓ *A mes chères amies.*
- ✓ *A tous ceux qui m'ont aidé.*
- ✓ *A ma promotion Génie des procédés 2018/2019.*

*Je vous remercie*

*Kheira KRADIA*

# *Remerciements*

En premier lieu, je tiens à remercier le DIEU le tout puissant pour m'avoir donné : le courage, la patience et la bonne santé afin de mener ce projet a terme.

Le travail présenté dans ce mémoire est réalisé au département de Génie des Procédés de l'université de Mostaganem, dirigé par Madame H. MERAD DIB, Maitre de conférences B à l'Université de Mostaganem, à qui j'exprime ma profonde gratitude pour tous les conseils et encouragement qu'elle ma prodiguées pendant toute la durée de ce travail.

Je tiens à remercier Madame S. BENDENIA, Professeur à l'Université de Mostaganem, d'avoir accepté de présider ce jury, malgré ses occupations et ses responsabilités.

Je remercie très vivement Madame C. BENDENIA de l'honneur qu'elle me fait en acceptant de juger mon travail.

Que toutes personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance. Enfin je ne pourrais terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants qui sont à l'origine de tout mon savoir.

# Sommaire

Introduction générale	01
<b>Chapitre I : Fonctionnement du complexe GP1/Z)</b>	
<b>I.1</b> Introduction	02
<b>I.2</b> Description du complexe	02
<b>I.2.1</b> Présentation du complexe GP1/Z « JUMBO »	02
<b>I.2.2</b> Principales installations du complexe GP1/Z	04
<b>I.2.3</b> Les utilités et alimentation de l'usine	05
<b>I.2.4</b> Description détaillée des activités et installations	05
<b>I.3</b> Procédé de fabrication	06
<b>I.3.1</b> Section déshydratation	06
<b>I.3.2</b> Section séparation	06
<b>I.3.2.a</b> .Passage par les préchauffeurs	07
<b>I.3.2.b</b> .Fractionnateur	07
<b>I.3.2.c</b> Dé-éthaniseur:	07
<b>I.3.2.d</b> Dépentaniseur:	07
<b>I.3.3</b> .Section réfrigération	07
<b>I.3.4</b> Section d'huile chaude	07
<b>I.3.5</b> Section de stockage des produits	08
<b>I.3.5.1</b> Stockage à température ambiante	08
<b>I.3.5.2</b> Stockage à basses températures	08
<b>I.4</b> Section réfrigération	08
<b>I.4.1</b> Principe	09
<b>I.4.2</b> La capacité de réfrigération	09
<b>I.4.3</b> Les principaux équipements de la section	10
<b>I.4.3.1</b> Les ballons	11
<b>I.4.3.1.a</b> Ballons d'aspiration du compresseur	11
<b>I.4.3.1.b</b> Accumulateur de propane02-V-1009	11
<b>I.4.3.2</b> Les échangeurs de chaleur	11
<b>I.4.4</b> Description du procédé de réfrigération	12
<b>I.4.4.1</b> Circuit de butane commercial	12
<b>I.4.4.2</b> Circuit du propane commercial	12
<b>I.4.5</b> Composition du propane réfrigérant	13

<b>I.5 Conclusion</b>	14
-----------------------	----

## **Chapitre II : les équipements de la torche**

<b>I.1 Introduction</b>	15
<b>II.2 Le torchage dans l'industrie de pétrole et du gaz</b>	15
<b>II.3 Les produits de torchage</b>	15
<b>II.3.1 Combustion complète</b>	16
<b>II.3.2 Combustion incomplète</b>	17
<b>II.4 Impact environnemental</b>	17
<b>II.4.1 L'effet de serre</b>	17
<b>II.4.2 L'échauffement climatique</b>	18
<b>II.5 Section d'huile chaud (Four)</b>	18
<b>II.5.1 Le four de type « 02 H-N501 »</b>	19
<b>II.5.2 Les pompes</b>	19
<b>II.5.3 Les aéro réfrigérants</b>	20
<b>II.5.4.Le ballon d'expansion de type « 02 V- N501 »</b>	20
<b>II.5.5 Le réservoir de stockage d'huile de type « 02 T- N501 »</b>	20
<b>II.5.6 Le ballon tampon de gaz combustible de type « 02 V- N531 »</b>	20
<b>II.6 Présentation du problème</b>	20
<b>II.6.1 L'objet de notre étude</b>	20
<b>II.7 Conclusion</b>	21

## **Chapitre III : Solution proposée**

<b>III.1 L'objectif de l'étude</b>	22
<b>III.2 Généralité des simulations</b>	22
<b>III.2.1 Définition de la simulation</b>	22
<b>III.2.2 Définition de modèle mathématique</b>	23
<b>III.2.3 Choix de logiciel de simulation</b>	23
<b>III.3 Description du Simulateur HYSYS</b>	23
<b>III.3.1 Choix de l'équation d'état</b>	24
<b>III.3.2 Simulation en mode statique</b>	24
<b>III.3.3 Simulation en mode dynamique</b>	24
<b>III.4 Théorie de calcul</b>	24
<b>III.4.1 La masse volumique</b>	24
<b>III.4.2 Nature de l'écoulement</b>	25

<b>III.4.3</b> Pertes de charges	26
<b>III.4.3.1</b> Pertes de charges systématiques ou linéaires	26
<b>III.4.3.2</b> Pertes de charges locales (Singulières)	26
<b>III.4.4</b> Composition des vapeurs récupérées	27
<b>III.5</b> La modification (la réalisation d'une nouvelle ligne)	27
<b>III.5.1</b> Réalisation de la modification	30
<b>III.6</b> Optimisation des paramètres de dimensionnement par logiciel HYSYS	31
<b>III.6.1</b> dimensionnement du RO	31
<b>III.6.1.1</b> Dépressurisation dynamiques	32
<b>III.6.1.2</b> Simulation de l'injection du propane (C <sub>3</sub> )	35
<b>III.7</b> Détermination des pertes de charges par simulation	36
<b>III.8</b> Calcul les pertes de charges	38
<b>III.1</b> La vitesse d'écoulement	39
<b>III.1.a</b> Diamètre	39
<b>III.1.b</b> La masse molaire	39
<b>III.1.c</b> La masse volumique	38
<b>III.8.2</b> Nombre de Reynolds	39
<b>III.8.3</b> Les pertes de charge	39
<b>III.8.3.a</b> La perte de charge totale $\Delta PT$	39
<b>III.8.3.b</b> La perte de charge linéaire	39
<b>III.8.3.c</b> La perte de charge singulière	40
<b>III.9</b> Conclusion	41
Références bibliographiques	42
Annexe 01	43
Annexe 02	44
Annexe 03	45
Annexe 04	46

## Liste des figures

### Chapitre I : Fonctionnement de complexe GP1/Z

Figure I.1 : Les Trains dans Complexe GP1/Z	2
Figure I.2 : le traitement du GPL.	4
Figure I.3 : Procédé de fabrication du complexe GPL1/Z	6
Figure I.4: section l'huile chaud	8
Figure I.5.: un système de réfrigération.	10
Figure I.6: Le cycle thermodynamique.	10
Figure I.7: Section réfrigération	13

### Chapitre II : Les équipements de la torche

Figure II.1 : Combustion complète.	16
Figure II.2: Combustion incomplète	16
Figure II.3:Concentration des principaux gaz à effet de serre.	18

### Chapitre III : Solution proposée

Figure III.1: Ballon <b>HP</b> (Réfrigération)	28
Figure III.2: sortie ballon d'aspiration	29
Figure III.3 : schéma de la modification de l'alimentation du four	30
Figure III.4 : Depressuring dynamique	32
Figure III.5 : Profile dynamique de la dépressurisation cas n°03	33
Figure III.6 : schéma de l'injection C3	35
Figure III.7 : profile de température à l'injection	36
Figure III.8 : profile de perte de charge	37

## Liste des tableaux

Tableau III.1 : Composition du réfrigérant	27
Tableau III.2: spécification des matériaux.	30
Tableau III.3: Cas n°01 pour RO=13mm	33
Tableau III.4: Cas n°01 pour RO=21mm.	34
Tableau III.5: Cas n°01 pour RO=17mm.	34
Tableau III.6 :Cas01 pour RO=13mm	35
Tableau III.7 :Cas01 pour RO=17mm	35
Tableau III.8 :Cas01 pour RO=21mm	35

## Introduction générale

Les branches de l'industrie sont nombreuses, et parmi elles, celle des hydrocarbures dont la matière de base est le pétrole ainsi que le gaz, ces derniers sont les plus répandus et seuls capables de satisfaire l'accroissement du besoin mondial en énergie.

Le pétrole et le gaz sont les richesses naturelles les plus importantes de notre pays. Le gaz pétrole liquéfié connu sous le terme de **GPL**, dont l'Algérie est l'un des leaders producteurs exportateurs dans le monde, est un produit de moindre coût d'exploitation par rapport à d'autres sources d'énergies et qui réduit la pollution. Il est très demandé dans le marché mondial des combustibles (la production mondiale en **GPL** est estimée à **223** millions tonnes en **2010**).

Soucieux d'une crise énergétique à l'avenir, le complexe **GP1/Z** vise à lutter contre toute forme de gaspillage d'énergie. Le principe de notre travail consiste à estimer la quantité de propane torché lors du démarrage de la section de réfrigération et à étudier la possibilité de récupérer cette quantité de matière.

Le principe de notre travail, qui s'inscrit dans le cadre de la période de stage, consiste à estimer la quantité de propane torché lors du démarrage de la section réfrigération et à étudier la possibilité de récupérer cette quantité de matière. Du fait lors du redémarrage de la section de réfrigération la procédure exige une pression inférieure à  $3\text{kg/cm}^2$  dans les ballons d'aspiration. Vu la différence de pressions à inférieure des ballons au moment du déclenchement d'où la nécessité de torcher un certain volume de vapeur des ballons afin de dépressuriser.

Ce mémoire est structuré en 3 chapitres :

Dans le premier, on présente une description générale du complexe **GP1/Z** en détaillant la section réfrigération concernée par le torchage du propane.

Le second chapitre traite des équipements du torchage et partie four.

Dans le troisième chapitre nous proposons de récupérer les gaz torchés vers l'alimentation des fours lors du démarrage de section de réfrigération. Par le calcul des pertes de charge et la simulation des paramètres par le logiciel Hysys.

# Chapitre I

Fonctionnement du complexe

GP1/Z

## **I.1. INTRODUCTION :**

Notre stage pratique s'est déroulé au niveau complexe GP1/Z au département de production. Nous avons eu aussi des éclaircissements sur le mode de fonctionnement de ce département et autres service du complexe. Cela nous a permis d'acquérir des connaissances expérimentales très importantes et de compléter nos connaissances théoriques acquises durant notre cursus.

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. Notre travail consiste à estimer la quantité de propane torché lors du démarrage de la section de réfrigération et à étudier la possibilité de récupérer cette quantité de matière.

Dans ce chapitre on va présenter le complexe GP1/Z et détailler la section de réfrigération.

## **I.2. DESCRIPTION DU COMPLEXE :**

### **I.2.1. Présentation du complexe GP1/Z « JUMBO » :**

L'objectif du complexe GP1/Z dit JUMBO, est de traiter le mélange brut GPL afin de produire du propane et du butane commercial.

Le complexe GP1/Z d'une superficie de 120 hectares, est situé dans la zone industrielle d'ARZEW, entre la centrale thermique (MERS EL HADJAJ) à l'EST et le complexe GL/Z à l'OUEST, entre la mer méditerranée et la route nationale N°1.1.

L'organisation du complexe GP1/Z est étudiée de façon à avoir une coordination complète entre les différentes structures de l'usine afin de permettre une exploitation optimale des ressources disponibles. Le suivi est assuré par quatre équipes dont une au repos ainsi que par le personnel de maintien travaillant en journées normales. La Figure I.1 présente les différents trains dans Complexe GP1/Z. Et la figure I.2 regroupe les différentes étapes de traitement de GPL.



*Figure I.1 : Les Trains dans Complexe GP1/Z.*

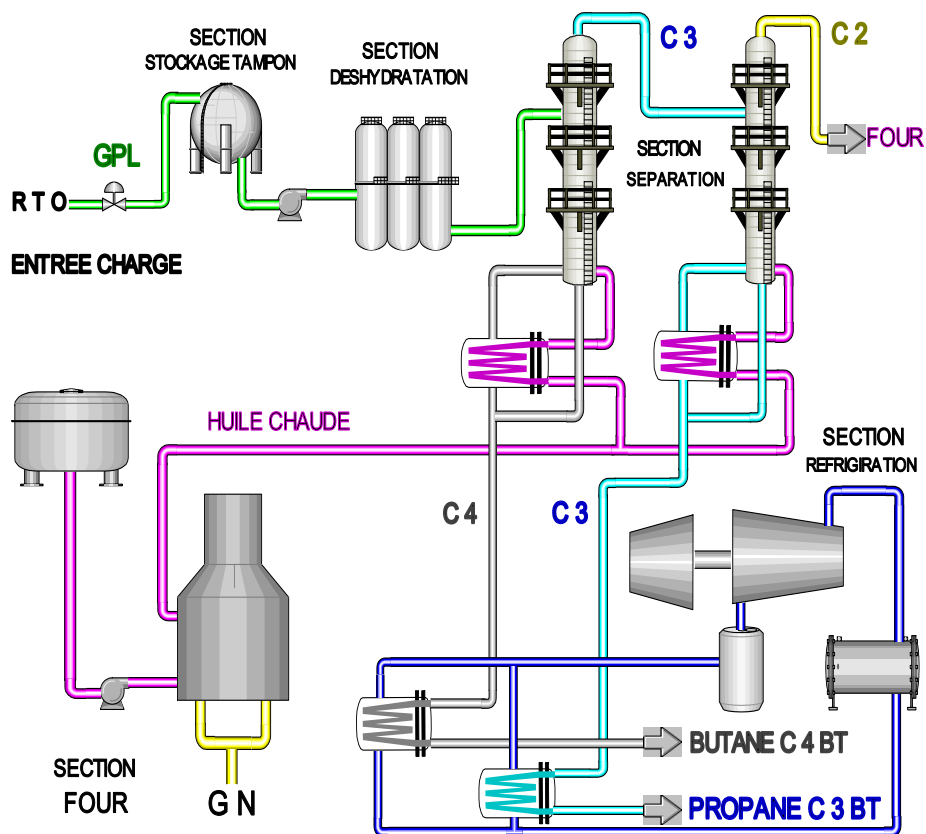


Figure I.2 : le traitement du GPL.

### I.2.2 .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 reliquéfaction 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.2.3. Les utilités et alimentation de l'usine :**

L'usine reçoit son alimentation de GPL des sources suivantes : Hassi Messaoud, Hassi R'mel, Adrar, In amenas, Tinfouye TabanKort (TFT), 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, butane commerciaux et pentane.

Les utilités disponibles dans le complexe sont :

- Energie électrique.
- Gaz naturel.
- Azote.
- Vapeur.
- Air.
- Eau.
- Méthanol.

### **I.2.4. Description détaillée des activités et installations :**

Le découpage fonctionnel se présente comme suit :

- Section d'arrivée et de stockage de la charge.
- Section de déshydratation.
- Section de séparation.
- Section de réfrigération de propane et butane .
- Four.
- Bacs de stockage produits finis réfrigérés.

- Stockage produits finis sphères sous pression et chargement camion.
- Récupération de BOG (boil off gaz) ou gaz d'évaporation.
- Chargement navires.
- Utilité : chaudière, circuit GN, systèmes torches et blow down, stockage diesel, etc.

### I.3. PROCEDE DE FABRICATION :

Le GPL venant de l'extérieur est stocké dans 22 réservoirs sphériques dans la section de stockage de la charge, ensuite le GPL brut est acheminé vers les 9 trains identiques installés en parallèle. Chaque train est conçu de manière à produire 1 million de tonnes/an et comprend les sections suivantes. La Figure I.3 représente un schéma simplifié de procédé de fabrication.

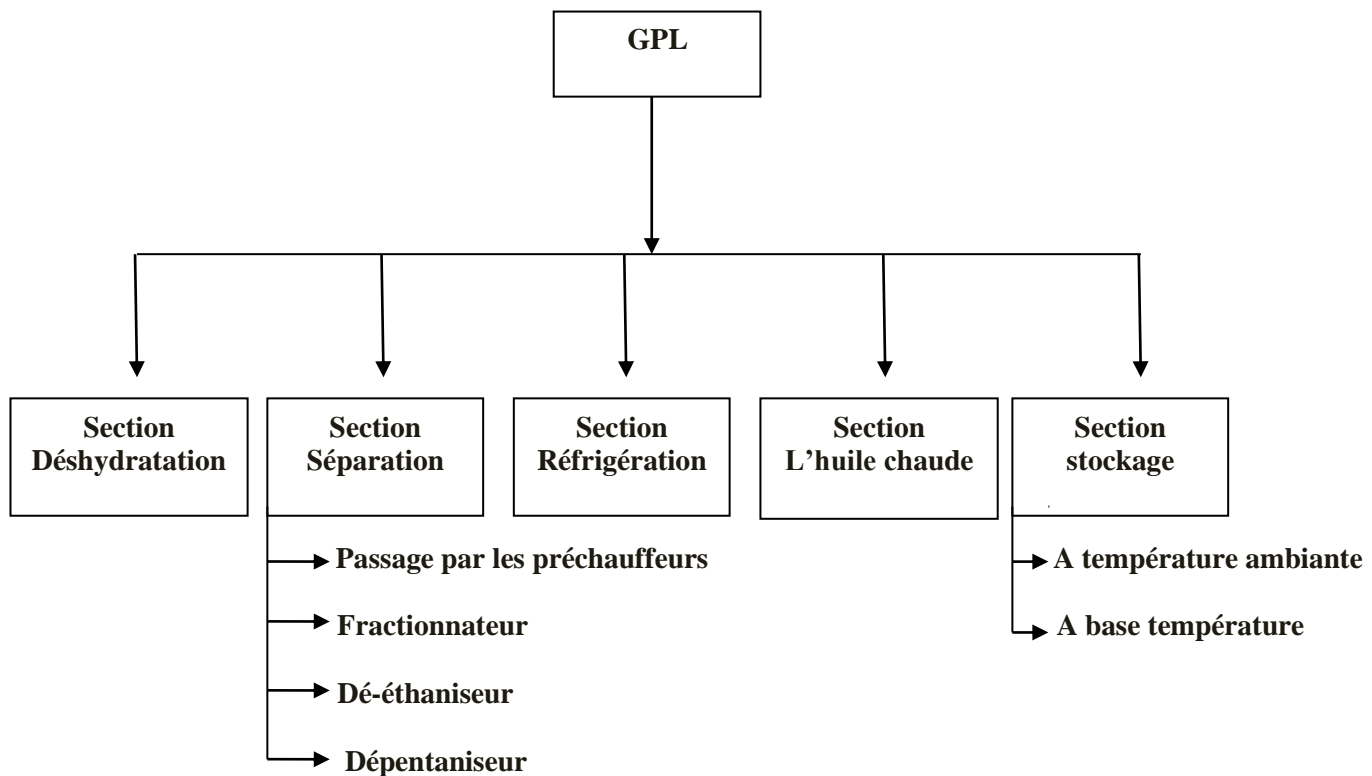


Figure I.3 : Procédé de fabrication du complexe GPL1/Z.

#### I.3.1 Section déshydratation :

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

### **I.3.2 Section séparation :**

Le GPL provenant de la section déshydratation est introduit dans le fractionnateur à un débit nécessaire de telle manière à obtenir la quantité requise de produits.

#### **1.3.2.a .Passage par les préchauffeurs :**

Le GPL déshydraté entre dans le fractionnateur à une température 71°C après un passage par trois préchauffeurs.

#### **I.3.2.b .Fractionnateur:**

C'est une colonne de fractionnement équipée de 55 plateaux à clapets. C'est dans cette colonne que l'on effectue la récupération de l'éthane et du propane en tête, tandis que le butane et le pentane seront récupérés au fond. Le produit de tête du fractionnateur est envoyé vers le dé-éthaniseur au moyen d'une pompe de reflux qui assure en même temps la charge de dé-éthaniseur et le reflux du fractionnateur. Le butane sortant du fond est dirigé vers la section de réfrigération.

#### **I.3.2.c Dé-éthaniseur:**

C'est une colonne de fractionnement équipée de 25 plateaux à clapets. Cette colonne est utilisée pour l'élimination de l'éthane contenu dans le propane, l'éthane sort en tête et le propane sort au fond de la colonne.

#### **I.3.2.d Dépentaniseur:**

C'est une colonne de fractionnement équipée de 50 plateaux à clapets. Cette colonne est utilisée pour éliminer le pentane contenu dans le butane et ceci selon la teneur en pentane de la charge d'alimentation, elle fonctionne seulement si la teneur en butane dans la charge dépasse 10%.

### **I.3.3. Section réfrigération :**

La section de réfrigération Sera détaillée dans le paragraphe suivant.

### **I.3.4 Section d'huile chaude :**

La section du fluide caloporteur est utilisée comme source de chaleur pour les rebouilleurs des colonnes de fractionnement et pour le préchauffeur final de la charge et le fluide caloporteur circulant dans la boucle est l'huile TORADA TC 32.Cette section est schématisé sur la figure I.4.

Le four (H-X501) fournit également la chaleur nécessaire au gaz naturel pour la régénération des tamis moléculaire de la section déshydratation tout en chauffant ce dernier dans un petit serpentin de la section de convection à une température constante de 280°C à un débit de 2000 Nm<sup>3</sup>/h.

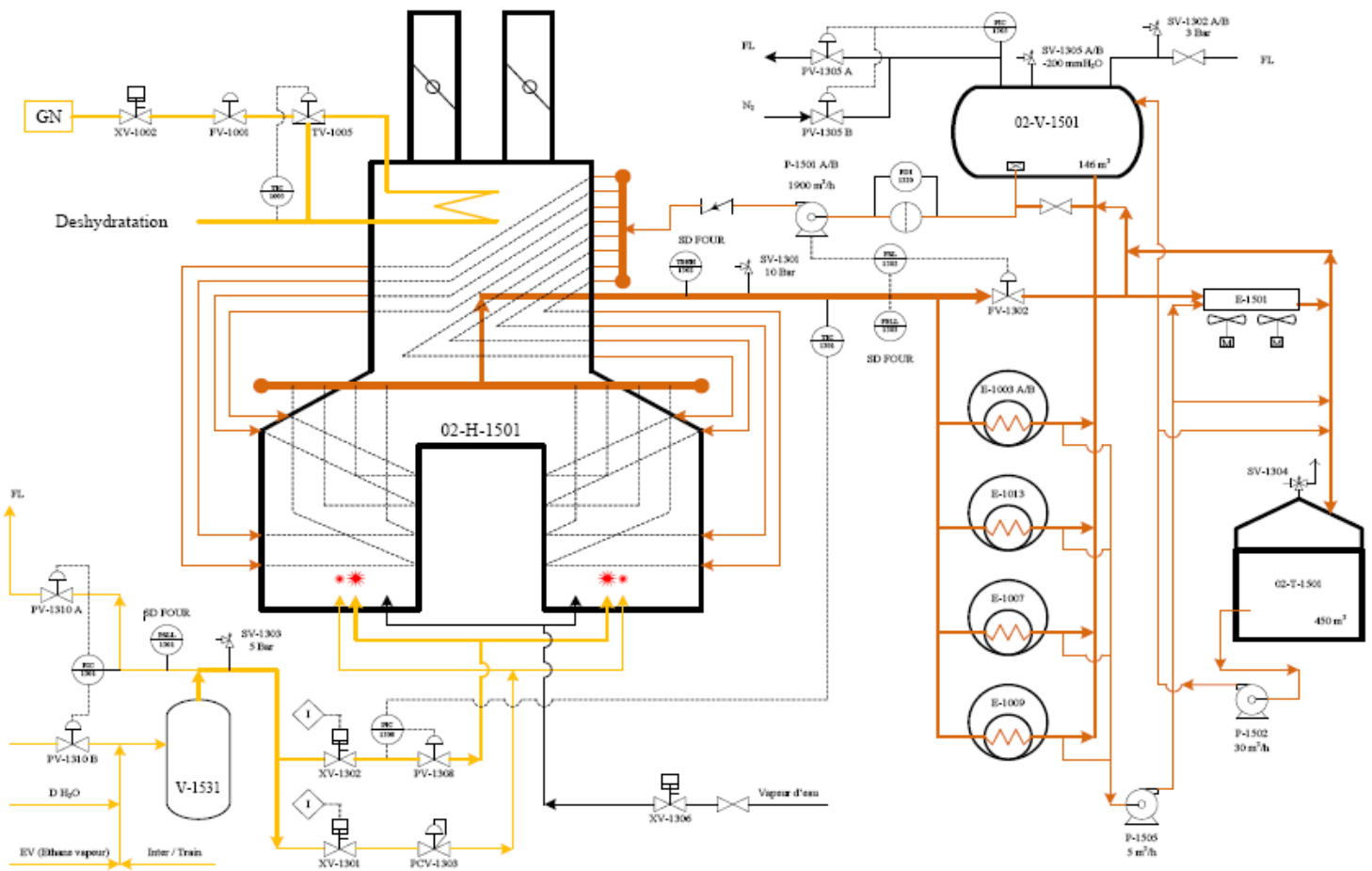


Figure I.4: section l'huile chaude.

### I.3.5 Section de stockage des produits :

Il existe deux types de stockage celui à température ambiante et celui à basse température.

#### I.3.5.1 Stockage à température ambiante:

Prévu pour la commercialisation du gaz à l'échelle nationale ; le chargement des camions se fait à partir des 4 sphères ayant une capacité de 500 m<sup>3</sup> chacune dans lesquelles sont stockés le propane et le butane sous pression.

#### I.3.5.2 Stockage à basses températures:

Les gaz réfrigérés sont véhiculés aux bacs où ils seront stockés dans les conditions de basse température sachant que la capacité de chacun est 70.000 m<sup>3</sup> et sont munis de pompes immergées pour la circulation du gaz et le chargement se fera dans des navires.

## I.4. SECTION REFRIGERATION :

Le but de la section de réfrigération est de refroidir les produits finis dans la section de séparation, à leurs température de stockage  $-42^{\circ}\text{C}$  pour le propane et  $-9^{\circ}\text{C}$  pour le butane. Mais aussi pour assurer le service de condensation nécessaire pendant le fonctionnement du dé-éthaniseur. La totalité des frigories est fourni par une boucle fermée de propane réfrigérant. Le propane utilisé comme fluide réfrigérant est fournis à ces refroidisseurs et au condenseur du dé-éthaniseur . Les vapeurs qui en résultent sont comprimés en trois étages, condensées puis reprises par les utilisateurs, sous forme d'une seule boucle fermée de réfrigération.

### I.4.1 Principe :

La réfrigération dans le système propane est produite par la détente isenthalpique du propane liquide schématisé sur la figure I.5, quand la pression du propane liquide décroît, une partie du liquide est vaporisée. Cette vaporisation exerce un effet de refroidissement sur le résidu réfrigérant, puisque le propane circulant est de composition pur, la température de saturation du réfrigérant dépend directement de la pression opératoire, ainsi à chaque niveau de réfrigération de propane correspondent une température et une pression donnée. La chaleur est transférée par ce procédé au réfrigérant propane par ébullition isotherme du réfrigérant dans le coté calandre de l'échangeur approprié, à l'ébullition le réfrigérant absorbe la chaleur.

La figure I.6 représente un cycle de principe de réfrigération avec :

- ❖ **H<sub>b</sub>** : chaleur du réfrigérant quittant le chiller.
- ❖ **H<sub>c</sub>**: chaleur du réfrigérant quittant le compresseur.
- ❖ **H<sub>e</sub>**: chaleur du réfrigérant entrant dans le chiller.

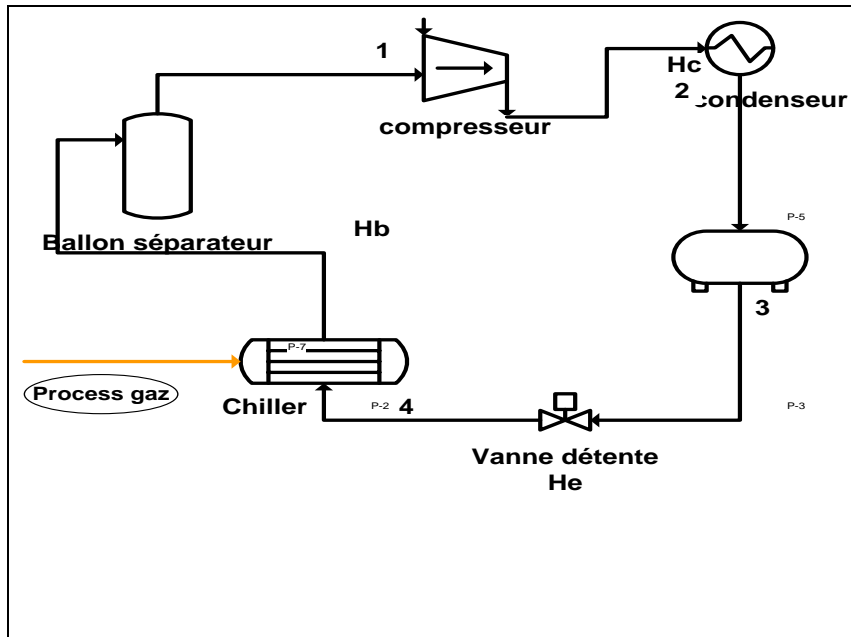


Figure I.5.: un système de réfrigération.

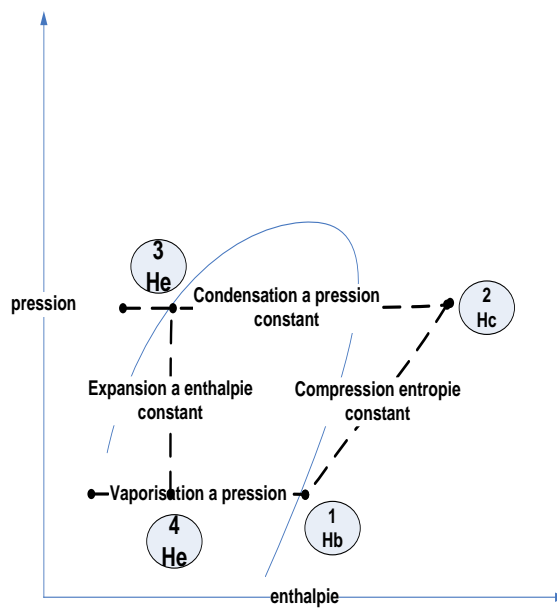


Figure I.6: Le cycle thermodynamique.

#### I.4.2 La capacité de réfrigération :

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

Le propane et butane produits par la section de séparation sont pré-refroidis à **43°C** par des aéro-réfrigérants et envoyés dans la section de réfrigération, le propane produit est refroidi à **-38°C** et finalement refroidi par détente dans le ballon de propane à la température d'équilibre sous la pression opératoire de **1,18 kg /cm<sup>2</sup>** absolue, le butane produit étant lui refroidi au maximum à **-19°C**.

#### **I.4.3 Les principaux équipements de la section :**

##### **I.4.3.1 Les ballons :**

##### **I.4.3.1.a. Ballons d'aspiration du compresseur :**

Ils sont de trois types suivants :

**02-V-1006** : ballon haute pression noté HP.

**02-V-1007** : ballons moyenne pression noté HM.

**02-V-1008** : ballons basse pression noté BP.

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

##### **I.4.3.1.b. Accumulateur de propane 02-V-1009 :**

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

##### **I.4.3.2. Les échangeurs de chaleur:**

Il existe de plusieurs types citons :

- Refroidisseurs de propane :( **E-1021, E-1022, E-1023**).
- Refroidisseurs de butane :( **E-1024, E-1025, E-1026**).
- Condensateur de propane: (**E-1027**): assure la condensation des vapeurs du propane réfrigérant provenant du compresseur.

#### **I.4.4. Description du précède de réfrigération :**

Cette section est alimentée en butane et propane, produits de sortie de la section de séparation.

##### **I.4.4.1. Circuit de butane commercial:**

Le butane produit est refroidi dans l'aéro-réfrigérants **E-1012** avant de parvenir dans la section de réfrigération. Lors de son passage dans la section, le butane commercial est d'abord refroidi dans le refroidisseur primaire **E-1024** associé au ballon **HP** du réfrigérant. Le butane passe par le compresseur **E-1024** dans le refroidisseur secondaire **E-1025**, Ou il est refroidi à **-4°C** par le propane réfrigérant de l'étage moyenne pression **HM** de la boucle de froid. Le butane s'écoule vers les refroidisseurs **E-1025** et **E-1026** associé à l'étage **BP** de la boucle de froid.

##### **I.4.4.2. Circuit du propane commercial:**

Le propane commercial sortant de la section de séparation est refroidit dans l'aéro-réfrigérants **E-1011** avant de parvenir dans La section de réfrigération

Le propane entrant dans la section est d'abord refroidi à **21°C** par le refroidisseur primaire de propane **E-1021** associe à l'étage **HP** du circuit réfrigérant.

Le propane pré- refroidi entre alors dans l'unité de garde de la section de déshydratation (sécheur de garde), pour assurer un séchage complet du produit à **1 ppm**, avant de pénétrer dans la section froide de l'unité.

A la sortie de l'unité de garde, le débit de propane est mesuré par le contrôleur du débit du produit réfrigéré, asservi au niveau dans le fond du dé-éthaniseur, avant d'entrer dans le refroidisseur secondaire **E-1022** (associé à l'étage moyenne pression de la boucle de froid, et refroidit le propane produit à **-4°C**. De **E-1022**, le propane passe dans le refroidisseur final **E-1023** où il est refroidi à la température la plus basse de **-38°C**.

A la sortie de **E-1023**, le débit de commercial produit est étranglé par la vanne de contrôle de débit du produit refroidi qui maintient une contre – pression suffisant dans la

ligne, afin d'éviter une détente prématurée du produit celle-ci se faisant dans le ballon de détente de propane V-1013.

Le transfert du propane commercial vers la section de stockage sous pression, se fait aussi à la sortie de l'unité de déshydratation de garde. Le propane est soutiré d'une manière intermittente sous contrôle de débit.

#### I.4.5 Composition du propane réfrigérant:

Les teneurs en éthane et en butane contenus dans le réfrigérant sont respectivement prévus à 1% et 0.18% molaire pour le compresseur. Les teneurs en éthane: inférieur à 4.8% molaire. Les teneurs en éthane: inférieur à 2.2% moléculaire. L'éthane, l'impureté légère est purgé automatiquement par le récupérateur de propane installé sur le réservoir à propane, tandis que le butane, l'impureté lourde n'est éliminé que par l'opération de vide-vite (évacuation partielle). La figure I.7 représente un schéma récapitulatif de la section de réfrigération.

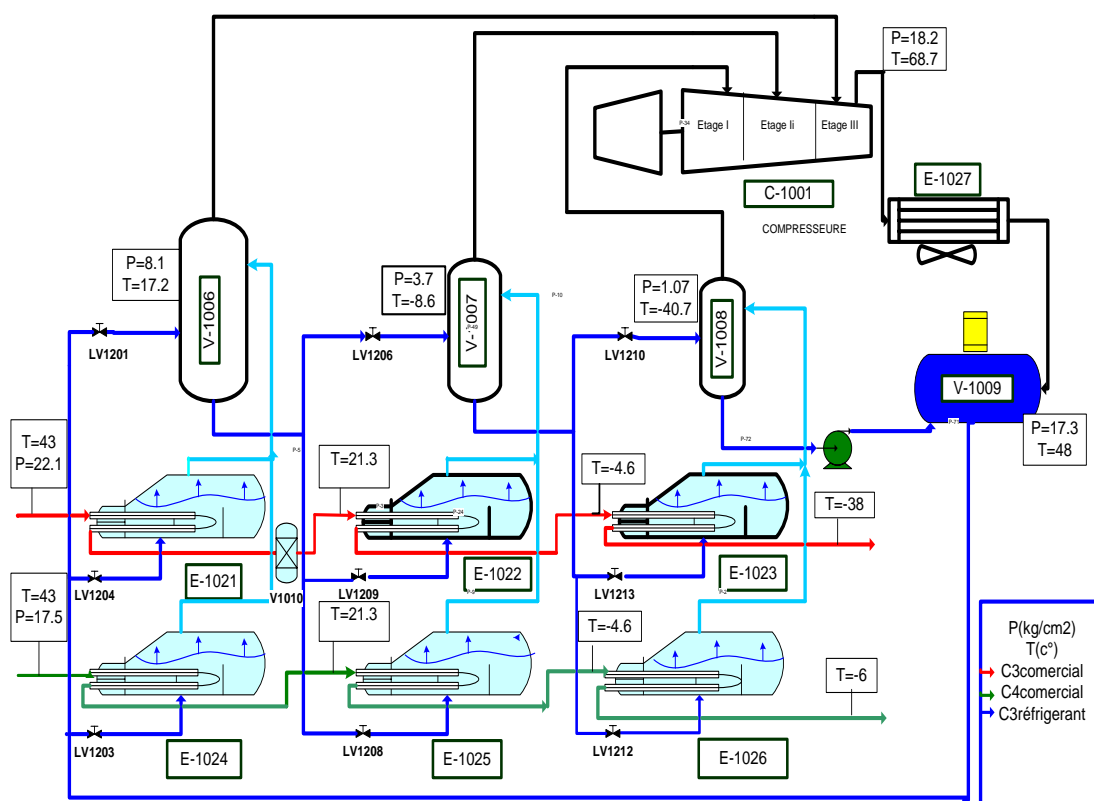


Figure I.7: Section réfrigération

## **I. 5.CONCLUSION :**

Dans ce chapitre on a cité les différents fonctionnements du complexe GP1Z .Nous nous intéressons plus particulièrement par les procédés de fabrication au niveau de la section de réfrigération.

Durant notre stage, nous avons essayé de comprendre le fonctionnement de la section de réfrigération et situé notre problématique, puisque l'envoi des gaz vers les torches se fait à partir de cette section. Nous devons par la suite trouver une solution pour récupérer les gaz sans l'envoyer vers torche.

# **Chapitre II**

Les équipements de la torche

## **II.1. INTRODUCTION :**

Depuis les années soixante-dix, Sonatrach s'est fixé un objectif de réduire les gaz associés torchés, Aujourd'hui après la prise de conscience officiellement entérinée par 182 pays, dont l'Algérie, au sommet de Rio de Janeiro, en 1992. SONATRACH ne conçoit pas de développement économique sans un développement durable. Des investissements considérables ont été consentis pour la récupération des gaz torchés aussi bien au niveau des champs de production que des complexes de liquéfaction et des raffineries.

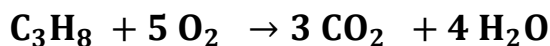
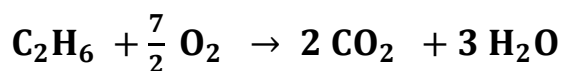
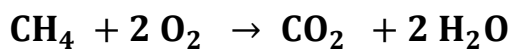
## **II.2. LE TORCHAGE DANS L'INDUSTRIE DU PETROLE ET DU GAZ :**

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 (gaz de pétrole liquéfié)**. C'est aussi la méthode habituellement utilisée pour l'élimination des gaz inflammables inutilisables, elle est utiliser pour dépressuriser un équipement ou une section de traitement des gaz pendant les activités normale d'entretien ainsi en cas d'arrêt d'urgence ou lors d'un démarrage.

## **II.3. LES PRODUITS DU TORCHAGE :**

En théorie, la combustion complète d'hydrocarbures purs ne produit que de l'eau, du gaz carbonique et de l'azote. Toutefois, les modèles de torches peu efficaces ne brûlent pas tout le gaz et ils rejettent, avec le gaz carbonique, des hydrocarbures non brûlés et du monoxyde de carbone.

### **II.3.1. Combustion complète :**



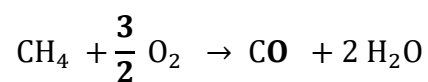
La torche effectuant une combustion complète est illustré sur la figure II.1.



*Figure II.1 : Combustion complète.*

### **II.3.1. Combustion incomplète :**

La combustion incomplète est le cas du torchage lors des d'arrêts et des démarrages ou pendant les déclenchements, la charge du gaz sera importante ; donc la combustion sera incomplète ce qui donne le monoxyde de carbone (CO) et les vapeurs d'eau (H<sub>2</sub>O) comme produits, selon la réaction suivante :



La torche effectuant une combustion incomplète est exposé sur la figure II.2.



*Figure II.2: Combustion incomplète.*

## **II.4. IMPACT ENVIRONNEMENTAL :**

Le torchage qui est un gaspillage d'une source non renouvelable présente un problème environnemental, tel que la pollution atmosphérique, le bruit, les odeurs, les fumées ce qui produit une nuisance à la qualité de vie. Cela influe sur l'échauffement planétaire dû aux émissions des produits de combustion qui contribuent à la hausse de la concentration des gaz à effet de serre.

### **II.4.1. L'effet de serre :**

Il existe au sein de notre atmosphère des gaz dits "gaz à effet de serre", présents en petite quantité, et qui jouent exactement le même rôle que les vitres de la serre pour notre planète. Ils n'empêchent pas la lumière du soleil d'arriver jusqu'à nous, mais font office de couverture en empêchant l'énergie que nous recevons du soleil de repartir trop vite vers l'espace. Les deux gaz à effet de serre les plus importants (mais il y en a d'autres) sont parfaitement naturels sont:

- ✓ La vapeur d'eau, qui occupe 2 à 3% de l'atmosphère,
- ✓ Le gaz carbonique, qui occupe actuellement 0,035% de l'atmosphère.

Sans effet de serre, la surface terrestre aurait une température moyenne de  $-15^{\circ}\text{C}$  plutôt que de  $+15^{\circ}\text{C}$ , rendant dans ce cas, notre planète tout à fait inhospitalière pour la vie.

Le danger qui est désigné par le terme "effet de serre" correspond à un abus de langage. Il faut lui préférer le terme de "réchauffement climatique". Ce qui est dangereux n'est pas le phénomène en lui-même, parfaitement naturel et essentiel à notre existence, mais sa modification faite par l'homme. La figure II.3 schématise la composition des principaux gaz à effet de serre.

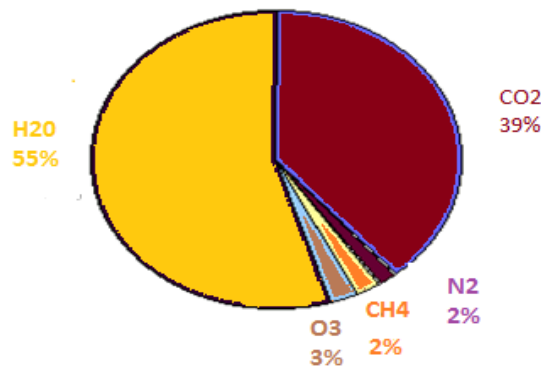


Figure II.3: Concentration des principaux gaz à effet de serre.

#### II.4.2. L'échauffement climatique:

En réponse de l'augmentation de l'effet de serre, l'énergie de ces infrarouges retenus prisonniers va chauffer le système atmosphérique et la surface terrestre. De ce fait la Terre va rayonner de plus en plus d'énergie (la quantité d'énergie rayonnée augmente avec la température); conduisant au changement climatique et météorologique (températures, configuration des vents, la quantité et le type précipitation.....) qui peuvent avoir de nombreuses conséquences sur les écosystèmes naturel.

Le réchauffement planétaire est responsable de plusieurs catastrophes naturelles, nous citerons quelque exemple de ces situations:

- ✓ La hausse du niveau des mers et des océans qui risquerait de noyer les îles de basse altitude et les villes côtières ;
- ✓ Le changement des quantités et période des les précipitations ;
- ✓ La fonte prématurée des glaciers et la banquise arctique ;
- ✓ La multiplication des événements de temps extrême.

#### II.5. Section d'huile chaude (Four) :

Cette section à pour But de réchauffer l'huile TORADA T.C (Fluide Caloporteur) à une Température de 180°C pour alimenter les utilisateurs en huile chaude par des pompes centrifuges fonctionnant par intermittence (une en marche et l'autre en stand-by en position auto).

Chaque utilisateur reçoit l'apport calorifique nécessaire qu'il lui faut, suivant la

demande du procédé de séparation de manière à maintenir la température voulue qui est fixée dans chaque section au plateau sensible de chaque colonne, et éviter ainsi toute influence ou perturbation qui peut être causée par les variations saisonnières de la température ambiante.

Pour obtenir un fonctionnement stable du système et pour ne pas perturber les paramètres de températures des colonnes, il faut que le contrôleur de débit de circulation d'huile chaude (FIC-N302) soit majoré par rapport au débit total des utilisateurs de 10 à 15%.

#### **II.5.1. Le four de type « 02 H-N501 » :**

Le four thermique de type « 02 H-N501 » a une capacité de  $47.37.10^6$  Kcal/h qui est nécessaire pour le réchauffage de l'huile et du gaz naturel de Régénération (venant de Régénération) aux températures requises.

Ce four est composé des équipements suivants :

- Deux chambres de combustion appelées (zones de radiation) ;
- Deux cheminées munies chacune d'un registre réglable et d'un indicateur de tirage du courant d'air de combustion ;
- Une chambre intermédiaire appelée (zone de convection) ;
- Une pipe d'huile avec 8 passes d'entrées four via un manifold ;
- Une pipe de sortie d'huile via un manifold ;
- Une conduite vapeur d'eau pour décokage ;
- Une conduite de sortie vapeur d'eau vers cheminée (Atmosphère) ;
- Une conduite vapeur d'eau pour balayage et/ou étouffement de la flamme ;
- Une conduite d'alimentation GN pour brûleurs ;
- Une conduite d'alimentation GN pour pilotes.

#### **II.5.2. Les pompes :**

Il existe trois types de pompes dans la section de l'huile chaude :

- La pompe de circulation d'huile chaude de type « **P-N501A/B** » avec un débit égal à  $1900 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- La pompe d'alimentation d'huile de type « **P-N502** » a un débit égal à  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- La pompe de vidange d'huile de type « **P-N505** » avec un débit égal à  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### **II.5.3. les aéro réfrigérants :**

Un aéro-réfrigérant est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique du fluide interne vers l'air extérieur on utilise cette méthode pour refroidir un liquide ou pour condenser et refroidir un gaz.

L'aéro réfrigérant **E-N501** utilisé pour le refroidissement d'huile de 180°C à 90°C à un débit de 60 m<sup>3</sup>/h.

### **II.5.4. Le ballon d'expansion de type « 02 V- N501 » :**

C'est le ballon central de la section d'huile chaude d'un volume de 146 m<sup>3</sup> servant à maintenir l'inventaire d'huile circulant en circuit fermé dans la conduite de départ (22''HO-N805 D1X) et la conduite de retour (22'' HO-N801 D1X).

Sa pression de service est de 1 Kg/cm<sup>2</sup> qui est maintenue et contrôlée en Split Range par le (PIC-N305) actionnant l'ouverture de la vanne PV-N305A pour décharger la surpression vers torche et l'ouverture de la PV-N305B pour pressuriser le ballon par N2 en cas de dépression.

### **II.5.5. Le réservoir de stockage d'huile de type « 02 T- N501 » :**

Ce réservoir a une capacité de 450 m<sup>3</sup> qui est maintenu sous pression maximale valant 120 mmH<sub>2</sub>O, par une couverture d'Azote à l'aide d'un ensemble de PCV (pression contrôle vanne) auto régulant et d'une soupape au sommet. Il sert à alimenter le ballon d'expansion de type « 02 V-N501 » en huile par la P-N502 en cas de chute de niveau dans ce dernier.

### **II.5.6. Le ballon tampon de gaz combustible de type « 02 V- N531 » :**

Ce ballon tampon sert à approvisionner le four en gaz combustible en provenance des différentes sources citées si dessus, à une pression de 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> (noté phase 1) et 3 Kg/cm<sup>2</sup> (noté phase 2). Cette pression est réglée à l'aide du Split Range (PIC-N310) qui actionne l'ouverture de la vanne PV-N310A pour décharger le surplus de pression vers la torche « HP », ou bien l'ouverture de la vanne PV-N310B pour l'admission du gaz naturel.

## **II.6. PRESENTATION DU PROBLEME :**

### **II.6.1. L'objet de notre étude:**

Depuis la nationalisation des hydrocarbures, SONATRACH a connu un développement spectaculaire tant de la diversité que dans la capacité de ses activités, ce qui constitue un important motif de fierté du pays. Soucieux d'une crise énergétique à l'avenir, le complexe GP1/Z vise à lutter contre toute forme de gaspillage d'énergie. De ce fait, réduire les gaz torchés afin de préserver l'environnement et augmenter le manque a gagné en trouvant

des solutions techniques favorables reste l'une des grandes préoccupations de l'entreprise.

Au cours du démarrage de la section de réfrigération une quantité considérable de propane réfrigérant est brûlée, cette situation a incité les exploitants à pousser les recherches pour trouver le moyen de minimiser cette perte. Tel que l'utilisation d'une ligne BOG (boil off gas).

Le principe de notre travail consiste à estimer la quantité de propane torché lors du démarrage de la section de réfrigération après un arrêt et à étudier la possibilité de récupérer cette quantité de matière. Par conséquent, un investissement est nécessaire pour la mise en œuvre de notre solution proposée, l'estimation des coûts et la faisabilité de la récupération fera l'objet de notre étude technico-économique.

## **II.7. CONCLUSION :**

Rappelons que le torchage, est habituellement considéré comme une façon à la fois sûre et efficace de se débarrasser du gaz inutilisables, et aussi utiliser pour dépressuriser un équipement ou une section de traitement des gaz pendant les activités normale d'entretien ainsi en cas d'arrêt d'urgence ou lors d'un démarrage. Dans le but de réduire le torchage afin de préserver l'environnement et d'optimiser la consommation énergétique du complexe GP1Z, une option de récupération a été envisagé.

# **Chapitre III**

Solution proposée

### **III.1. OBJECTIF DE L'ETUDE :**

Lors du redémarrage de la section de réfrigération la procédure exige une pression inférieure à  $3\text{kg/cm}^2$  dans les ballons d'aspiration, la procédure décrite dans le chapitre I, vu la différence des pressions à l'intérieur des ballons au moment du déclenchement il est nécessaire de torcher une quantité de propane des ces ballons afin de les dépressuriser, et lancer la démarche du redémarrage. L'objectif de notre étude est de minimiser le gaspillage d'énergie et de récupérer cette quantité torchée. Pour cela on récupère cette quantité en l'envoyant sur le collecteur inter-ballon des Fours par l'utilisation d'une nouvelle ligne de 2'' dotée d'un RO (Orifice de restriction) , une vanne d'isolement (à Globe) et un clapet anti-retour

### **III.2. GENERALITE DES SIMULATION :**

De nos jours, vu le développement considérable des logiciels informatiques, la simulation est devenue un outil de travail indispensable pour l'ingénieur de génie chimique. Ces derniers sont considérés comme des modèles de connaissance et ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibres. Les simulateurs des procédés chimiques utilisés classiquement dans l'industrie thermodynamiques sont aptes à fournir des informations de base pour la conception des procédés et sont principalement utilisés pour la conception de nouveaux procédés afin de les optimiser et évaluer les changements à effectuer sur les conditions opératoires.

Il existe un très grand nombre de logiciels de simulation des procédés chimiques sur le marché. Les simulateurs industriels les plus connus et utilisés mondialement sont :

- Aspen Plus (Aspen Technologies).
- Design II (deWinSim).
- HYSYS, Prosim, (Hyprotech).
- PRO/II (Simulation Sciences).

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

#### **III.2.1.Définition de la Simulation:**

La simulation est l'utilisation d'un modèle ou d'un ensemble de modèles mathématiques adéquats pour étudier le comportement d'un système physique. Elle nous fournit un bon aperçu du système à étudier et de ses caractéristiques les plus importantes sans

intervenir sur le procédé réel.

### **III.2.2. Définition du modèle mathématique :**

Un modèle mathématique est un ensemble d'équations qui décrivent le comportement d'un système à étudier tel que : opération unitaire, séparation de phases, extraction, transfert de chaleur...etc.. Ces équations sont souvent des relations de conservation de masse, d'énergie, de quantité de mouvement et d'équilibre thermodynamique. En utilisant cet aspect mathématique de raisonnement, la simulation offre un avantage majeur et important, car elle fournit une bonne approche du comportement du système réel.

### **III.2.3. Choix de logiciel de simulation :**

Pour étudier un système et ses paramètres par simulation, le choix du logiciel est une étape importante. Cela repose sur les caractéristiques de fonctionnement et de réalisations que doit contenir le logiciel à savoir :

Le fonctionnement d'un procédé doit effectuer les choses suivantes :

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

Et pour la réalisation de celle-ci, un simulateur doit contenir :

- Une bibliothèque de modèle de calcul des propriétés physiques et thermodynamiques des corps purs et des mélanges, couplée à une banque de données de corps purs.
- Une bibliothèque de modules standards de simulation des opérations unitaires les plus couramment présentés dans un procédé de fabrication.
- Une bibliothèque de modules de méthodes numériques algébriques.
- Une bibliothèque de modules de génération de diagnostics.

Pour la suite nous avons utilisé le logiciel Hysys pour l'étude de notre.

### **III.3. Description du Simulateur HYSYS :**

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

Les ingénieurs engagés dans le domaine de design utilisent le logiciel **HYSYS** pour faire des calculs rapides en utilisant des modèles efficaces et des techniques optimales.

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

- Des calculs rapides de différents designs pour s'assurer que les équipements du procédé sont correctement spécifiés afin de délivrer les caractéristiques du produit voulu aux rendements de la production désirés.
- Création de modèles qui peuvent être appliqués durant le fonctionnement de l'unité à partir du design de conception jusqu'aux détails.

### **III.3.1. Choix de l'équation d'état :**

La simulation peut se faire en mode statique (steady state) ou mode dynamique, en se basant sur l'équation d'état utilisé pour les mélanges liquide vapeur et qui est recommandée pour les hydrocarbures Peng Robinson de forme :

$$P = [R \times T / (V - b)] - (a \times \alpha / [V (V + b) + b (V - b)]) \text{ [Kg. Cm}^{-2}\text{]}$$

Avec :

**P** : Pression exprimé en (Kg. Cm<sup>-2</sup>) ;

**R** : Constant des gaz parfait qui a pour valeur 8,314 Kj. Kmol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> ;

**T** : Température exprimé en (K) ;

**V** : Volume exprimé en (m<sup>3</sup>).

La simulation peut se déroule sous deux mode le statique et le dynamique.

### **III.3.2.Simulation en mode statique :**

En simulation statique on utilise le segment pipe qui fournit une estimation rigoureuse de pertes de charges et des transferts de chaleur.

### **III.3.3. Simulation en mode dynamique :**

Pour avoir un profil réel sur le déroulement de la dépressurisation du ballon tampon tout en récupérant les vapeurs du propane une simulation en mode dynamique s'impose.

## **III.4.THEORIES DE CALCULS :**

Durant notre étude nous avons eu besoin de calculer quelque paramètre pour estimer la quantité de propane et réaliser la nouvelle ligne vers le collecteur inter-ballon des Fours.

### **III.4.1.La masse volumique :**

Elle exprimé par la formule suivante :

$$\rho = (P \times M_{\text{moy}}) / (R \times T)$$

**Avec :**

**$\rho$**  : La masse volumique exprimée en  $\text{Kg.m}^{-3}$

**P** : La pression de gaz exprimée en Pa

**R** : La constante de gaz parfait

**T** : La température du gaz exprimée en K.

**$M_{\text{moy}}$**  : La masse moyenne de gaz exprimée en Kg/mol.

$$M_{\text{moy}} = \sum M_i \cdot X_i$$

**Tels que :**

•  **$M_i$**  : La masse molaire du constituant.

•  **$X_i$**  : Fraction molaire du constituant.

La vitesse d'écoulement est donnée par la formule suivante :

$$V = Q_m / (S \times \rho)$$

$$\Rightarrow V = 4 \times Q_m / (\rho \times \pi \times D^2)$$

**Où,**

**V** : Vitesse d'écoulement en (m/s).

**$Q_m$**  : débit massique kg /hr

**S** : la surface  $\text{m}^2$

**$\rho$**  : Masse volumique en exprimée en  $\text{Kg/m}^3$ .

**D** : Diamètre du collecteur en m.

### **III.4.2.Nature de l'écoulement :**

La nature de l'écoulement est donnée par le nombre de Reynolds, qui représente le rapport des forces d'inertie aux forces de viscosité c'est l'indicateur du régime d'écoulement. Il est calculé par la formule :

$$Re = \rho \times V \times D / \mu$$

**Avec ;**

**Re** : Nombre de Reynolds ;

**$\rho$**  : Masse volumique en exprimée en  $\text{Kg/m}^3$  ;

**$\mu$**  : Viscosité dynamique en ( $\text{Kg/m.s}$ ) ;

**D** : Diamètre du collecteur en (m) ;

**V** : Vitesse d'écoulement en (m/s).

L'expression montre que :

➤ Si **Re < 2000** : le régime est laminaire indique que l'écoulement est calme et régulier.

- Si  $2000 < Re < 3000$  : le régime est intermédiaire indique que l'écoulement est instable entre le régime laminaire et le régime turbulent.
- Si  $Re > 3000$  : le régime est turbulent indique que l'écoulement est sous forme de tourbillon et de remous.

Ces valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeurs, le passage d'un type d'écoulement à un autre se faisant progressivement.

### III.4.3. Pertes de charges :

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

$$\Delta PT = \Delta PI + \Delta PS$$

Avec :

$\Delta PT$  : Pertes de charge totale exprimée en  $Kg/cm^2$  ;

$\Delta PS$  : Chute de pression singulière exprimée en  $Kg/cm^2$  ;

$\Delta PL$  : Chute de pression linéaire exprimée en  $Kg/cm^2$

#### III.4.3.1. Pertes de charges systématiques ou linéaire :

La perte de charge linéaire est déterminée par l'équation de **DARCY** :

$$\Delta PL = \lambda \times \rho \times (L / D) \times [V^2 / (2 \times g)]$$

Avec :

$\Delta PL$  : Pertes de charge linéaire exprimée en  $Kg.cm^{-2}$  ;

$\rho$  : Masse volumique exprimée en  $Kg.cm^{-3}$  ;

$\lambda$  : Coefficient de perte de charge, on le détermine en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative ( $\epsilon/D$ ). Avec  $\epsilon=0,0006$  pour l'acier au carbone (Voir Annexe 02) ;

$D$  : Diamètre interne du collecteur exprimée en m ;

$V$  : Vitesse d'écoulement exprimée en m/s ;

$g$  : Accélération de la pesanteur exprimée en  $m.s^{-2}$ , elle vaut **9,91** ;

$L$  : Longueur du collecteur exprimée en m.

#### III.4.3.2. Pertes de charges locale (Singulière) :

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

$$\Delta Ps = \rho \times K \times [V^2 / (2 \times g)] [Kg/cm^2]$$

**Avec :**

$\Delta P_s$  représente la chute de pression singulière exprimée en  $\text{Kg/cm}^{-2}$  ;

$\rho$  : Masse volumique exprimée en ( $\text{Kg/m}^3$ ) ;

$K$  : Coefficient de perte de charge locale, pour un **Coude 90°**,  $K = (0,50 \div 0,75)$  ;

$V$  : Vitesse d'écoulement exprimée en (m/s) ;

$g$  : Accélération de la pesanteur exprimée en ( $\text{m/s}^2$ ).

#### **III.4.4. Composition des vapeurs récupérées :**

Les compositions qui sont présentées dans le tableau III.1 ci-dessous sont données par le laboratoire du complexe.

*Tableau : III.1 : Composition du réfrigérant*

Composition	Fraction (%)
Méthane	0,17
Ethane	0,56
Propane	99,01
Isobutane	0,13
n-butane	0,1

#### **III.5. LA MODIFICATION (LA REALISATION D'UNE NOUVELLE LIGNE)**

Lors du démarrage de la section réfrigération la procédure exige ramener la pression au niveau des ballons d'aspiration du compresseur de  $6 \text{ kg/cm}^2$  à une valeur de  $3 \text{ kg/cm}^2$ . Ce n'est en effet qu'une dépressurisation d'un système constitué de trois ballons interconnectés.

Cette quantité de propane peut être récupérée en l'envoyant sur le collecteur inter-ballon des Fours. Etant donné que les conditions du service pendant l'arrêt de la section de réfrigération s'équilibrent (pression, température), et puisque les trois ballons d'aspiration sont interconnectés, la dépressurisation peut se faire à partir d'un seul ballon. Le premier (01) raccordement de la nouvelle ligne assurant cette dépressurisation et allant vers le collecteur inter-ballon, sera à partir du ballon d'aspiration par deux options:

- ✓ **Option 01** : sur la ligne 4''FL en amont de la vanne PV.
- ✓ **Option 02** : sur la vanne d'attente 2'' sortie ballon.

Ces deux options décrites précédemment sont schématisées sur la figure III.1.

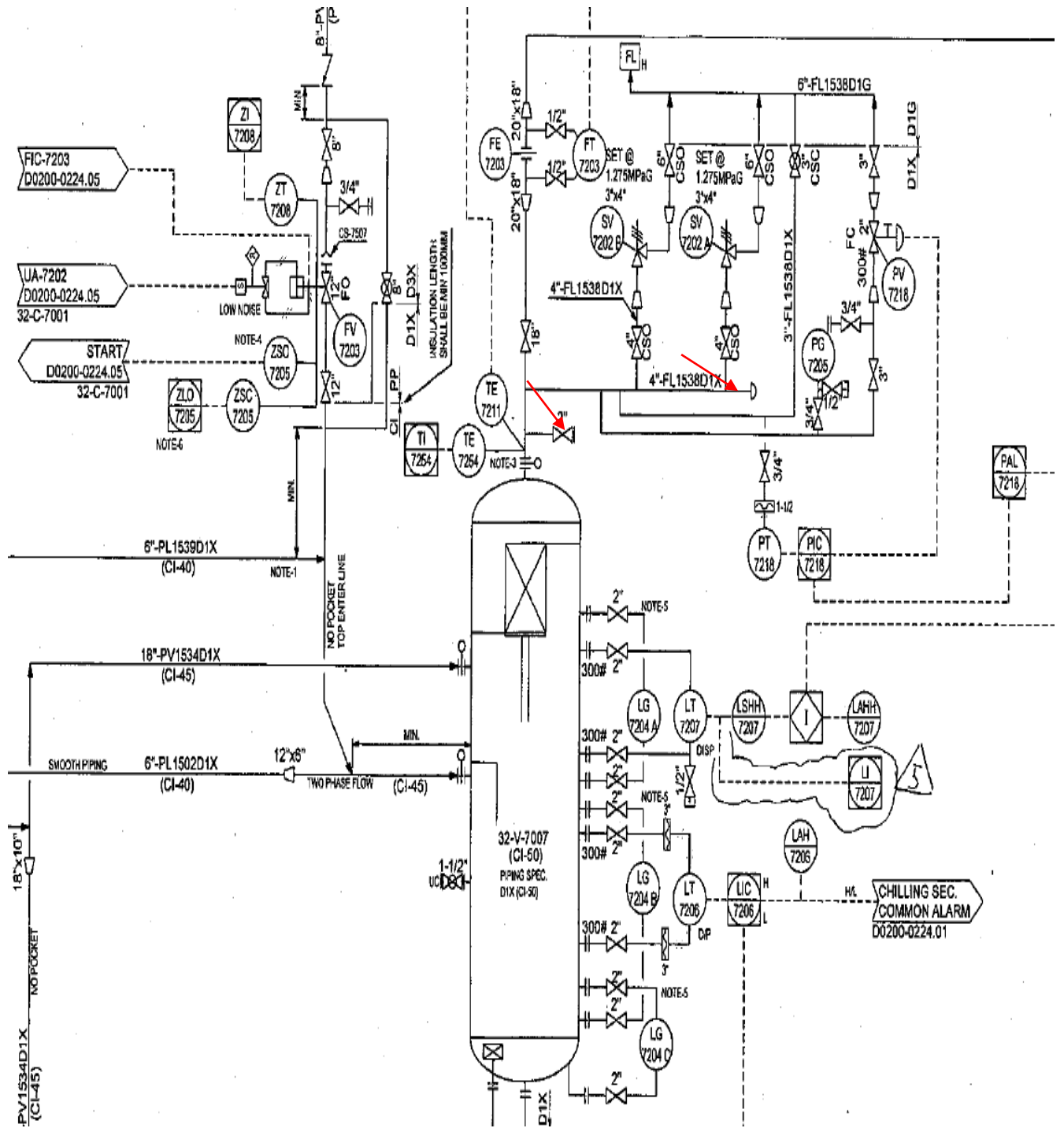


Figure III.1: Ballon HP (Réfrigération)

La première option nécessite l'arrêt de la section réfrigération et un platinage sur le ballon d'aspiration. A ce stade nous allons écarter la première option et nous allons développer la deuxième option qui présente une faisabilité pour la réalisation.

Dans le but de minimiser les modifications sur la section, et réduire le coût d'investissement, il est judicieux d'utiliser :

- ✓ **La ligne 6''NG1010D1Y** (ligne conçus pour le GN de régénération et Ethane) comme une ligne véhiculant le propane récupéré vers fours.

Le ballon MP (moyenne pression) ou BP (basse pression) sur le collecteur inter-ballon des Fours. Vu qu'ils ont une hauteur moindre que le ballon HP (haute pression).

La figure III.2 représente la sortie du ballon d'aspiration HP.



*Figure III.2: sortie ballon d'aspiration*

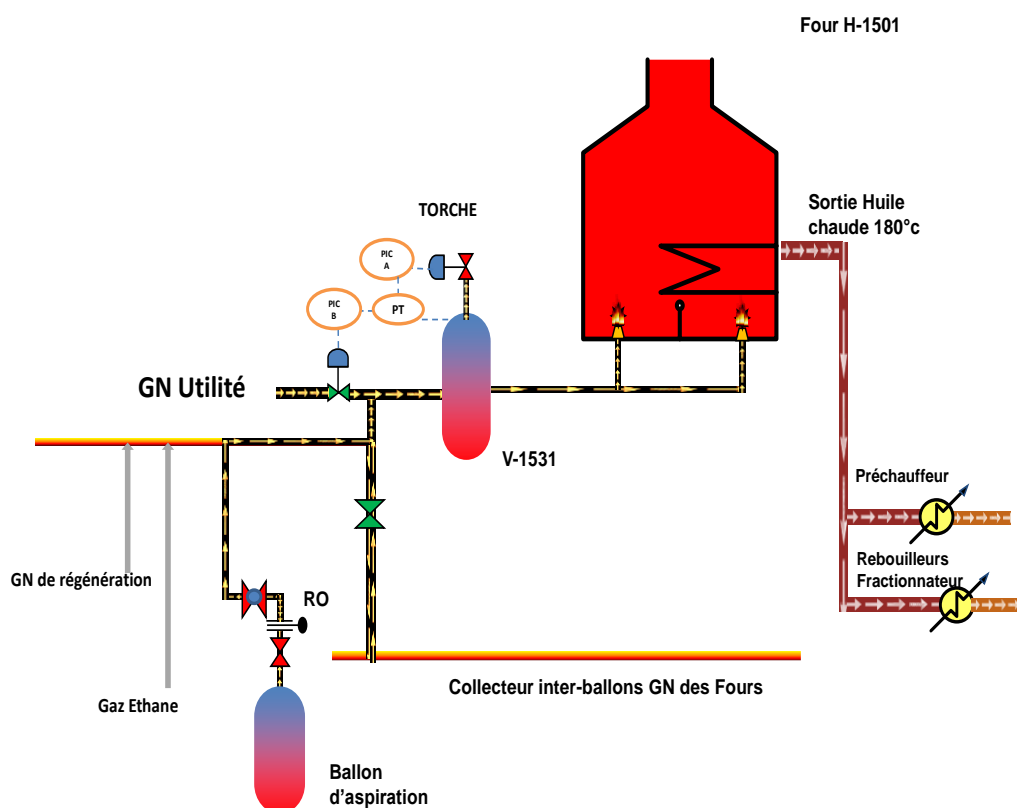
### III .5.1.Réalisation de la modification :

Cette modification consiste à relier la sortie du ballon d'aspiration au collecteur 6''NG par une ligne de 2'' dotée d'un RO (Orifice de Restriction), une vanne d'isolement (à Globe) et un clapet anti retour. Le tableau III.2 regroupe les spécifications des matériaux utilisés dans cette modification, ainsi que leurs quantités.

*Tableau III.2: spécification des matériaux.*

	Descriptions	Quantities
Vanne à globe	150#RF,A216 Gr. WCB	01
RO	2''	01
Pipe (approx)	A106 Gr.B, SCH40	12
Coude 90	A234 Gr.WPB, BW,SCH40	04
Clapet anti-retour	150#RF, A216 Gr. WCB	01
weldolet	6''X2'', A105, BW, SCH40	01

La figure III.3 représente la modification de l'alimentation du four après l'installation de l'orifice au niveau du ballon d'aspiration .



*Figure III.3 : schéma de la modification de l'alimentation du four*

La maîtrise du débit envoyé vers le collecteur inter-ballon présente la clef de la réussite de cette récupération vu que nous envoyons du propane dans un collecteur alimentant des fours par le GN (Gaz Naturel), dont un changement précoce de la composition peut engendrer une hausse de température de l'huile vu le PC (Pouvoir Calorifique supérieur) du propane.

### III.6. OPTIMISATION DES PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT PAR LE LOGICIEL HYSYS :

#### III.6.1. Dimensionnement du RO :

Dans cette partie, nous avons choisi trois orifices de diamètre différent. Chaque diamètre a des avantages et inconvénients. Pour un diamètre petit on obtient un faible débit qui ne perturbe pas le four et ne prend pas beaucoup de temps. C'est pour ça on a travaillé sur trois cas.

En simulant la dépressurisation dynamique par le Hysys, prenant en référence les orifices suivants:

- ❖ Cas n°01: diamètre:13 mm (1/4’’); Area:132 mm<sup>2</sup>
- ❖ Cas n°02: diamètre : 21 mm (1/2’’);Area:340mm<sup>2</sup>
- ❖ Cas n°03: diamètre : 17 mm (3/8’’);Area:227mm<sup>2</sup>

### III.6.1.1. Dépressurisation dynamique :

Cette partie consiste à réduire la pression qui sort de ballon d’aspiration de **6-8** bars à **3**bar pour arriver à la pression du ballon tampon.

Pour arriver à la condition nécessaire pour que la pression dans le ballon tampon soit de 3 bar, la température est ambiante et la quantité de propane torché doit être égal ou inférieur à 12 %.

Sachant que le diamètre de RO peut avoir les valeurs de 13, 17 et 21mm.

Ces paramètres sont introduits dans le logiciel Hysys, cette opération est schématisée sur la figure III.4 et on obtient par la suite les graphes du profil dynamique de la dépressurisation récapitulatif des différents paramètres de pression, débit et température, de ces trois valeurs de diamètre RO à partir de ces derniers nous obtenons les tableaux III.3, III.4 et III.5.

Les trois tableaux ; obtenu a partir du profile dynamique de la dépressurisation, représentent dans chaque cas les paramètres nécessaires dans notre injection qu’ils sont : la pression ,la température et le débit en fonction du temps au début, à la fin et la moyenne entre les deux .par la suite, en utilisant le logiciel HYSYS, on peut déterminer le taux de propane dans les injecteurs.

La figure III.5 représente le profil dynamique de la dépressurisation, récapitulatif des différents paramètres de pression, débit et température, pour un orifice de diamètre RO=17mm.

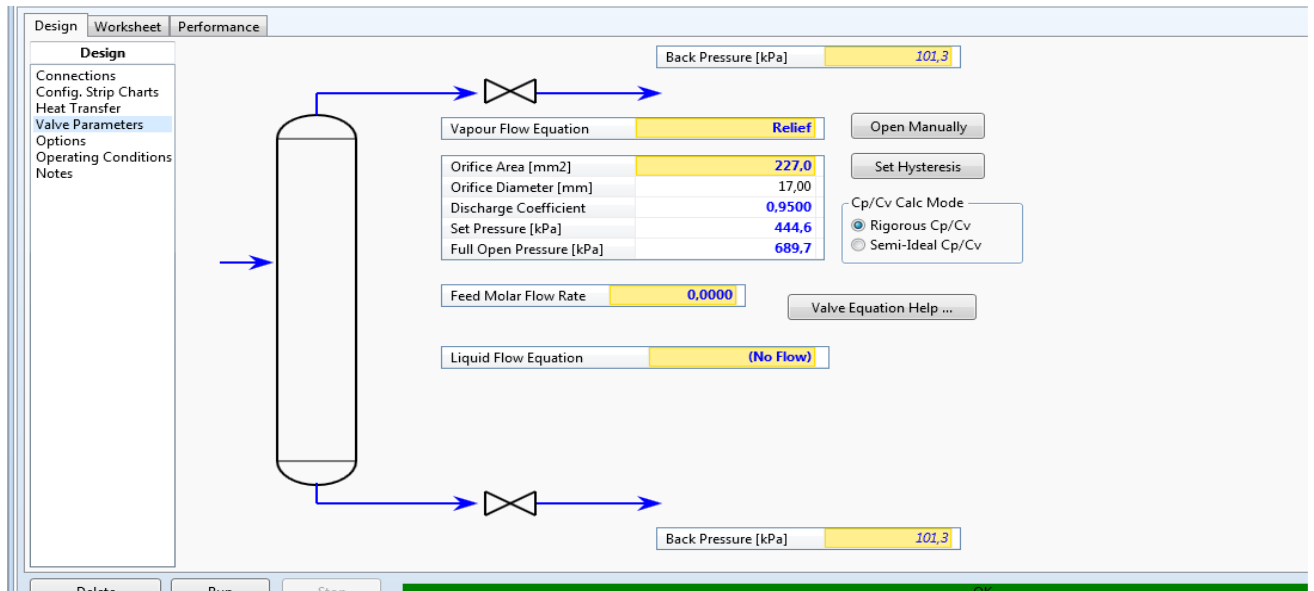


Figure III.4 : dépressurisation dynamique.

Tableau III.3: Cas n°01 pour  $RO=13mm$ .

	Début	Moy	Fin
Temps (min)	0	165	330
Pression (KPA)	660	517	457
Débit vapeur (kg/hr)	725,90	375,8	204
Température vapeur –Out	0,52	-5,45	-8,633

Tableau III.4 : Cas n°02 pour  $RO=21mm$

	Début	Moy	Fin
Temps (min)	0	90	180
Pression (KPA)	660	477	415
Debit vapeur (kg/hr)	1894	725,93	246,6
Temperature vapeur –Out	0,5	-7,2	-10,95

Tableau III.5 : Cas n°03 pour RO=17mm

	Début	moy	Fin
Temps (min)	0	150	300
Pression (KPA)	660	466	425
Débit vapeur (kg/hr)	1228	465,07	135
Temperature vapeur –Out	0,5	-7,7	-11,19

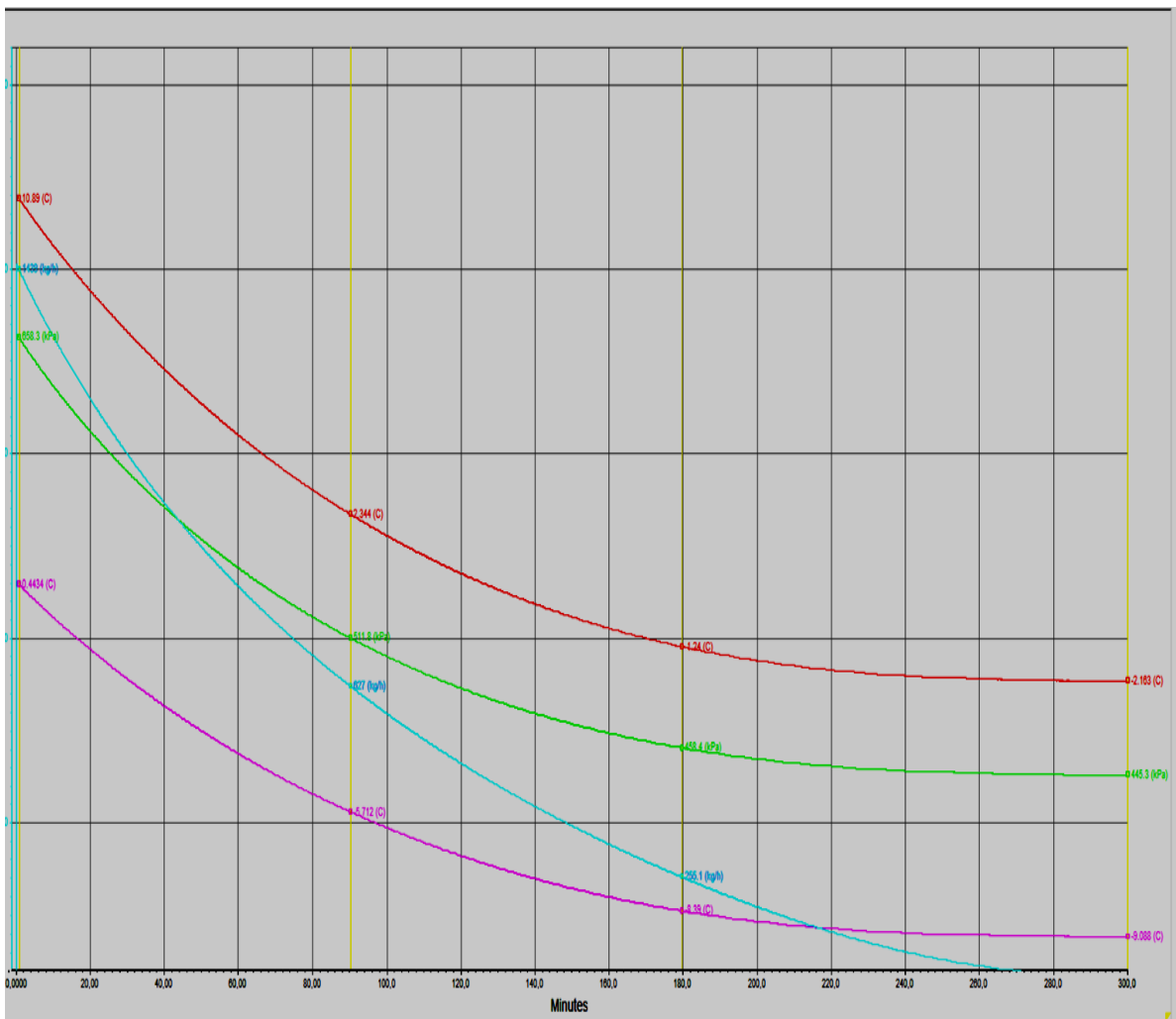


Figure III.5 : Profile dynamique de la dépressurisation pour RO=17mm.

### III.61.2.Simulation de l'injection du propane (C<sub>3</sub>) :

L'injection de propane est faite lorsque la section de réfrigération est en démarrage dans le cas où on a un train en service et l'autre en recyclage.

Le four est alimenté par le gaz naturel, l'éthane qui vient de la section séparation et le méthane qui est utilisé pour le recyclage du train et on ajoute le propane C<sub>3</sub>, qu'on a récupéré de la réfrigération.

Pour la simulation de l'injection on a utilisé les annexes (3 et 4). La figure III.6 schématise l'injection du propane.

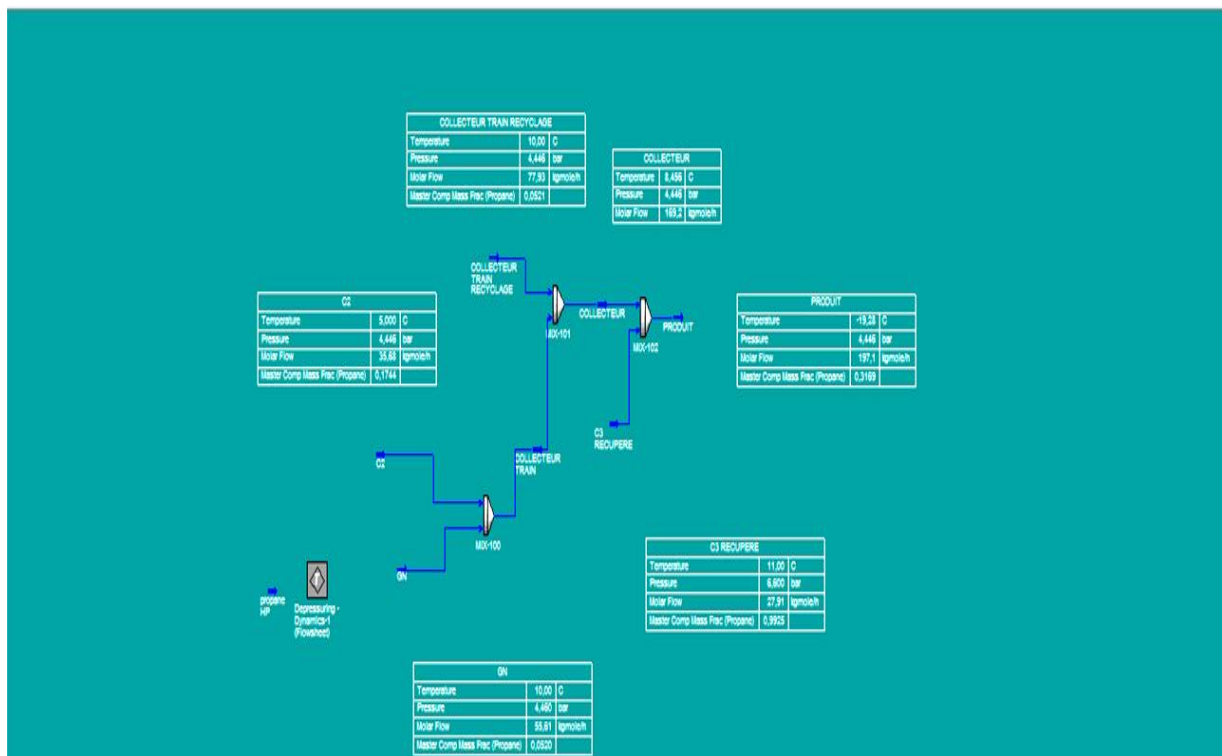


Figure III.6 : schéma de l'injection C<sub>3</sub>

Les tableaux III.5, III.6 et III.7 regroupent les fractions de propane pour les trois valeurs du diamètre de l'orifice RO.

Tableau III.5 : Cas01 pour RO=13mm

Temps (min)	0	165	330
Débit de vapeur (kg/hr)	725,90	375,8	457
Taux de propane C <sub>3</sub> (%)	20	17,33	13,67

Tableau III.6 : Cas02 pour RO= 21mm.

Temps (min)	0	90	180
Débit de vapeur (kg/hr)	1894	725	246,8
Taux de propane C3 (%)	32	20	14

Tableau III.7 : Cas03 pour RO=17mm.

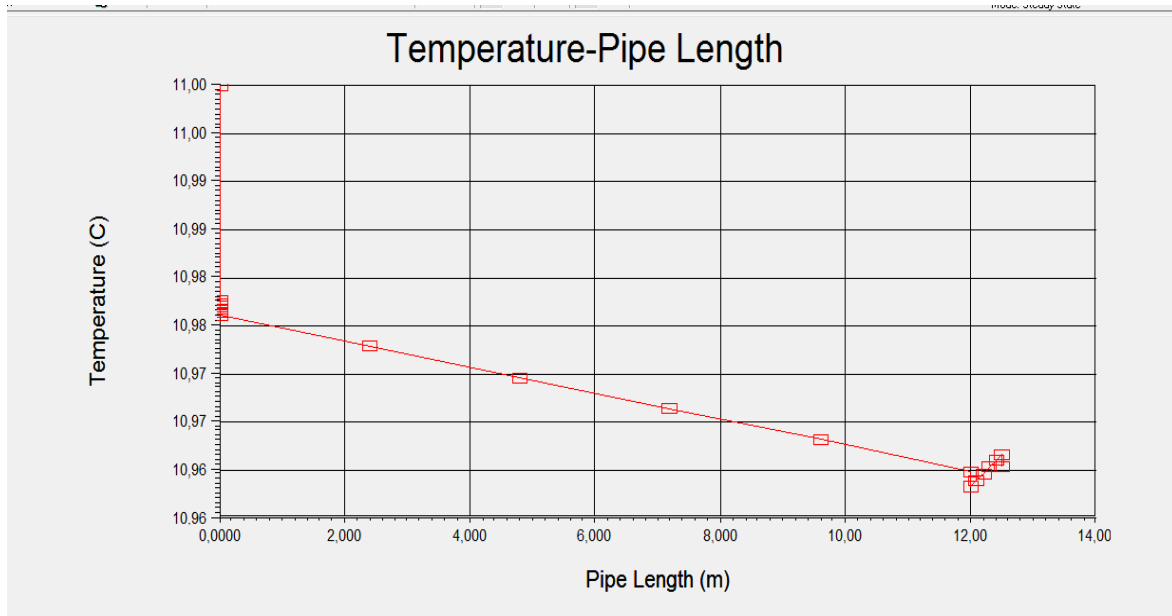
Temps (min)	0	150	300
Débit de vapeur (kg/hr)	1228	465,8	135
Taux de propane C3 (%)	30	18	11

Le cas n°03 diamètre de l'orifice RO=17mm, a donné des injections de propane qui ne perturbent pas le fonctionnement du four, mais pour une durée de 05 heures.

Cette configuration aura pour inconvénient de retarder la mise en service de la section de réfrigération. Ce travail n'est qu'une première approche afin de dégager les seuils et les limites d'exploitation à entreprendre reste à améliorer cette modification.

### III.7. DETERMINATION DES PERTES DE CHARGES PAR SIMULATION :

La dépressurisation des ballons d'aspiration allons de 6-8 kg/cm<sup>2</sup> jusqu'à 3 kg/cm<sup>2</sup> ce fait d'une manière dynamique donc le profile de la pression de départ va décroître incitant ainsi un changement sur le profile des pertes de charge avant d'être connecté dans les conditions de ballon tampon, qui vas subir une perte de charge de 0,02 bar. La figure III.7 représente le profile de température à l'injection du propane. Et la figure III.8 schématise le profile de perte de charge à l'injection du propane.



### III.8. CALCULS LES PERTES DE CHARGES :

Pour calculer les pertes de charge on doit trouver la vitesse d'écoulement et le nombre de Reynold.

#### III.8.1. La vitesse d'écoulement :

Pour calculer la vitesse on utilise le diamètre de l'orifice, la masse molaire moyenne et la masse volumique

$$V = Q_m / (S \times \rho)$$

V : vitesse d'écoulement m/s

Q<sub>m</sub> : débit massique kg /hr

S : la surface m<sup>2</sup>

$$S = \pi \times D^2 / 4$$

#### III.8.1.a. Diamètre :

Le diamètre est deux pouce (2'')

Sachant que le diamètre intérieur  $D_{int} = D_{ext} - 2e$

$$\text{A.N: } D_{int} = 60.3 - 2 \times 3.91$$

$$\implies D_{int} = 52.48 \text{ mm} = 0.05248 \text{ m}$$

#### III.8.1.b. La masse molaire :

On a:  $M_{moy} = \sum M_i \cdot X_i$

$$\text{A.N: } M_{moy} = (16 \times 0,17) + (30 \times 0,56) + (44 \times 0,01) + (58 \times 0,13) + (58 \times 0,1)$$

$$\rightarrow M_{moy} = 43.89 \text{ g/mol}$$

#### III.8.1.c. La masse volumique :

La loi des gaz parfait est donnée par la formule :

$$P \times V = n \times R \times T$$

Avec :

• n : Nombre de mole,  $n = m / M$  [Mole]

• R = 0,082 atm.l/mol.K

En remplaçant les formules on obtient :

$$\rho = (P \times M) / (R \times T) \text{ avec : } 1 \text{ Kg/cm}^2 \implies 1,033 \text{ atm}$$

$$\text{A.N : } \rho = (6,6 \times 43,89) / (0,082 \times 284,15)$$

$$\implies \rho = 12,43 \text{ Kg/m}^3$$

Selon la loi de la continuité : La vitesse d'écoulement

$$V = Q_m / (S \times \rho) \quad V = (4 \times Q_m) / (\rho \times \pi \times D^2)$$

A.N :

$$V = (4 \times 1228) / (12,43 \times 3,14 \times 0,05248^2 \times 3600)$$

$$\longrightarrow V = 12,69 \text{ m/s}$$

### III.6.2 .Nombre de Reynolds :

$$\text{On a : } Re = \rho \times V \times D / \mu$$

La viscosité dynamique ( $\mu$ ) est déterminée après la simulation (**Hysys**) avec les conditions de (**T = 11°C, P = 6.6 bar**)

$$\text{On a: } \mu = 8,118.10^{-3} \quad \rho = 8,118.10^{-5} \text{ Kg/m.s}$$

$$\text{A.N: } Re = (12,43 \times 12,69 \times 0,05248) / (8,118.10^{-5})$$

$$\longrightarrow Re = 1,019712.10^5$$

**N.B :** Cette valeur est supérieure à 3000 (**Re > 3000**), donc l'écoulement du gaz est **turbulent**.

### III.8.3. Les pertes de charges :

#### III.8.3. a. La perte de charge totale $\Delta PT$ :

On distingue deux types de perte de charge :

$$\Delta PT = \Delta PI + \Delta PS \quad \text{Avec : } \Delta PS = \Delta PSI + \Delta PS2$$

#### III.6.3.b. La perte de charge linéaire :

Correspond à l'écoulement général dans une conduite rectiligne. Elles sont calculées selon l'équation de DARCY :

$$\Delta PL = \lambda \times \rho \times (L / D) \times [V^2 / (2 \times g)]$$

Le coefficient de perte de charge ( $\lambda$ ) est déterminé en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative ( $\epsilon/D$ ) avec,  $\epsilon=0,006\text{cm}$  pour l'acier au carbone (Voir le diagramme de Moody Annexe2).

$$\left. \begin{array}{l} \text{Re}=1,019712 \cdot 10^5 \\ (\varepsilon/D)=1,181 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} \text{ D'après diagramme de Moody } \lambda=0,029$$

**A.N:**

$$\Delta P_L = 0,029 \times 12,43 \times (12,5 / 0,05248) \times [(12,69)^2 / (2 \times 9,81)]$$

$$\implies \Delta P_L = 700,76 \text{ Kg/m}^2 = 0,0776 \text{ Kg/cm}^2$$

### III.6.3.c La perte de charge singulière :

$$\text{On a: } \Delta P_s = \rho \times K \times [V^2 / (2 \times g)]$$

Pour le coefficient de perte de charge dans les accessoires (**K**). (Voir Annexe 01)

#### ❖ Les Coudes :

Nous avons 01 coude de 90°C, D'après l'annexe 01 on a **K=0,50**.

**A.N:**

$$\Delta P_s = 12,43 \times 0,50 \times [(12,67)^2 / (2 \times 9,81)]$$

$$\implies \Delta P_s = 50,85 \text{ Kg/m}^2 = 0,005085 \text{ Kg/cm}^2$$

#### ❖ Vanne manuelle :

Nous avons une vanne manuelle avec **K=0,25**.

**A.N:**

$$\Delta P_s = 12,43 \times 0,25 \times [(12,69)^2 / (2 \times 9,81)]$$

$$\implies \Delta P_s = 25,5 \text{ Kg/m}^2 = 0,00255 \text{ Kg/cm}^2$$

D'autre part, on a :

$$\Delta P_t = \Delta P_l + \Delta P_{s1} + \Delta P_{s2}$$

**A.N:**

$$\Delta P_T = 0,0776 + 0,005085 + 0,00255$$

$$\implies \Delta P_T = 0,085 \text{ Kg/cm}^2$$

### III.7. CONCLUSION :

- Dans le but de réduire le torchage, afin de préserver l'environnement, une nouvelle ligne de récupération des gaz torchés de la section réfrigération versant vers le collecteur inter ballons des fours est proposée.
- Le choix de l'orifice basé sur des paramètres importants comme le débit, la teneur de propane récupéré qui doit être égal ou inférieur à 12% et le temps nécessaire Pour la récupération des gaz torchée.
- Le diamètre de l'orifice RO=17mm donne la meilleur approche pour la réalisation de la modification.
- La quantité de propane récupéré d'après logiciel HYSYS est un profile de 1228 kg /hr au maximum est 135kg/hr au minimum donc chaque point appartient au cette profile devient applicable pour l'injection vers four.
- Les pertes de charge est de 0,085 bar par méthode de calcul est 0,02 bar par méthode de **HYSYS**. Donc la différence entre les deux méthodes n'est pas importante.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] P. Wuitthier ; Raffinage et génie chimique tom I et II ; (1972).
- [2] GPSA Twelfth, Engineering Data Book Volume (I) & (II), ( 2004).
- [3] Dr.A. H Younger , P. Eng; Natural gas Processing Principles and Technology partII, (April2004).
- [4] R. A. Parisher, R. A. Rhea; Pipe drafting and design (second edition), Butterworth Heinemann (2001).
- [5] Manuel opératoire GP1/Z.
- [6] Catalogue Mécanique "Tuyauterie" volume 19.Document GP1/Z.
- [7] N.Benguena et L. Chouarfia, <<ETUDE D'UN PROJET DE RECUPERATION DES GAZ TORCHES LORS DU DEMARRAGE>>, MASTER en Génie Des Procédés 2016/2017.
- [8] [www.ace.mmu.ac.uk/eae/french/GlobalWarming/Older/Climate Change .html](http://www.ace.mmu.ac.uk/eae/french/GlobalWarming/Older/Climate%20Change.html).
- [9] [www.ec.gc.ca/energ/oilgas/flaring/flaring\\_exesumm f.mate.htm](http://www.ec.gc.ca/energ/oilgas/flaring/flaring_exesumm_f.mate.htm).
- [10] <https://fr.scribd.com/presentation/344150802/Recuperation-Des-Gaz-Torche>
- [11] Microsoft Encarta 2009.

Annexe 01

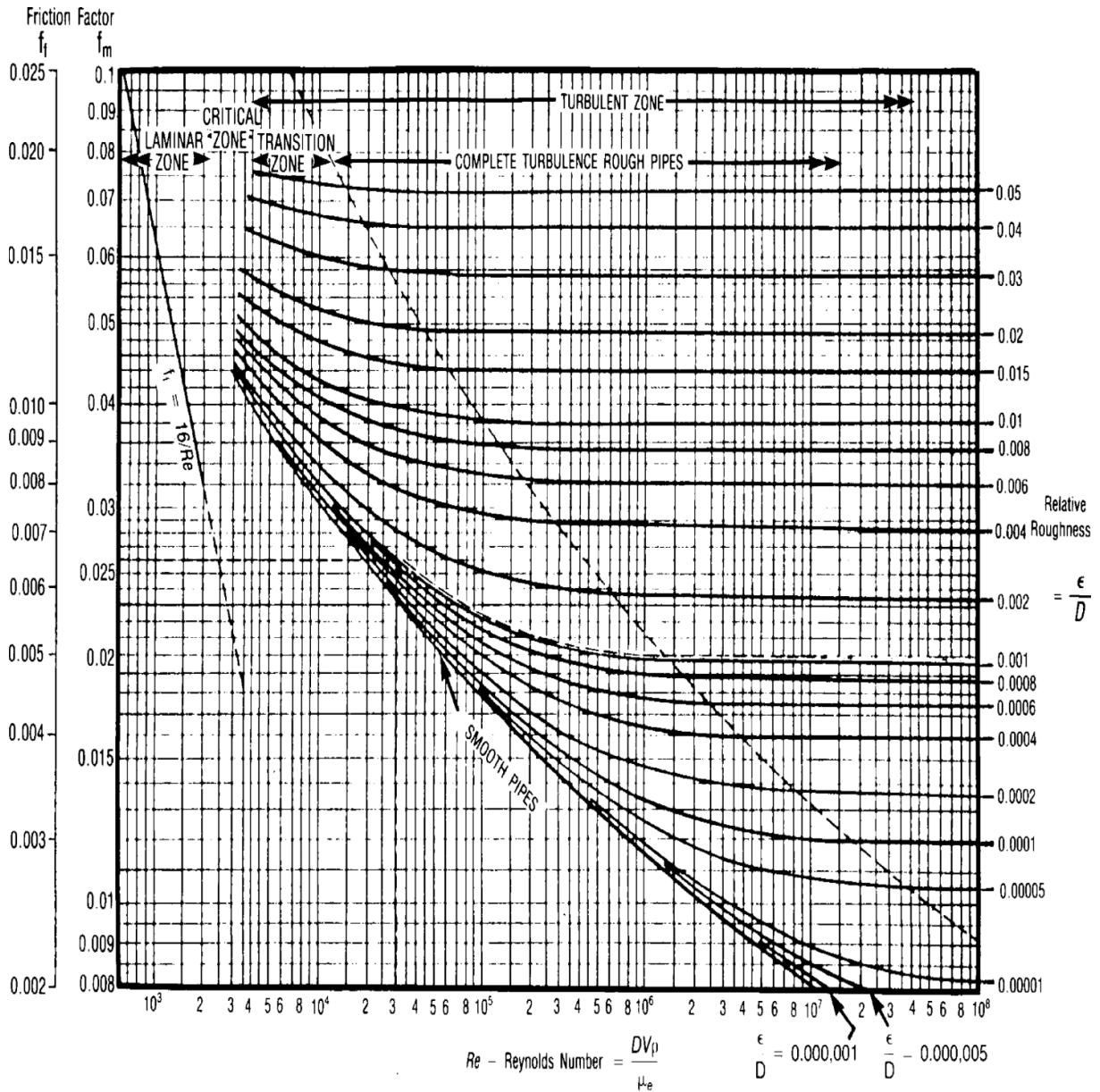
Pertes de charges dans les accessoires

Accessoires	Pertes de charge moyenne
<p>Réservoir à conduite – connexion au ras de la paroi (perte à l'entrée)</p> <p style="padding-left: 40px;">-tuyau entrant</p> <p style="padding-left: 40px;">-connexion arrondie</p>	$0.50 \frac{V_2^2}{2g}$ $1.00 \frac{V_2^2}{2g}$ $0.05 \frac{V_2^2}{2g}$
<p>Conduite à réservoir (perte à la sortie)</p>	$1.00 \frac{V_1^2}{2g}$
<p>Divergent brusque</p>	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
<p>Divergent progressif</p>	$k \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
<p>Venturis, buses et orifices</p>	$\left( \frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{V_2^2}{2g}$
<p>Convergent brusque</p>	$k_c \frac{V_2^2}{2g}$
<p>Coudes, accessoires, vannes, clapets Quelques valeurs</p> <p style="padding-left: 40px;">courantes de K sont :</p> <p>45°, coude .....0.35 à 0.45</p> <p>90°, coude.....0.50 à 0.75</p> <p>Té,.....1.5 à 2.00</p> <p>Vannes de portes (ouvertes).....aprox.0.25</p> <p>Vannes de contrôle (ouvertes).....aprox.3.0</p> <p>Clapet anti- retour à disque levable (4'').....0.68</p>	$k = \frac{V^2}{2g}$

Annexe 02

### Diagramme de MOODY

Coefficient de frottement  $f$  pour n'importe quelle espèce ou taille de tuyau « Courbes pour la rugosité relative



Annexe 03

**DEBIT NORMAL D'ALIMENTATION DES TRAINS**

Stream		8		2		3		1		4		5	
Pression Kg/cm2.G		25		5		5		5		5		5	
Température °C		10		5		5		5		5		5	
<b>Composition &amp; débits molaires</b>	N2	5,80	8,99	5,80	3,96	-	-	3,60	5,84	3,60	5,84	3,60	11,68
	He	0,19	0,29	0,19	0,13	-	-	0,12	0,19	0,12	0,19	0,12	0,38
	CO2	0,21	0,32	0,21	0,14	-	-	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,42
	C1	83,00	128,65	83,00	56,65	-	-	51,46	83,55	51,46	83,55	51,46	167,10
	C2	7,10	11,00	7,10	4,85	92,37	40,58	39,56	64,23	39,56	64,23	39,56	128,46
	C3	2,25	3,49	2,25	1,54	7,63	3,35	4,30	6,98	4,30	6,98	4,30	13,96
	IC4	0,40	0,62	0,40	0,27	-	-	0,25	0,41	0,25	0,41	0,25	0,82
	NC4	0,60	0,93	0,60	0,41	-	-	0,37	0,60	0,37	0,60	0,37	1,20
	IC5	0,12	0,19	0,12	0,08	-	-	0,07	0,11	0,07	0,11	0,07	0,22
	NC5	0,15	0,23	0,15	0,10	-	-	0,09	0,15	0,09	0,15	0,09	0,30
	C6+	0,18	0,28	0,18	0,12	-	-	0,11	0,18	0,11	0,18	0,11	0,36
H2O (ppm)	50	-	50	-	-	-	31	-	31	-	31	-	
<b>TOTAL</b>		100,00	154,99	100,00	68,25	100,00	43,93	100,00	162,45	100,00	162,45	100,00	324,90
<b>MW</b>		19,06		19,06		31,17		26,57		26,57		26,57	
<b>Débits NM3/H</b>		3472		1529		984		3637		3637		7274	
<b>Densité KG/M3</b>		21,17		4,12		7,35		5,75		5,75		5,75	

Annexe 04

**DEBIT MAXIMAL D'ALIMENTATION DES TRAINS**

Stream		8		2		3		1		4		5	
Pression Kg/cm <sup>2</sup> G		25		5		5		5		5		5	
Température °C		10		45		45		45		45		45	
<b>Composition &amp; débits molaires</b>	N2	5,80	9,42	5,80	4,75	-	-	3,60	8,36	3,60	8,36	3,60	16,72
	He	0,19	0,31	0,19	0,15	-	-	0,12	0,28	0,12	0,28	0,12	0,56
	CO2	0,21	0,34	0,21	0,17	-	-	0,13	0,30	0,13	0,30	0,13	0,60
	C1	83,00	134,76	83,00	67,96	-	-	51,46	119,46	51,46	119,46	51,46	238,92
	C2	7,10	11,53	7,10	5,81	92,37	93,73	39,56	91,84	39,56	91,84	39,56	183,68
	C3	2,25	3,65	2,25	1,84	7,63	7,74	4,30	9,98	4,30	9,98	4,30	19,96
	IC4	0,40	0,65	0,40	0,33	-	-	0,25	0,58	0,25	0,58	0,25	1,16
	NC4	0,60	0,97	0,60	0,49	-	-	0,37	0,86	0,37	0,86	0,37	1,72
	IC5	0,12	0,20	0,12	0,10	-	-	0,07	0,16	0,07	0,16	0,07	0,32
	NC5	0,15	0,24	0,15	0,12	-	-	0,09	0,21	0,09	0,21	0,09	0,42
	C6+	0,18	0,29	0,18	0,15	-	-	0,11	0,26	0,11	0,26	0,11	0,52
H2O (ppm)	50	-	50	-	-	-	31	-	31	-	31	-	
<b>TOTAL</b>		100,00	162,36	100,00	81,87	100,00	101,47	100,00	232,29	100,00	232,29	100,00	464,58
<b>MW</b>		19,06		19,06		31,17		26,57		26,57		26,57	
<b>Débits NM<sup>3</sup>/H</b>		3637		1834		2273		5200		5200		10400	
<b>Densité KG/M<sup>3</sup></b>		21,17		3,54		6,24		4,98		4,98		4,98	