



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



N° d'ordre : M /GIP/2019

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN INDUSTRIES PETROCHIMIQUES

Option : GENIE PETROCHIMIQUE

Présenté par

- DAHAH Zakaria
- MERINE BELHOUCINE Oussama
- ALLOUCH Roufaida

Etude d'une ligne d'acheminement du propane récupéré lors du démarrage de la section réfrigération de la PHASE II

Soutenue le 25/06/2019 devant le jury composé de :

Présidente :	M ^{me} A. DRIOUCH	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice :	M ^{me} S. ATTOUTI	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M ^{me} A. ZERHOUNI	MAA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu de nous avoir illuminé le chemin pour achever notre parcours universitaire.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur Mme ZERHOUNI Anissa pour son investissement tout au long de ce travail. Nous avons largement profité de sa rigueur scientifique, de son inépuisable patience et ses précieux conseils.

Nos vifs remerciements vont aussi à M^{me} DRIOUECH Aouatef de nous avoir guidés et soutenus pour mener à bien ce travail et pour avoir accepté de présider notre jury.

Nous remercions chaleureusement M^{me} ATTOUTI Salima d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail en faisant partie de ce jury.

Nous sommes très reconnaissant à M^r ALLOUCH Mohamed et M^r KARMAOUI Fayçal de nous avoir accueilli au sein du complexe GP1/Z. Nous les remercions également pour leur confiance qu'ils nous ont accordée et ses encouragements pendant la réalisation de notre stage pratique.

Un grand merci aussi au chef de département de Génie des Procédés ainsi qu'à l'ensemble de nos enseignants qui nous ont orienté et encouragé.

Enfin nous remercions nos familles et nos amis en espérant pouvoir un jour vous rendre un peu de tout ce que vous nous avez apporté. Votre courage sera toujours un exemple pour nous.

Résumé

L'objectif du présent travail est une étude qui est basée sur la récupération du propane réfrigérant torché lors du démarrage de la section réfrigération au niveau du complexe GP1/Z après un arrêt (déclenchement).

Le contexte est de proposer un Dimensionnement d'une la ligne de récupération et de simuler son fonctionnement dans le but de quantifier l'impact des gaz torchés de l'industrie pétrolière sur l'environnement ainsi que la maîtrise de la demande future d'énergie, nous devons faire face à un double défi. Celui de la satisfaction des besoins énergétiques et d'évaluer de la rentabilité d'une telle réalisation par une étude technico-économique qui nous permettra un investissement important et celui d'éliminer le CO₂ qui se brûlait à l'atmosphère et donc la nécessaire diminution des émissions des gaz à effet de serre.

C'est tout l'enjeu de cette étude qui s'implique théoriquement dans ses trois dimensions économique, énergétique et environnementale.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Description de la section réfrigération

I.1. Principales installation du complexe.....	3
I.2. Description du procédé de fabrication.....	3
I.3. Section réfrigération.....	4
I.3.1. Principe.....	5
I.3.2. La capacité de réfrigération.....	6
I.3.3. Les équipements principaux.....	6
I.3.4. Description du procédé.....	7
I.3.5. Dispositif anti-Pompage.....	10
I.3.6. Procédure de démarrage de la section de réfrigération.....	11
I.4. Consommation énergétique.....	13

Chapitre II : Impact environnemental des gaz torchés

II.1. Le torchage dans l'industrie du pétrole et du gaz.....	15
II.1.2. Les produits du torchage.....	15
II.2. Le changement climatique et les gaz à effet de serre.....	16
II.2.1. L'effet de serre, un processus normalement bénéfique.....	17
II.2.2. Le rôle perturbateur des activités humaines.....	18
II.2.3. Les conséquences du réchauffement climatique.....	18
II.3. Impact sur les êtres humains.....	19
II.4. Impact sur l'environnement.....	19
II.5. Problématique.....	20

Chapitre III : Calculs et résultats

III.1. Solution proposée.....	22
III.2. Estimation du volume de propane torché.....	22
III.2.1. Nombre d'arrêts de trains.....	22
III.2.2. Méthode de calcul du niveau au V-1009.....	23
III.2.3. Volume de cylindre horizontal.....	23
III.2.4. La quantité annuelle de propane torché.....	28
III.3. Objectif de l'étude.....	28
III.4. Dimensionnement de la ligne de récupération de propane.....	29
III.4.1. Equipements.....	30

III.4.2. Théories de calculs.....	30
III.4.3. Longueur de ligne.....	34
III.4.4. Calculs.....	36
III.4.5. La pression d'arriver.....	39
a. La température d'injection du propane récupéré dans le collecteur BOG.....	39
b. Calcul de P2.....	39
III.5.Simulation.....	39
III.5.1. Généralités sur la Simulation.....	39
III.5.2.Définition de la Simulation.....	40
III.5.3. Choix de logiciel de simulation.....	40
III.5.4. Description du Simulateur HYSYS V.7.3.....	40
III.6. Etude technique-économique	45
III.6.1. L'évaluation de la rentabilité.....	45
a. L'évaluation du manque à gagner.....	45
b. Estimation du coût de l'investissement de la ligne de récupération.....	45
III.6.2. Le coût de la modification (ligne train + collecteur).....	48
Conclusion générale et perspectives.....	49
References	
Annexes	

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Description de la section réfrigération

Figure 1 : Un système de réfrigération typique et le cycle Thermodynamique.....	5
Figure 2 : Compresseur centrifuge.....	10
Figure 3 : Section de réfrigération.....	12
Figure 4 : Schéma de bilan d'énergie.....	13
Figure 5 : Production mensuel du propane et du butane (2018).....	14

CHAPITRE II : Impact environnemental des gaz torchés

Figure 1 : Combustion complète.....	15
Figure 2: Combustion incomplète.....	16
Figure 3 : Mécanisme de l'effet de serre sur la terre.....	17
Figure 4 : Torchère d'une installation pétrolière.....	20

CHAPITRE III : Calculs et résultats

Figure 1 : Dimensions du ballon V-1009.....	23
Figure 2 : Les pressions des trois ballons et le refoulement du compresseur avant l'arrêt.....	25
Figure 3 : Les pressions des trois ballons et le refoulement du compresseur au démarrage.....	25
Figure 4 : Les pressions des trois ballons et le refoulement du compresseur au démarrage....	26
Figure 5 : Section B.O.G du propane.....	29
Figure 6 : Localisation de la ligne et collecteur de récupération.....	30
Figure 7 : Longueur de la ligne train.....	34
Figure 8 : Tracé de collecteur.....	34
Figure 9 : Coude 90°.....	35
Figure 10 : Vanne de garde De type Globe Valve.....	35
Figure 11 : Coupe transversale de la pipe.....	36
Figure 12 : La ligne train du propane récupéré simulée par HYSYS.....	42
Figure 13 : Collecteur de récupération injecté à la section BOG simulé par HYSYS.....	42
Figure 14 : Température de la ligne train.....	43
Figure 15 : Pression de la ligne train.....	43
Figure 16 : Température du collecteur.....	44
Figure 17 : Pression du collecteur.....	44

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : Description de la section réfrigération

Tableau 1 : Caractéristiques du compresseur C-1001.....	9
Tableau 2 : Calcul de l'énergie sortante durant l'année 2018.....	14

CHAPITRE III : Calculs et résultats

Tableau 1 : Nombre d'arrêt par an.....	23
Tableau 2 : Les différentes opérations effectuées au niveau des trains.....	24
Tableau 3 : Composition du réfrigérant.....	35
Tableau 4 : Données de la Simulation (HYSYS).....	41
Tableau 5 : Comparaison entre les résultats calculés et résultats obtenus par HYSYS.....	41
Tableau 6 : Tableau récapitulatif de l'évaluation du manque à gagner.....	45
Tableau 7 : Le coût de tuyauterie la ligne train.....	46
Tableau 8 : Le coût des accessoires la ligne train.....	46
Tableau 9 : Les coûts des différentes étapes de réalisation la ligne train.....	46
Tableau 10 : Le coût total de la ligne train.....	47
Tableau 11 : Le coût de tuyauterie du collecteur.....	47
Tableau 12 : Le coût des accessoires du collecteur.....	47
Tableau 13 : Les coûts des différentes étapes de réalisation du collecteur.....	48
Tableau 14 : Le coût total du collecteur.....	48
Tableau 15 : Retour d'investissement.....	48

Liste des abréviations

GPL : Gaz pétrolier liquéfié.

GP1Z : Complexe du gaz pétrolier liquéfié Arzew.

GES : Gaz à effet de serre.

CCNUCC : Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

COP21 : 21^{ème} conférence des parties.

BOG : Boil Of Gaz

LQS : Activité de séparation et liquéfaction.

SONATRACH : Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures.

GNL : Gaz naturel liquéfié.

BP : Basse pression.

MP : Moyenne pression.

HP : Haute pression.

RPM : Tour par minute.

GN : Gaz naturel.

CE : Coefficient de consommation.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

DCS : Control direct du système.

PHD : Process history database.

RTO : Région transport ouest.

f (Z_e) : Coefficient d'un cylindre horizontal.

f (Z_c) : coefficient ellipsoïdal.

PIC : Indicateur de pression.

INTRODUCTION

GENERALE

Le pétrole et le gaz sont les richesses naturelles les plus importantes de notre pays. L'Algérie est l'un des leaders producteurs exportateurs dans le monde du gaz pétrole liquéfié connu sous le terme de GPL. Il faut noter que ce dernier est un produit de moindre coût d'exploitation par rapport à d'autres sources d'énergies et réduit la pollution. Il est très demandé dans le marché mondial des combustibles sa production mondiale est estimée à 223 millions tonnes en 2005.

Soucieux d'une crise énergétique à l'avenir, chaque pays développe ses propres moyens de lutte contre toute forme de gaspillage d'énergie, l'aspect d'économie d'énergie est l'une des préoccupations essentielles des exploitants du complexe GP1Z.

Il y a dans ce complexe une quantité non négligeable d'hydrocarbures qui est brûlée dans les torches. La majorité des opérations industrielles liées à la production et à la commercialisation des produits tels que le propane et le butane nécessitent le stockage de ces produits dans des capacités. Le remplissage de ces capacités génère des vapeurs, qui entraînent une augmentation de la pression. Cette dernière oblige l'exploitant à refouler ces vapeurs vers l'atmosphère, provoquant des pertes du produit et d'énergie avec des effets néfastes sur l'environnement.

Actuellement, les relevés de torchage, au sein du complexe GP1Z, exigent plus d'attention et une prise de mesure sévère afin de minimiser ces pertes d'énergie. La stratégie et l'engagement de Sonatrach pour la réduction des émissions des gaz à effet de serre (GES), Notamment à travers la réduction du torchage et mise à l'évent du gaz.

Cette stratégie environnementale découle des engagements internationaux de l'Algérie par exemple les conventions climatiques (CCNUCC) et (COP21). A cet effet l'entreprise vise sur les prochaines périodes allant à 2030 à la réduction du torchage en Algérie pour atteindre 1% seulement.

Ce problème réside dans la valeur élevée du taux d'autoconsommation due manifestement à plusieurs causes convergentes, ces causes sont notamment les appoints, les pertes dues aux différents arrêts des trains et à leurs démarrages, les fuites, les baisses de rendement des principaux équipements. Ce qui se traduit par un rejet vers l'atmosphère de quantités importantes de gaz à effet de serre. Ces gaz torchés constituent non seulement une source de pollution de l'environnement mais également une énergie non renouvelable perdue alors qu'il est possible de la récupérer. Mais avec l'évolution de la technologie, chaque unité de stockage possède un système de récupération ; ce système a pour but de reliquéfier les gaz évaporés, maintenir les conditions (pression et température) du stockage et protéger l'environnement qui est en fait la préoccupation essentielle des unités de production.

Le complexe GP1/Z, est l'une des unités productrices de propane, de butane et de mélange butane propane (bu pro). Elle possède deux sections de récupération pour les vapeurs du propane et du butane [1].

Ces sections de récupération sont équipées d'une gamme d'instruments et de main d'œuvres importantes. La réalisation ainsi que la maintenance de ces sections nécessitent un investissement important, qui reste négligeable devant le produit récupéré et la protection de l'environnement.

Le principe de notre travail, qui s'inscrit dans le cadre de la période de stage (MSP), consiste à estimer la quantité de propane torché lors du démarrage de la section réfrigération, à étudier la possibilité de récupérer cette quantité de matière, aussi pour optimiser la consommation en gaz combustible GP1/Z et de préserver l'environnement.

Notre projet est une contribution à la limitation des émissions des gaz torchés au niveau du complexe GP1/Z phase II. Il vise précisément à étudier la possibilité d'éviter le brûlage aux torches dans la section BOG

Ce procédé de récupération des gaz torchés permettra au complexe d'atteindre deux Principaux objectifs ; l'un environnemental, donc protection de l'environnement et de la santé par la diminution de la pollution atmosphérique. L'autre économique, pour évaluer le coût de la modification apporté aux trains de production et les intérêts économiques.

C'est dans cette optique que nous proposons de présenter notre mémoire de la manière suivante :

Nous commençons par une introduction générale, suivie par le chapitre un qui illustre la description de la section de réfrigération. Le chapitre deux est consacré à l'impact environnementale des gaz torché qui vise l'intérêt de la problématique. Le chapitre trois comprendra les théories de calculs et les résultats ainsi qu'une simulation par logiciel HYSYS pour comparer les résultats obtenus, aussi une étude technico-économique qui nous permet de quantifier la récupération d'énergie souhaitée après la modification. Enfin, l'étude sera clôturée par une conclusion et quelques perspectives.

CHAPITRE I
DESCRIPTION DE
LA SECTION
REFRIGERATION

Le complexe GP1/Z fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité (LQS) de l'entreprise national SONATRACH.

Il est situé entre la centrale thermoélectrique de Mers EL Hadjaj à l'Est et les complexes de GNL à l'Ouest et qui s'étend sur une superficie de 120 hectares, a été construit avec le concours d'un consortium Japonais IHI-C-ITACHI dans le cadre d'un contrat clé en main, en trois phases de construction, la première a été réceptionner le 02 septembre 1984, la deuxième phase le 20 novembre 1998 et troisième phase le 24 Février 2010.

I.1. Principales installation du complexe

- 22 Sphères de stockage de la charge d'alimentation de 1000 m³chacune.
- 04 Bacs de stockage de propane basse température de 70000 m³chacun.
- 04 Bacs de stockage de butane basse température de 70000 m³chacun.
- 04 Sphères de stockage de produits ambiants (propane et Butane) de 500 m³chacune.
- 01 Sphères de stockage gazoline.
- 09 Trains de traitement du GPL.
- 02 unités de liquéfaction des Boil-off-Gas.
- 01 Station électrique alimenté par SONELGAZ.
- 04 Générateurs assurant l'énergie de secours du complexe.
- 02 Quais de chargement (D1 et M6) pouvant recevoir des navires d'une capacité variante entre 4000 et 10000 tonnes.
- Une rampe de chargement de camions.
- Une station de pompage d'eau de mer.
- Un système de télésurveillance.
- 05 salles de contrôle.

I.2. Description du procédé de fabrication

a. Zone de stockage d'alimentation

Cette zone comprend 22 sphères de stockage de GPL d'une capacité unitaire de 1000 m³. Le GPL est ensuite acheminé vers la zone de process au moyen de neuf (09) pompes centrifuges, avec une pression de refoulement de 30Kg/cm².

b. Zone de fabrication

Elle regroupe quatre sections :

- Section déshydratation
- Section séparation
- Section réfrigération
- Section huile chaude

c. Zone des utilités

Les utilités disponibles dans le complexe sont

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

d. Zone de stockage de produit finis

- **Section B.O.G (Boil of Gas)**

Cette section est composée de deux ensembles, où chacun est prévu indépendamment pour le propane et le butane dont le but est de reliquéfier les gaz d'évaporation provenant des bacs de stockage à basse température et des jetées D1 et

M6 pendant le chargement navires afin de les renvoyer vers les bacs de stockage.

Il existe deux types de stockage :

- Stockage à température ambiante
- Stockage à basse température

I.3. Section réfrigération

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

Le propane et le butane produit par fractionnement dans la section de séparation sont introduits dans la section de réfrigération ; ou ces produits sont refroidis à leur température de stockages respectifs par trois refroidisseurs associés aux différents étages d'un compresseur. Le propane utilisé comme fluide réfrigérant est fournis à ces

refroidisseurs et au condenseur du dé-ethaniseur. 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.3.1. Principe

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

La chaleur est transférée par ce procédé au réfrigérant propane par ébullition isotherme du réfrigérant dans le coté calandre de l'échangeur approprié, à l'ébullition le réfrigérant absorbe la chaleur [2].

Voici un cycle de principe de réfrigération avec :

- H_b : chaleur du réfrigérant quittant le schiller.
- H_c : chaleur du réfrigérant quittant le compresseur.
- H_e : chaleur du réfrigérant entrant dans le schiller.

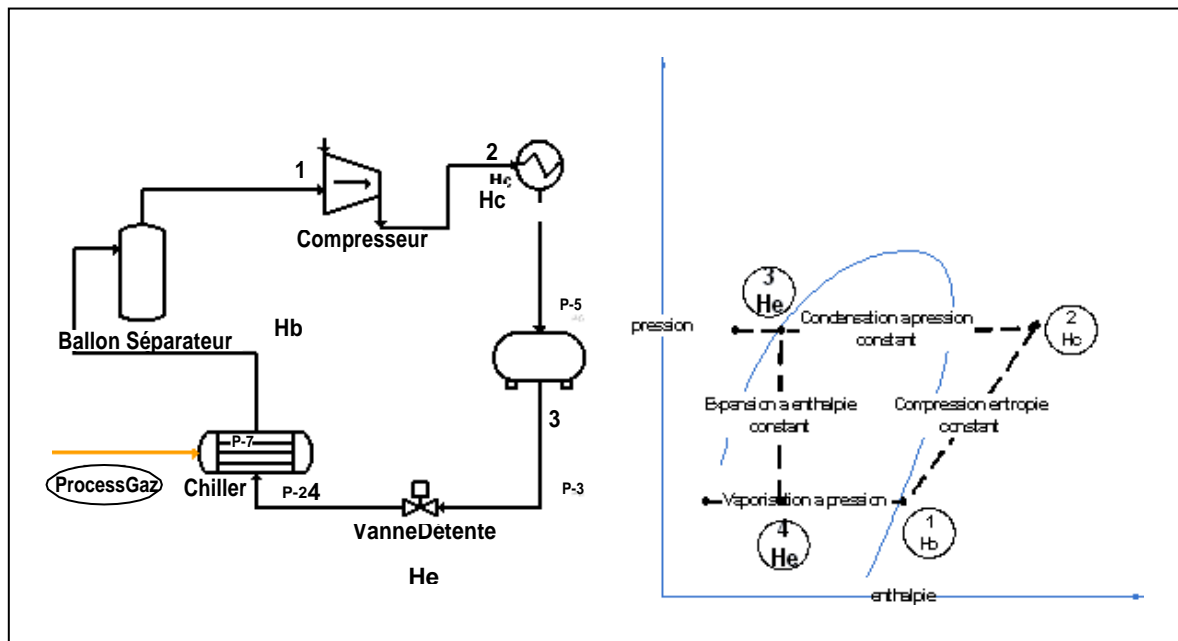


Figure I.1 : Un système de réfrigération typique et le cycle Thermodynamique.

I.3.2. La capacité de réfrigération

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

Le propane et butane produits par la section de séparation sont près refroidis à 43°C par des aéro-réfrigérants et envoyés dans la section de réfrigération. Là, 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/cm² absolue, le butane produit étant lui refroidi au maximum -19°C.

I.3.3. Les équipements principaux

a. Ballons

a.1. Ballons d'aspiration du compresseur

- 02-V-1006 : ballon haute pression.
- 02-V-1007 : ballons moyenne pression.
- 02-V-1008 : ballons basse pression

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

a.2. 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 [1].

c. Les échangeurs de chaleur

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

d. Compresseur

01 compresseur centrifuge (C-1001) à trois étages (haute, moyenne et basse) le compresseur aspire le propane provenant des trois ballons d'aspiration puis il le refoule pour être condensé. Le compresseur est entraîné par une turbine à gaz.

I.3.4. Description du procédé

La section de réfrigération est alimentée en butane et propane, tels que produits par la section de séparation.

a. 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 à la partie HP du réfrigérant. De E-1024 le butane passe dans le refroidisseur secondaire E-1025, Ou il est refroidi à -4°C par le propane réfrigérant de l'étage moyenne pression de la boucle de froid. D'E-1025 le butane s'écoule vers le refroidisseur final E-1026 associé à l'étage BP de la boucle de froid.

La température d'écoulement du butane est contrôlée à l'E-1026 en passant plus ou moins le produit autour du refroidisseur. Le point de consigne du contrôleur de la température d'écoulement est ajusté par la température du fond du fractionnateur dans la section de séparation [1].

L'expédition du butane commercial vers la section de stockage à basse température est contrôlée à la limite de batterie de la section de réfrigération par un contrôleur de contre - pression dans la ligne d'alimentation de butane de la section. Le débit en butane provenant des 4 trains est mélangé dans un collecteur commun afin de produire un mélange homogène du commercial dépentanisé et non dépentanisé.

b. 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 associé 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

passé dans le refroidisseur final E-1023 où il est refroidi à la température la plus basse de -38°C .

À 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 suffisante dans la ligne, afin d’éviter une détente prématurée du produit celle –ci se faisant dans le ballon de détente de propane V-1013. La vapeur du V-1013 est envoyée à la section de re-liquéfaction des vapeurs (BOG) où elle est comprimée, condensée puis envoyée aux réservoirs de la section de stockage à basse température. Le propane liquide du V1013, qui est plus ou moins à la température de son point de bulle atmosphérique.

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 [1].

c. Circuit du fluide réfrigérant

Le fluide réfrigérant des six refroidisseurs est fourni par un circuit fermé de propane, fonctionnant sous trois niveaux de pression distincts [1].

c.1. Choix et fonctionnement du compresseur C-1001

Le choix de ce type de compresseur est judicieux car le compresseur centrifuge est celui exigé quand les taux de compression sont élevés à certains débits, les compresseurs centrifuges présentent de faibles vibrations en fonctionnement normal relativement à d’autres types de compresseurs [2].

Notre compresseur propane est un compresseur centrifuge à trois étages (étage BP ; étage MP ; et étage HP) des ballons ultérieurement décrit, de type : RS2457.

Tableau I.1 : Caractéristiques du compresseur C-1001.

Identification	Pour chaque train
Type	R : compresseur centrifuge à écoulement radial ; S2 : deux étages latérales ; 45 : cote nominale du corps ; 7: nombre de roues.
Machine d'entraînement	Turbine à gaz
Puissance de la machine	4250 KW (paramètres de fonctionnement normaux)
Pression de refoulement (kg/cm ²)	18.2
Pression d'aspiration (kg/cm ²)	BP : 1.05 MP : 3.4 HP : 8
Température d'aspiration (°C)	BP : - 40.9 MP : -3.0 HP : 28.5
Température de refoulement (°C)	HP : 70.5
Vitesse d'arbre (RPM)	8760 t/min

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

L'étage MP fournit un niveau de température intermédiaire de -8°C, et constitue la première alimentation latérale du compresseur C-1001.

L'étage HP fournit un niveau de température le plus élevé du fluide réfrigérant soit 18°C et constitue la deuxième alimentation latérale de C-1001.

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

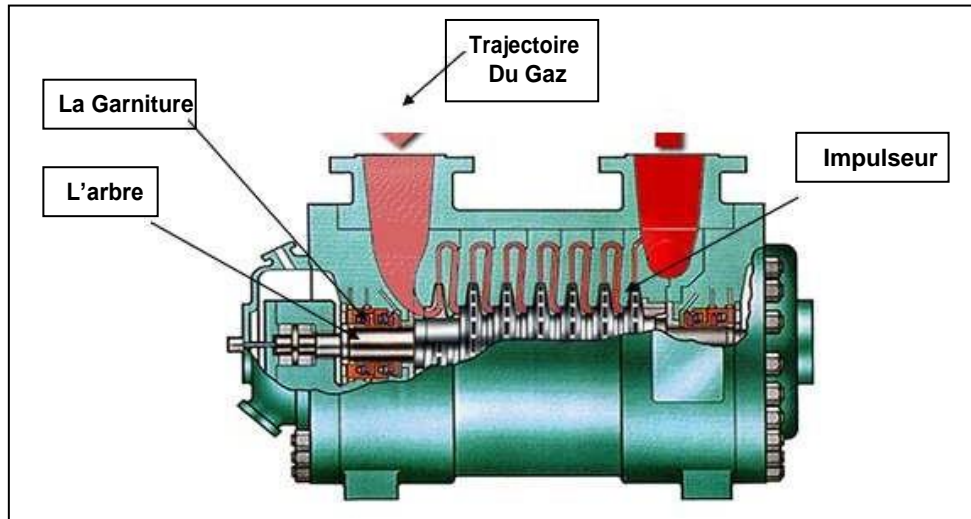


Figure I.2 : Compresseur centrifuge.

A la sortie du compresseur, le propane réfrigérant gazeux est condensé dans l'aérocondenseur E-1027. Le condensât du E-1027s'accumule dans l'accumulateur de propane V-1009 avant d'être recyclé dans boucle de froid.

I.3.5. Dispositif anti-Pompage

Le compresseur à propane est équipé d'un dispositif de protection contre le pompage qui agit sur une vanne de recyclage du débit minimum à l'aspiration.

Le débit total précis du gaz passant par chaque étage est déterminé et comparé à une valeur mini recommandée. Lorsque le débit effectif tombe au-dessous de ce minimum recommandé, qui est le point de consigne du contrôleur du débit anti-pompage, la vanne de recyclage du gaz s'ouvre automatiquement pour le débit mini.

A l'étage BP, la protection anti-pompage est obtenue par un contrôleur de pression différentielle, qui détermine la différence de pression maxi autorisée dans l'étage BP, par rapport à une vitesse de rotation donnée du compresseur, en mesurant le débit à l'aspiration du compresseur. Le débit d'aspiration est augmenté, au besoin, en ouvrant la vanne de recyclage des gaz.

A tous les étages, le débit chaud recyclé doit être refroidi et ceci est obtenu par injection de propane liquide sous contrôle de la température du gaz aspiré dans les étages en question.

Pendant le fonctionnement normal, un recyclage du gaz pour l'anti-pompage n'est pas nécessaire. Cependant, ce recyclage peut devenir nécessaire en travaillant avec un faible débit, en fonction des charges de chaque étage [2].

I.3.6. Procédure de démarrage de la section de réfrigération

Après un déclenchement du compresseur donc l'arrêt total de la section de réfrigération nous avons besoin de suivre une procédure de démarrage qui est la suivante [1] :

a. Mise en marche initiale

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

b. Mise en marche normale

- Vérifier les vannes qui sont en position pour la mise en marche.
- Egaliser les pressions des ballons cotés aspiration à 3kg/cm^2 abs.
- Mettre en service le condenseur de propane refroidi par air.
- Ouvrir complètement les vannes de commande de recyclage et les vannes de démarrage.
- Démarrer la turbine à gaz au moyen de la séquence de mise en marche.
- Augmenter la vitesse du compresseur jusqu'à la vitesse de régime.
- Fermer lentement la vanne de démarrage au moyen du dispositif de réglage manuel.
- Fermer lentement la vanne de commande du recyclage, et mettre le système de contrôle anti- pompage et celui de la vitesse de compresseur.
- Introduire le liquide produit dans les refroidisseurs et dans le ballon.

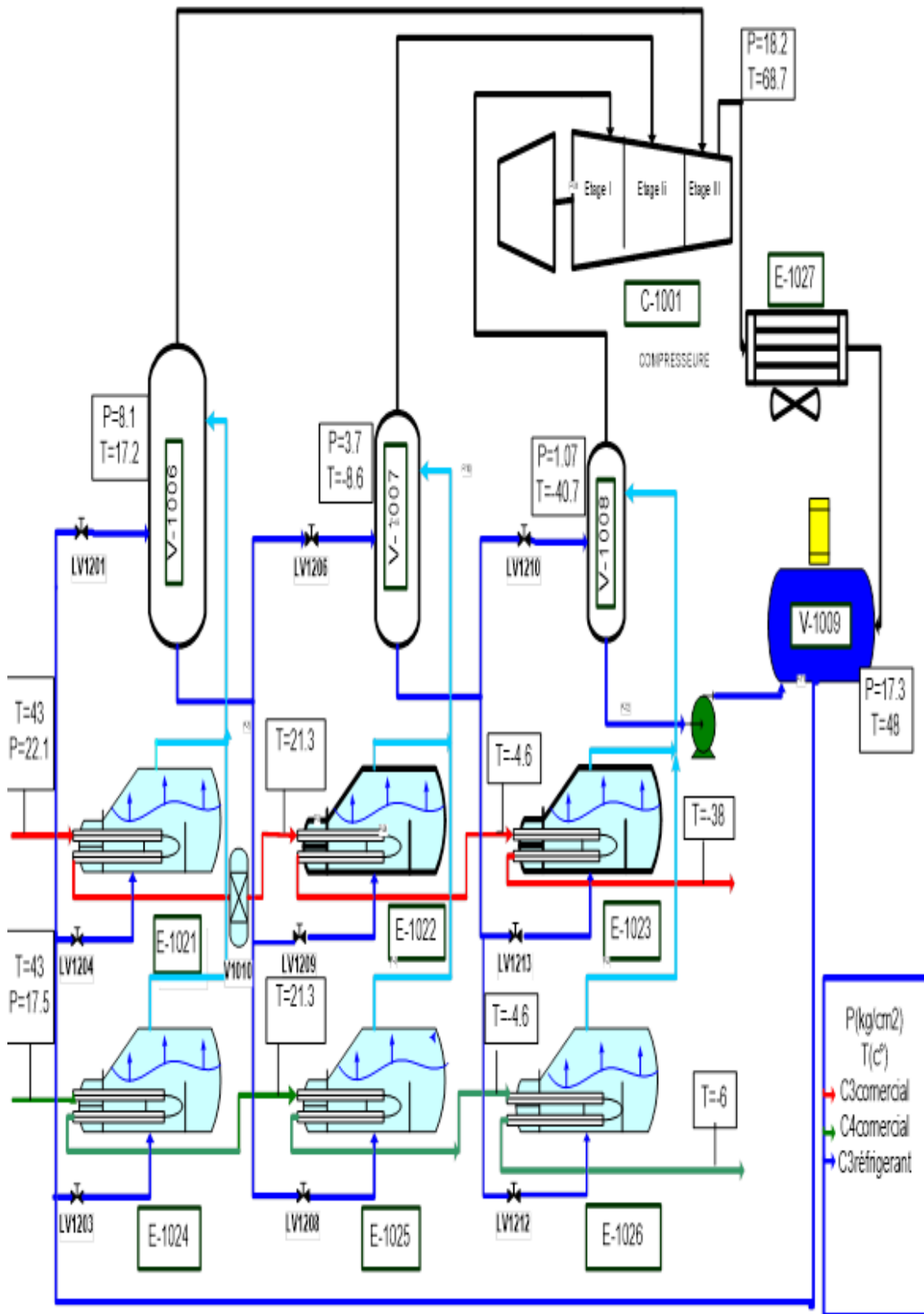


Figure I.3 : Section de réfrigération.

I.4. Consommation énergétique

La maîtrise des consommations énergétiques ainsi que la réduction des gaz torchés ont été toujours considérées comme un grand challenge pour les unités opérationnelles dans le domaine du pétrole et du gaz dans le monde.

La consommation correspond à la quantité d'énergie consommée dans le complexe pour séparer du GPL en propane et butane. Elle est égale à un temps donné à la différence entre les thermies entrantes et les thermies sortantes sous forme de produits finis (C_3H_8 ; C_4H_{10}).

Elle est généralement quantifiée par le coefficient de consommation (CE%)

(Figure I.4).

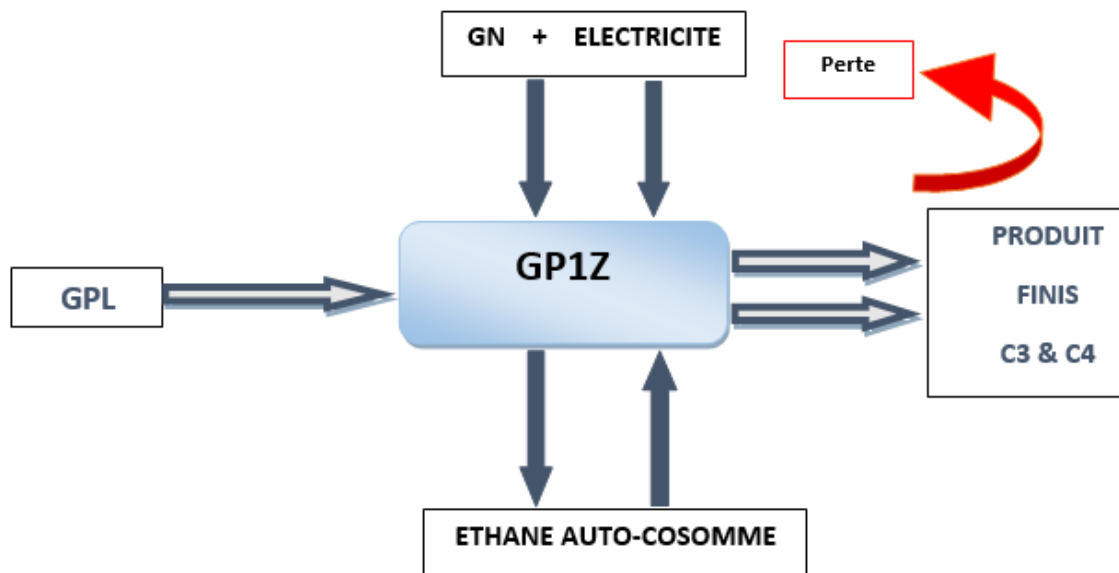


Figure I.4 : schéma de bilan d'énergie.

L'usine de séparation utilise des équipements pour le fractionnement du produit GPL, cette dernière elle consomme une énergie importante pour réaliser ce procédé.

Tableau I.2 : calcul de l'énergie sortante durant l'année 2018.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Energie						
Energie sortante 10 ⁷ Kcal	634021,1	598693,6	656696,6	561877,7	660015,0	552460,9
Propane (Tonne)	304957	285781	311044	267928	312600	260472
Butane (Tonne)	224660	214365	237616	201449	238770	201083
Mois	juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Energie						
Energie sortante 10 ⁷ (Kcal)	512652,88	598880,67	727866,50	659607,61	628639,70	653343,79
Propane (Tonne)	236587	271274	332966	305150	294445	309615
Butane (Tonne)	191795	229297	275366	246060	231429	236467

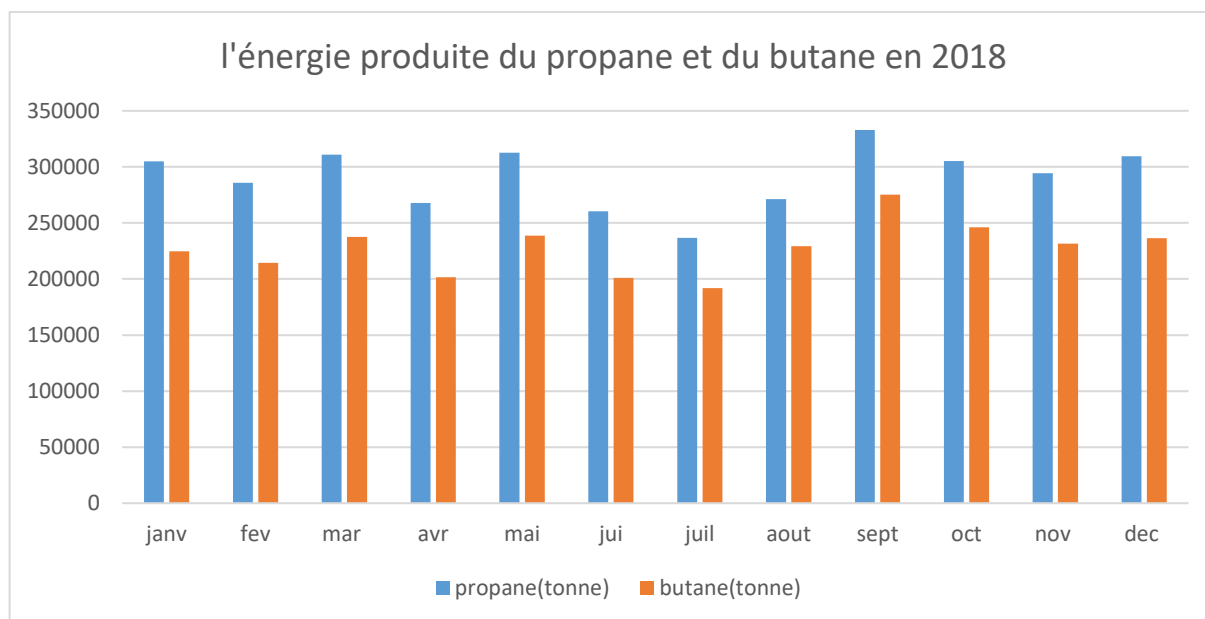


Figure I.5 : production mensuel du propane et du butane (2018)

CHAPITRE II
IMPACT
ENVIRONNEMENTAL
DES GAZ
TORCHES

La pollution de l'air (ou pollution atmosphérique) est une altération de la qualité de l'air pouvant être caractérisée par des mesures de polluants chimiques, biologiques ou physiques présents dans l'air, ayant des conséquences préjudiciables à la santé humaine, aux êtres vivants, au climat, ou aux biens matériels.

Ces polluants peuvent être d'origine naturelle ou anthropique et concerner l'air atmosphérique et/ou l'air intérieur des espaces clos (véhicules, maisons, usines, bureaux). Ils constituent généralement des cocktails de polluants tels que des particules en suspension, ou autres substances dont la concentration et les durées de présence suffisent à produire un effet toxique et/ou écotoxique. Ils peuvent interagir avec la lumière (pollution photochimique). [3]

II.1. Le torchage dans l'industrie du pétrole et du gaz

Le torchage est le brûlage du gaz naturel ou gaz associé au brut, qui ne peut être traité pour la vente pour des raisons techniques, économiques ou de sécurité. La disponibilité de torches ou d'évents de dégazage assure l'évacuation des gaz associés d'une manière sécurisée dans le cas des situations d'urgence ou d'arrêt des unités.

Lorsqu'il n'existe aucun débouché pour le gaz, le brûlage à la torche était jusqu'à nos jours la solution la plus sûre et la plus courante pour l'éliminer.

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 LPG. Et c'est la méthode habituellement utilisée pour l'élimination des gaz inflammables 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.

II.1.2. 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.

- Combustion complète

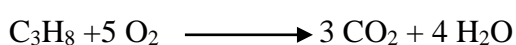
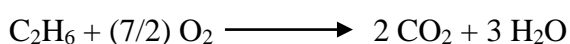
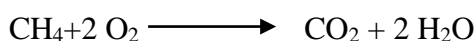


Figure II.1 : combustion complète

- Combustion incomplète

C'est le cas des torchages lors des d'arrêts et des démarrages ou pendant les déclenchements, la charge du gaz sera importante ; donc la combustion est incomplète ce qui donne le monoxyde de carbone (CO) et les vapeurs d'eau (H₂O) comme produits :

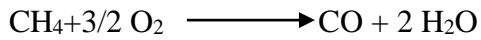


Figure II.2: Combustion incomplète.

II.2. Le changement climatique et les gaz à effet de serre

Ce n'est plus un secret pour personne, la Terre chauffe anormalement. Depuis le début de l'ère industrielle, sa température est montée de 0,6 °C en moyenne et le niveau des mers s'est élevé de 10 à 20 cm. Déjà nous subissons les premiers effets négatifs : Climat désordonné, inondations, canicules, sécheresses, fonte des glaciers, élévation du niveau des mers, modification de la flore et de la faune. Les coupables identifiés par la grande majorité des experts de la planète sont les gaz dits “ à effet de serre” (GES), dont principalement le gaz carbonique ou dioxyde de carbone qui engendre environ 55 % de l'effet de serre anthropique. Produit en grande quantité par les activités humaines (transport, habitat et industrie), ce gaz s'échappe essentiellement lors de la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole ou gaz). En un siècle, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmenté de 50 % et celle du CO₂ de 31 %.

Certes, les quantités de gaz carbonique émises par les hommes (30 milliards de tonnes de CO₂ par an, soit 8,1 milliards de tonnes de carbone) constituent une faible part de l'ensemble du cycle annuel du carbone, mais les puits naturels de carbone que sont la biosphère et les océans n'en résorbent que la moitié. Le surplus s'accumule année après année dans l'atmosphère terrestre en perturbant les délicats mécanismes du climat. Si nous ne faisons rien ou pas suffisamment pour réduire nos émissions de CO₂ et mieux gérer notre consommation d'énergies fossiles, les experts prévoient pour 2100 une augmentation de la température moyenne de 2 à 6 °C et une élévation de 9 à 88 cm du niveau de la mer, avec toutes les conséquences négatives qui en découlent. [4]

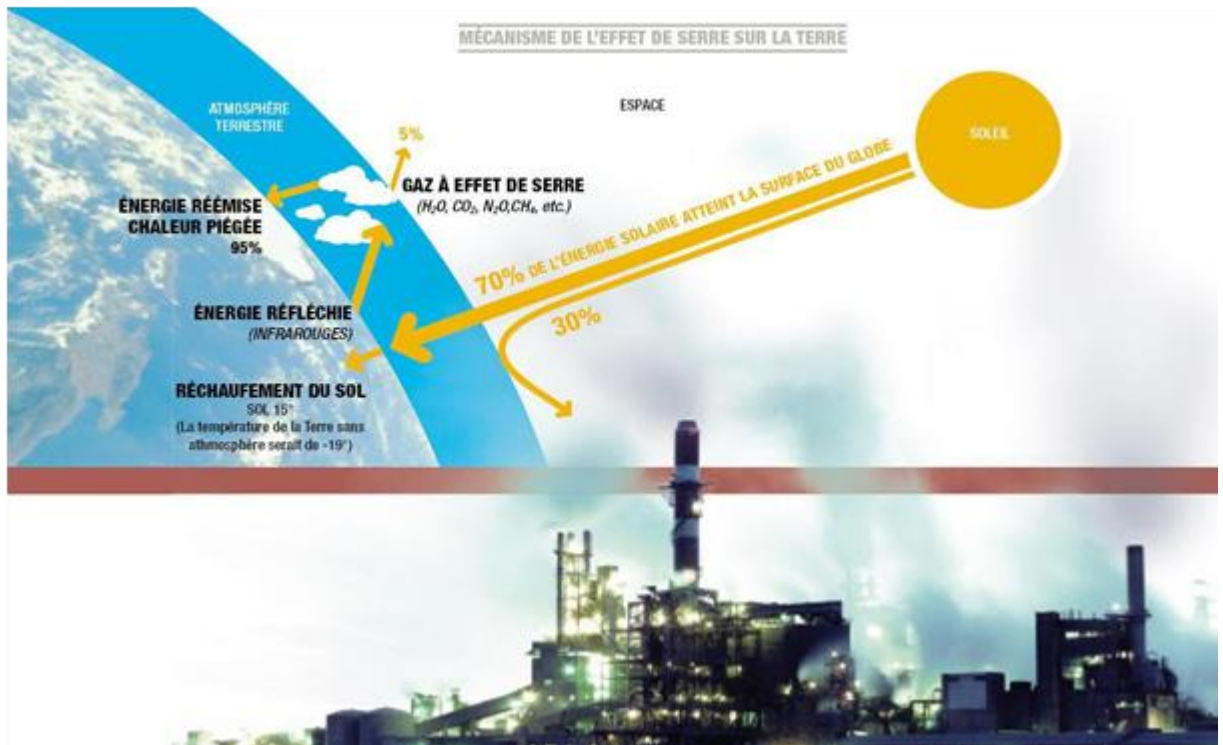


Figure II.3 : Mécanisme de l'effet de serre sur la terre.

II.2.1. L'effet de serre, un processus normalement bénéfique

La surface du globe absorbe environ la moitié de l'énergie reçue du soleil, et le sol réémet cette énergie sous forme de chaleur. A son tour, une partie de ce rayonnement est absorbée par les nuages et certains gaz. Ce sont les gaz à effet de serre (GES) qui ne constituent qu'1% de l'atmosphère. Ces gaz dispersés dans l'atmosphère de la Terre absorbent une partie du rayonnement infrarouge réémis par notre planète. C'est ce processus que l'on appelle l'effet de serre [4].

Il est, en lui-même, naturel et bénéfique car il permet de maintenir à la surface de la Terre une température positive, compatible avec le développement de la vie. Sans lui, la température moyenne de la surface du globe serait d'environ $-18^{\circ}C$ au lieu de $+15^{\circ}C$. A l'inverse, sur Vénus, où le gaz carbonique est très abondant, la température atteint $420^{\circ}C$. Après la vapeur d'eau, principal GES, dont l'abondance est déterminée par la température de l'atmosphère, le dioxyde de carbone (CO_2) joue, par son effet de serre intense et sa persistance dans l'atmosphère, un rôle prépondérant.

II.2.2. Le rôle perturbateur des activités humaines

La circulation du carbone, sous forme gazeuse, dissoute dans l'eau ou solide, est un élément clé de la compréhension du climat et des changements qui peuvent s'opérer. Composé d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène, le gaz carbonique est prélevé par les plantes, les bactéries et le plancton. Ces derniers absorbent le carbone et rejettent l'oxygène. Le processus inverse s'effectue lors de la respiration ou bien lors de la décomposition de la matière organique. Lorsque la biomasse ne change pas, ce cycle d'échanges maintient un équilibre entre la masse de gaz carbonique prélevée et celle rejetée. Le gaz carbonique s'échange également avec les océans par dissolution dans l'eau ou dégazage vers l'atmosphère. Si la température des eaux n'évolue pas, dissolution et dégazage s'équilibrent.

Depuis la moitié du XIX^e siècle et le début de l'ère industrielle, les activités humaines ont commencé à perturber ce cycle par un recours croissant aux énergies fossiles - charbon, pétrole, gaz naturel - dont la combustion utilisée pour le chauffage, l'éclairage, les transports et l'industrie, engendre des émissions de gaz carbonique. Les émissions mondiales de gaz carbonique liées à ces activités atteignent aujourd'hui 29 milliards de tonnes (Gt) par an. La concentration de CO₂ dans l'air est ainsi passée de 280 ppm en moyenne à la fin du XVIII^e siècle, avant la révolution industrielle, à 380 ppm en 200 et continue d'augmenter chaque année de 1 à 3 ppm. La rapidité avec laquelle le CO₂ s'accumule ainsi que la signature isotopique du carbone ne laissent aucun doute sur l'origine anthropique, c'est-à-dire humaine, du phénomène. [4]

Cette augmentation rapide de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est telle que la moitié seulement des émissions générées par les activités humaines dans une année semble pouvoir être absorbée par la planète. En effet, le rythme d'absorption par les océans et les forêts qui agissent en véritables puits de carbone, dans la mesure où ils peuvent absorber le CO₂ en surplus, ne permet pas d'absorber tout le flux des émissions anthropiques.

II.2.3. Les conséquences du réchauffement climatique

La durée de vie des gaz à effet de serre dans l'atmosphère varie beaucoup d'un gaz à un autre. Si, par exemple, le méthane n'y survit qu'une douzaine d'années, le gaz carbonique y reste stocké une centaine d'années. Pour cette raison, son effet persistera très longtemps.

Conséquence de cet effet, d'ici à 2100, la température pourrait augmenter de 2 à 6° C, selon les scénarios du GIEC, le Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cette fourchette large s'explique, d'un côté, par les incertitudes sur les scénarios

d'émission du XXI^e siècle, qui dépendent des futures décisions politiques et de la technologie, et, de l'autre, par la complexité des phénomènes à prendre en compte pour prévoir l'évolution du climat. Ce réchauffement équivaldrait à celui qui a mis fin aux glaciations, il y a 1000 ans, mais il ne prendrait cette fois qu'une centaine d'années, contre plusieurs milliers d'années à l'époque et, surtout, il se produirait à partir d'une période déjà chaude. [4]

C'est cette situation qui est inédite. Des phénomènes climatiques se produisent déjà, qui sont très probablement les conséquences du réchauffement, même s'il est impossible d'attribuer chaque événement climatique particulier à ce dernier : les périodes de sécheresse se prolongent dans de nombreuses régions, tandis que, dans d'autres régions les précipitations dépassent la moyenne, comme en Europe de l'Est ou en Asie de l'Ouest. L'Europe n'est pas épargnée par des vagues de chaleur comme celles de l'été 2003, ou dans l'Europe du Sud, de l'été 2007. Les impacts du changement climatique se font aussi sentir sur les écosystèmes, ainsi que sur les activités humaines, comme l'agriculture.

II.3. Impact sur les êtres humains

Nous respirons en permanence du CO₂. Ce gaz n'est dangereux pour la santé humaine qu'à de très fortes concentrations. Jusqu'à 50 000 ppm (5%), il peut provoquer des maux de tête, des vertiges et des nausées. Au-delà, il peut entraîner la mort en cas d'exposition prolongée, notamment par asphyxie quand la concentration d'oxygène dans l'air descend en dessous des 16% nécessaires à la vie humaine. Cependant si le CO₂ s'échappe dans une zone ouverte ou plane, il se disperse rapidement dans l'air, même en l'absence de vent. Les risques potentiels pour les populations se limitent donc aux fuites dans des environnements clos ou dans des dépressions topographiques où les concentrations sont susceptibles d'augmenter car le CO₂ est plus dense que l'air et a tendance à s'accumuler à proximité du sol. Pour mieux gérer et prévenir les risques, il est donc utile de connaître les caractéristiques des zones où des fuites de gaz se produisent. De nombreuses personnes vivent dans des régions caractérisées par des émanations quotidiennes de CO₂. Les habitants évitent tout problème en respectant quelques précautions simples, comme ne pas dormir au sous-sol et bien aérer les maisons.

II.4. Impact sur l'environnement

L'impact potentiel sur les écosystèmes varie largement selon que le site de stockage est situé en mer ou en terre. Dans les écosystèmes marins, le principal impact des fuites de CO₂ est la baisse locale du pH qui concerne surtout les animaux vivant sur le fond marin et ne pouvant pas se déplacer. Les conséquences sont cependant limitées spatialement et, une fois la

fuite résorbée, l'écosystème montre rapidement des signes de rétablissement. Dans les écosystèmes terrestres, les impacts se résument ainsi :

- **Végétation** – bien que des concentrations de 20 à 30% de CO₂ dans le sol puissent favoriser la fertilisation et augmenter le rythme de croissance de certaines espèces, au-delà de ce seuil, la présence de CO₂ peut être létale pour certaines plantes. Cet impact est cependant extrêmement localisé autour de la fuite de gaz et, quelques mètres plus loin, la végétation reste robuste et en bonne santé.
- **Qualité des eaux potables** – la composition chimique des eaux souterraines peut changer avec l'addition de CO₂. L'eau devient plus acide et certains éléments risquent de se dissocier des roches et des minéraux de l'aquifère.
- **Intégrité de la roche** – l'acidification des eaux souterraines peut entraîner une dissolution de la roche, une diminution de l'intégrité structurelle et la formation de cuvettes (dolines). [4]

II.5.Problématique

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.



Figure II.4 : Torchère d'une installation pétrolière.

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.

A l'heure actuelle, les problématiques de captage, de stockage et de réductions des gaz GES sont un enjeu de recherche majeur, et de nombreux instituts industriels et de recherche mènent des projets sur ces technologies.

De ce fait, réduire les gaz torchés afin de préserver l'environnement et augmenter le gain d'énergie en trouvant des solutions techniques favorables reste l'une des grandes préoccupations.

Au niveau du complexe de GP1/Z au cours du démarrage de la section de réfrigération de la phase II une quantité considérable de propane réfrigérant est brûlée, cette situation a incité les exploitants à pousser les recherches de l'entreprise pour trouver le moyen de minimiser cette perte et avoir un gain d'énergie.

Prévenir, connaître, réhabiliter, tels sont les mots clés d'une gestion efficace pour l'aide à la décision viable pour réduire les émissions de ce gaz dans l'atmosphère, il est crucial d'en étudier la sécurité et les risques.

CHAPITRE III
CALCULS ET
RESULTATS

III.1. Solution proposée

Notre mission est d'apporter à l'industrie des technologies performantes, économiques, propres et durables pour relever un des grands défis sociétaux du 21e siècle : changement climatique et impacts environnementaux

L'objectif initial est avant tout d'éliminer le torchage continu des gaz associés en suivant un processus d'identification et d'évaluation des alternatives qui permettraient d'utiliser le gaz associé au lieu de le brûler à la torche, donc il 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.

Notre étude est basée sur la récupération du propane réfrigérant torché lors du démarrage de la section réfrigération de la phase II après un arrêt (déclenchement).

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 afin de réduire l'impact négatif environnemental et économique des gaz torchés.

III.2. Estimation du volume de propane torché

Nous nous sommes rapprochés du service planning afin de déceler le nombre et les dates des arrêts dus aux déclenchements. Cette analyse nous a permis après avoir sélectionner quelques cas réels de calculer le volume du propane torché en faisant la différence du niveau du réfrigérant dans la ballon V-1009 avant et après l'arrêt. Les informations sur le niveau de réfrigérant dans le ballon V-1009 ont été tirées du PHD.

Actuellement GP1Z gère l'usine de GPL à partir de plusieurs salles de contrôle grâce à ces dernières stations on peut accède en temps réel aux données DCS, le PHD gère l'historisation et archivage des données process dont il fournit un ensemble d'application desktop : rapports Excel, courbes, Schématiques adapter aux besoins du client (display) et des vue de tendances « process trend ».

III.2.1. Nombre d'arrêts de trains

Les arrêts les plus fréquent qui sont la source de notre problème sont souvent issue de :

- Arrêt pompage RTO.
- Coupure électrique.
- Manque de charge.
- Arrêt pour travaux.
- Stock haut en propane ou en butane.
- Déclenchement par une fluctuation électrique.

➤ Problèmes ou défaillances technique : transformateur, pompe...etc.

Tableau III.1 : Nombre d'arrêt par an

Nombre d'arrêts	Trains
11	500
12	600

III.2.2. Méthode de calcul du niveau au V-1009

Le ballon horizontal : V1009, comme il est sur l'annexe n°02 le volume est 130,2m³ avec : *D=4m

*L=9m

On procède selon la méthode montrée sur l'annexe n°03.

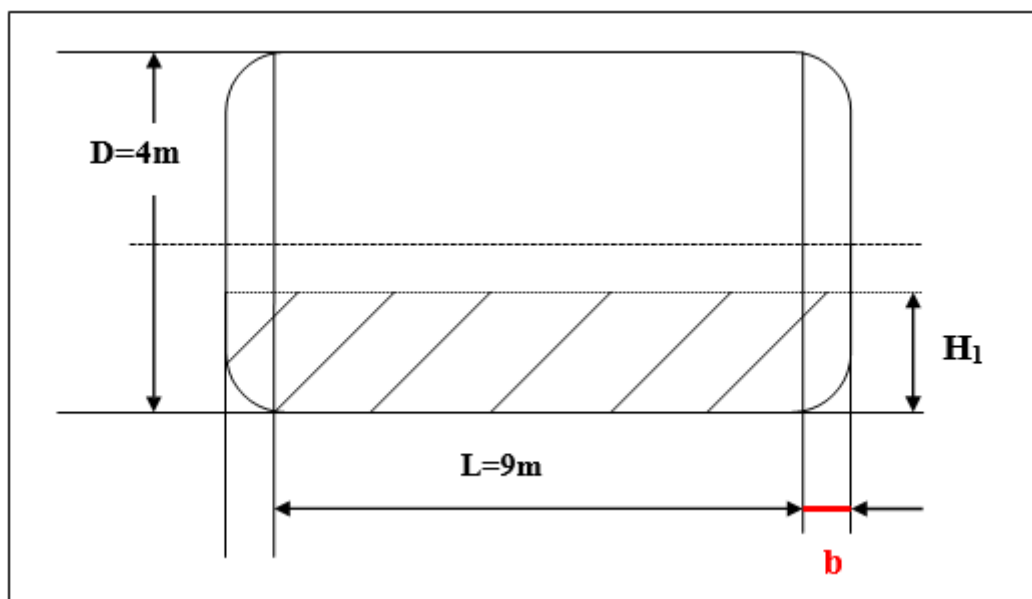


Figure III.1 : Dimensions du ballon V-1009.

III.2.3. Volume de cylindre horizontal

Pour calculer le volume total on utilise la formule suivante qui est la somme du volume dans les deux cotés et le volume du cylindre.

$$V_t = (1/6) \times [\pi.K_1.D^3] + (1/4) \times [\pi.D^2.L] \text{ [m}^3\text{]} \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

- $K_1 = 2b/D$.
- $Z_c = H_1/D$.
- $Z_c = H_1/D$.

$$\text{Volume partiel} = (1/6) \times [\pi \cdot K1 \cdot D^3] \times [f(Z_e)] + (1/4) \times [\pi \cdot D^2 \cdot L] \times [f(Z_c)] \text{ [m}^3\text{]} \dots \dots \dots (2)$$

Avec :

- $f(Z_e)$: coefficient d'un cylindre horizontal.
- $f(Z_c)$: coefficient ellipsoïdal.

Tableau III.2 : Les différentes opérations effectuées au niveau des trains.

Casreel	Date et temps	Niveau du ballon (%)	Problème
Cas 1 (Train500)	Arrêt le : 09/02/2019 à 19h15	36.59	Arrêt pour réparation gaz chaude turbine à gaz
	Démarrage le : 10/02/2019 à 07h46	27.05	
Cas 2 (Train600)	Arrêt le : 11/02/2019 à 23h56	38.89	Déclenchement par une fluctuation électrique
	Démarrage le : 12/02/2019 à 09h51	17.91	
Cas 3 (Train500)	Arrêt le : 27/07/2018 à 13h42	41.77	Manque de charge
	Démarrage le : 24/07/2018 à 14h42	26.82	

Voici les diagrammes respectifs des arrêts des trois cas en sachant que :

PI_1210.PV : indicateur de la pression à l'aspiration du ballon basse pression en (kg/cm^2) .

PI_1211.PV : indicateur de la pression à l'aspiration du ballon moyenne pression (kg/cm^2) .

PI_1212.PV : indicateur de la pression à l'aspiration du ballon haute pression (kg/cm^2) .

PI_1213.PV : indicateur de la pression au refoulement du compresseur (kg/cm^2) .

LI_1216.PV : indicateur du niveau au ballon V-1009 en (%).

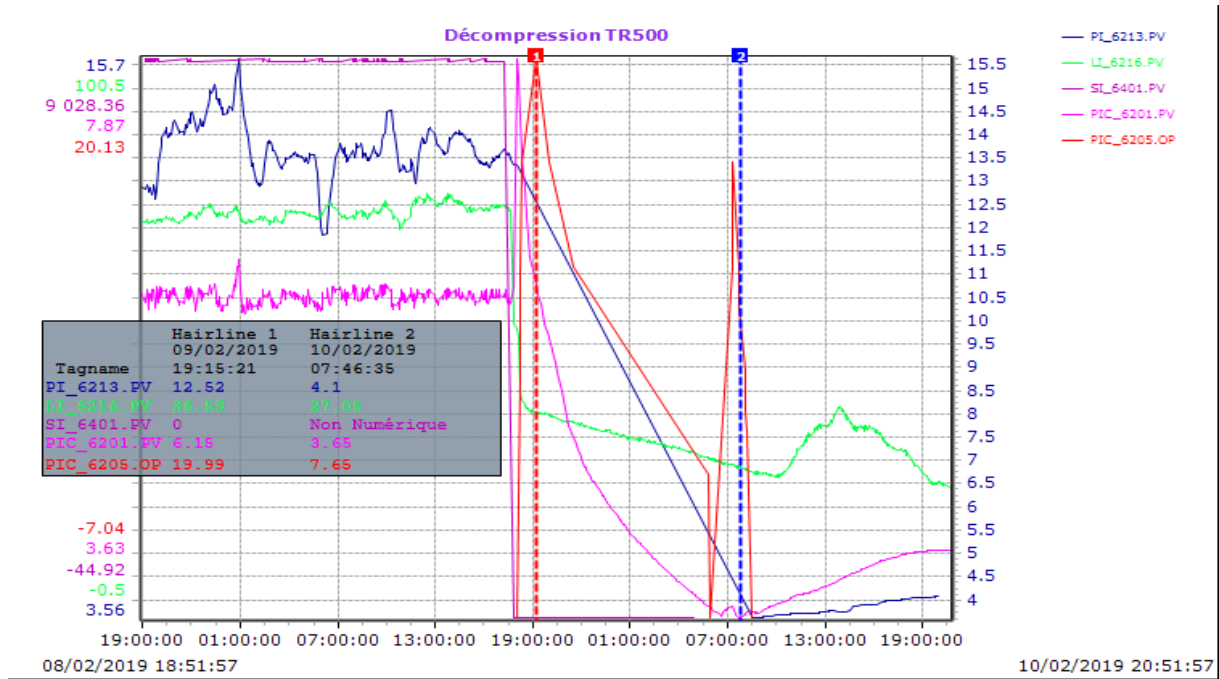


Figure III.2 : Les pressions des trois ballons et le refoulement du compresseur avant l'arrêt.

Le niveau du ballon se diminue de 36,59 % à 27,06 % après le démarrage de la section réfrigération.

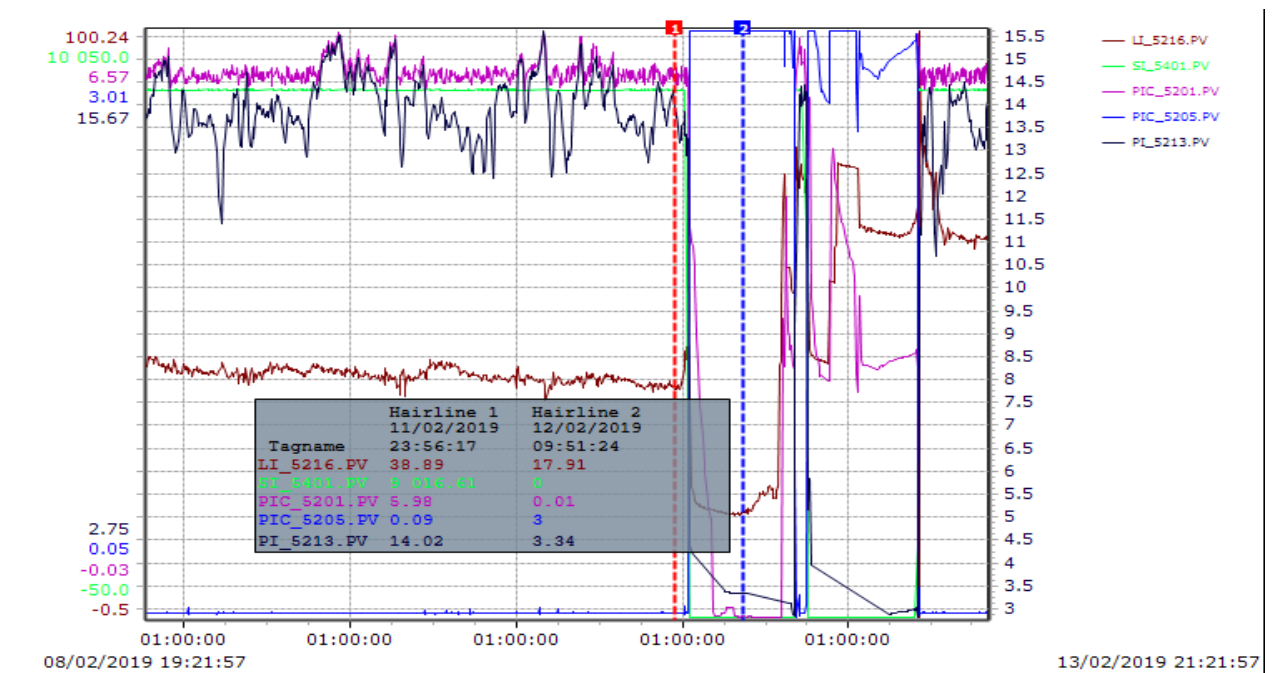


Figure III.3 : Les pressions des trois ballons et le refoulement du compresseur au démarrage.

L'allure du niveau se diminue de 38,89 % à 17,91 % au démarrage.

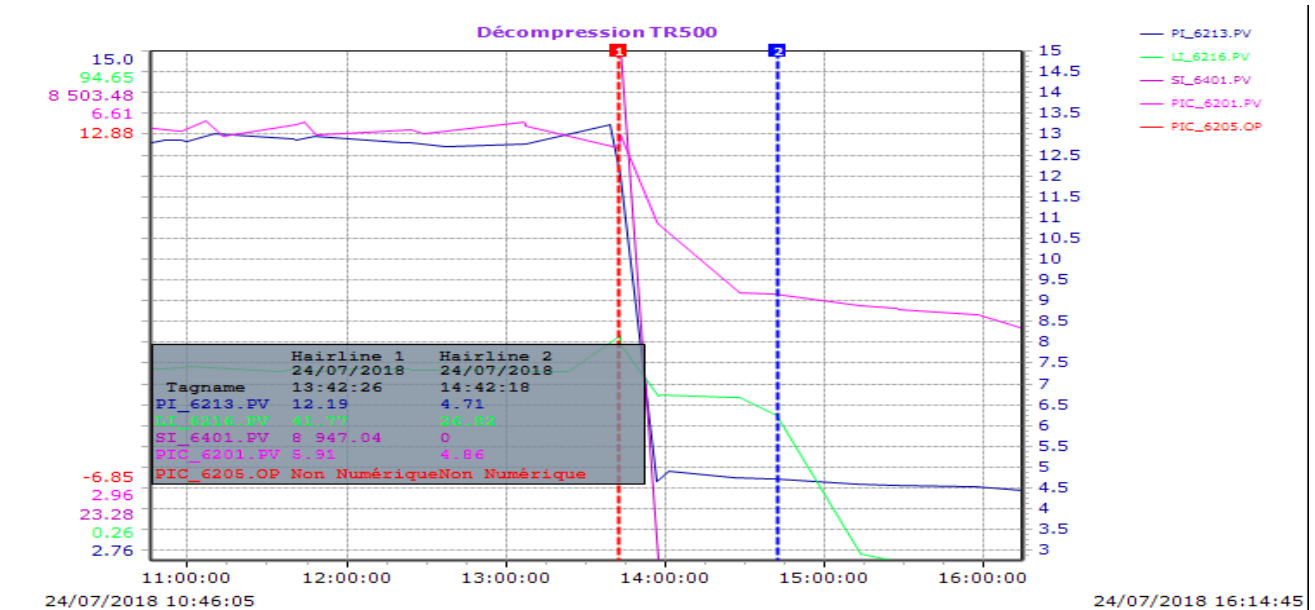


Figure III.4 : Les pressions des trois ballons et le refoulement du compresseur au démarrage.

Le niveau du ballon se diminue de 41,77 % à 26,82 % après le démarrage de la section réfrigération.

1. Premier cas

a- Calcul de la hauteur H1

100 % D = 4m.

36.59 % H = 1,46m.

27.05 % H = 1,08m.

b- Calcul du volume partiel correspondant à 36.59%

36.59 % H = 1.46m. $K_1 = 2b/D = b/2 = 0, 51037$

$Z_e = Z_c = H_1/D = 1,46 / 4 = 0,365$

f (Z_e) : 0,305205 (voir annexe 01).

f (Z_c) : 0,332678 (voir annexe 02).

- Volume partiel = $(1/6) \times [\pi.K_1.D^3] \times [f(Z_e)] + (1/4) \times [\pi.D^2.L] \times [f(Z_c)]$

$V_p = (1/6) \times [\pi.64.0, 51037] \times [0,305205] + (1/4) \times [\pi.9.16] \times [0,332678]$

$V_p = 42,82 \text{ m}^3$

c- Calcul du volume partiel correspondant à 27.05%

27.05 % H = 1.08m.

$K_1 = 2b/D = b/2 = 0, 51037$

$Z_e = Z_c = H_1/D = 1, 08 / 4 = 0, 27$

f (Z_e) : 0,187679 (voir annexe 01).

f (Z_c) : 0,225783 (voir annexe 02).

- Volume partiel = $28,73 \text{ m}^3$

d- Volume torché/arrêt 1

$$V_{t.a1} = 42,82 - 28,73 = 14,09 \text{ m}^3$$

2. Deuxième cas

a- Calcul de la hauteur H1

100% $D = 4\text{m}$.

38,89 % $H = 1,55\text{m}$.

17,91 % $H = 0,71\text{m}$.

b- Calcul du volume partiel correspondant à 38,89%

38,89 % $H = 1,55\text{m}$. $K_1 = 2b/D = b/2 = 0,51037$

$Z_e = Z_c = H_1/D = 1,55 / 4 = 0,387$

$f(Z_e): 0,333386$ (voir annexe 01).

$f(Z_c): 0,357359$ (voir annexe 02).

- Volume partiel = $46,09 \text{ m}^3$

c- Calcul du volume partiel correspondant à 17,91%

17,91 % $H = 0,71\text{m}$.

$K_1 = 2b/D = b/2 = 0,51037$

$Z_e = Z_c = H_1/D = 0,71 / 4 = 0,177$

$f(Z_e) : 0,82897$ (voir annexe 01).

$f(Z_c) : 0,119477$ (voir annexe 02).

- Volume partiel = $27,67 \text{ m}^3$

d- Volume torché/arrêt 2

$$V_{t.a2} = 46,09 - 27,67 = 18,42 \text{ m}^3$$

3. Troisième cas

a- Calcul de la hauteur H1

100 % $D = 4\text{m}$.

41,77 % $H = 1,67\text{m}$.

26,82 % $H = 1,07\text{m}$.

b- Calcul du volume partiel correspondant à 41,77%

41,77 % $H = 1,67\text{m}$.

$K_1 = 2b/D = b/2 = 0,51037$

$Z_e = Z_c = H_1/D = 1,67 / 4 = 0,417$

$f(Z_e) : 0,376644$ (voir annexe 01).

$f(Z_c) : 0,394808$ (voir annexe 02).

- Volume partiel = $51,06 \text{ m}^3$

c- Calcul du volume partiel correspondant à 26,82%

26,82 % $H = 1,07\text{m}$.

$K_1 = 2b/D = b/2 = 0,51037$

$Z_e = Z_c = H_1/D = 1,07 / 4 = 0,267$

$f(Z_e) : 0,175799$ (voir annexe 01).

$f(Z_c) : 0,214453$ (voir annexe 02).

Volume partiel = $27,24 \text{ m}^3$

d- Volume torché/arrêt 2

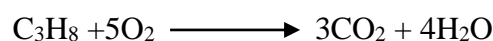
$V_{t.a2} = 51,06 - 27,24 = 23,82 \text{ m}^3$

III.2.4.La quantité annuelle de propane torché

Après calcul nous obtenons un volume moyen à torcher de $18,77 \text{ m}^3$ ce qui correspond à une masse de $8934,52 \text{ kg}$. (Avec $\rho = 476 \text{ kg/m}^3$ aux conditions de stockage aux V-1009 P=14 baret T=35°C), sachant que le nombre d'arrêt par an égal à 23 arrêt, la quantité annuelle moyenne de propane torché durant l'année 2018 sera :

205,49 Tonne/an

Pour une combustion complète dont une mole de propane brûlé produit 3 moles de CO_2 , la quantité massique émise sera $26803,6 \text{ kg}$ par arrêt.



III.3. Objectif de l'étude

Dans le but de récupérer la quantité des gaz torchés nous proposons ce qui suit :

La récupération des gaz torchés par une conduite ramenant à la même pression que la ligne BOG ; vue que le ballon HP V-1006 présente un volume quatre fois plus important que celle des autres ballons MP et BP et en plus sa position est plus proche à la ligne BOG. Alors le soulager conduit à diminuer les pressions des trois ballons à 3 kg/cm^2 de la boucle (condition recherchée pour le démarrage) ces vapeurs du propane contenus dans le ballon V-1006 au moment de l'arrêt sont maintenus à l'état gazeux aux conditions de pression d'arrêt généralement entre $5 \text{ et } 7 \text{ kg/cm}^2$ et une température proche de la température de service mais tend vers l'ambient si l'arrêt dure très longtemps.

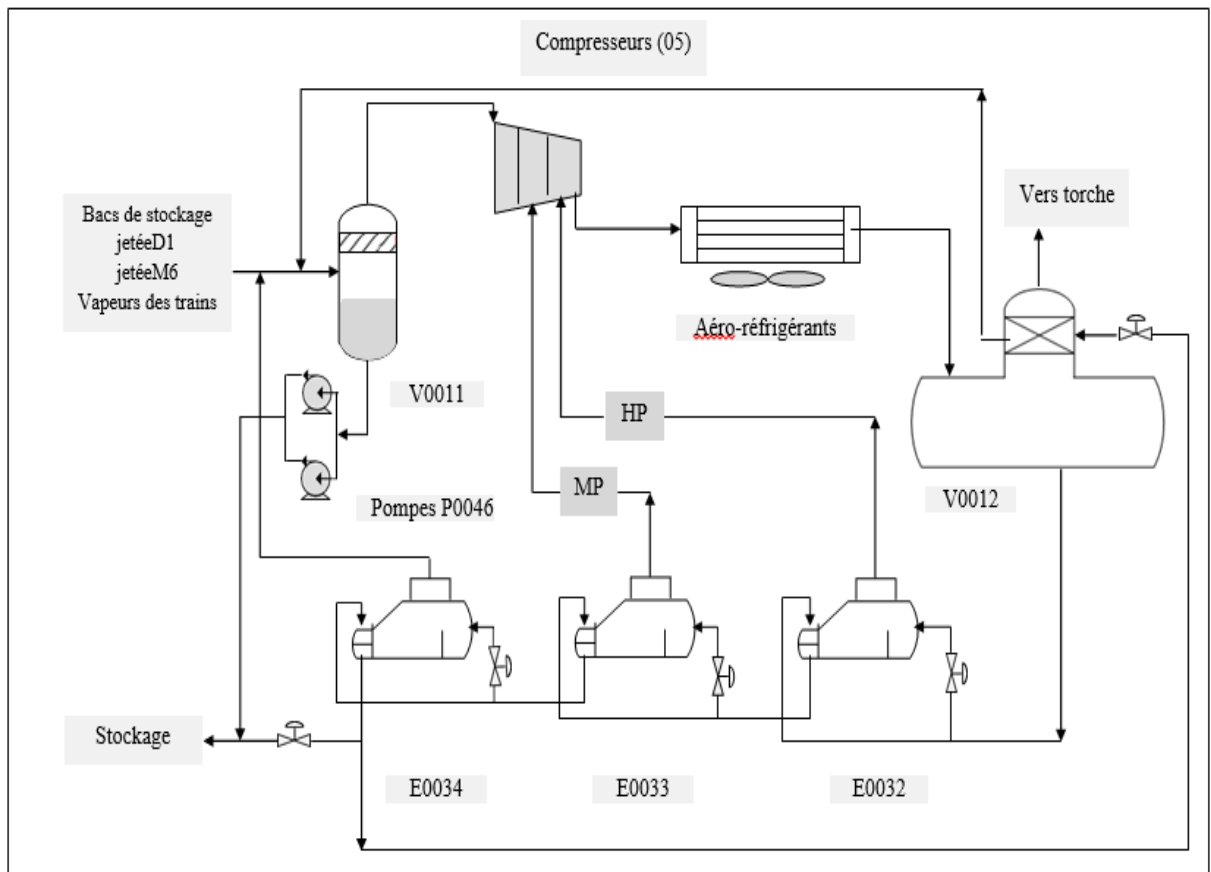


Figure III.5 : Section B.O.G du propane.

III.4. Dimensionnement de la ligne de récupération de propane

Deux critères sont retenus pour le dimensionnement d'une ligne : la vitesse et la perte de charge. Les caractéristiques les plus importantes pour le dimensionnement d'une ligne de gaz sont :

Le diamètre et l'épaisseur de la tuyauterie. Le choix du diamètre d'une canalisation est dicté par les conditions économiques et opératoires. Notre diamètre doit être identique à celui de la ligne de torche.

Le simulateur HYSYS fournit l'optimisation du diamètre par l'option « pipe sizing ». [5]

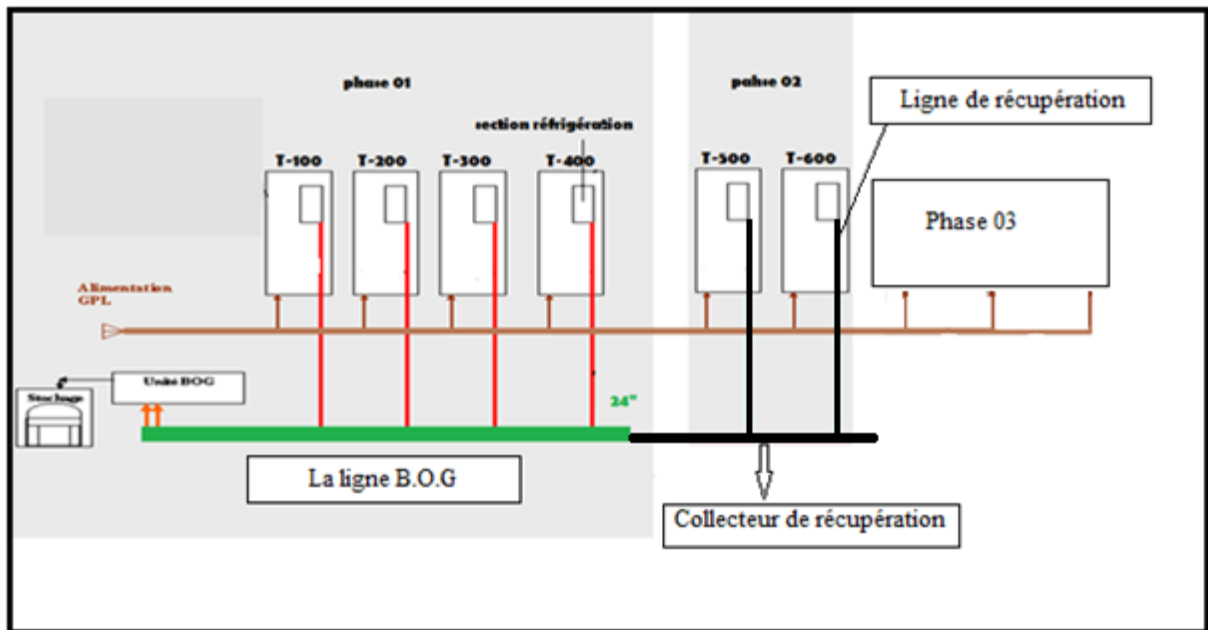


Figure III.6 : Localisation de la ligne et collecteur de récupération.

III.4.1. Equipements

➤ **Segment pipe**

- Ligne train avec une longueur de 130 m, 4 coudes, vanne de garde et un clapet anti-retour soumis à température ambiante de 25°C.
- Collecteur de récupération avec une longueur de 421 m, 49 coudes et une vanne de garde soumis à une température ambiante de 25°C.

- **Vanne de détente** : détend les vapeurs à une pression de 900 mm H₂O effective (1,1 bar) mesuré par l'indicateur de pression sur la ligne ; cette pression est le cas le plus défavorable quand la température est supérieure à 25 °C.

III.4.2. Théories de calculs

a. Vitesse d'écoulement du gaz

Selon la loi de la continuité nous avons : $Q_m = \rho \times V \times S$ [Kg/h] (3)

Avec :

- Q_m : Débit massique en (Kg/h).
- V : Vitesse d'écoulement du gaz en (m/s).
- ρ : Masse volumique en (Kg/m³).
- S : Surface d'écoulement en (m²). Avec $S = \pi \times D^2 / 4$ [m²]..... (4)

b. Diamètre

Selon la relation suivante : $D_{int} = D_{ext} - 2e$ [m]..... (5)

Avec :

- D : Diamètre de pipe en (m).
- D_{int} : Diamètre intérieure de pipe en (m).
- D_{ext} : Diamètre extérieur de pipe en (m).
- e : Epaisseur de pipe en (m).

c. La masse volumique

$$\rho = (P \times M_{moy}) / (Z \times R \times T) \text{ [Kg/m}^3\text{]} \dots\dots\dots (6)$$

Tels que :

- P : Pression de gaz en (Atm).
- R : Constante de gaz parfait en (atm/mol.k), avec $R=0,082$ atm/mol.k.
- T : Température du gaz en(K).
- M_{moy} : Masse moyenne de gaz en (g/mol).

$$M_{moy} = \sum M_i \cdot X_i \dots\dots\dots (7)$$

Tels que :

- M_i : Masse molaire du constituant.
- X_i : Fraction molaire du constituant.

$$\text{Donc } V = Q_m / (S \times \rho) \implies V = 4 \times Q_m / (\rho \times \pi \times D^2) [\text{m}^3] \dots\dots\dots (8)$$

d. 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.

$$Re = \rho \times V \times D / \mu \dots\dots\dots (9)$$

Avec :

- Re : Nombre de Reynolds.
- ρ : Masse volumique en (Kg/m^3), $\rho = m / V [\text{Kg/m}^3] \dots\dots\dots (10)$

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 [6].

e. Pertes de charges

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

$$\Delta PT = \Delta PL + \Delta PS \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \dots\dots\dots (11)$$

Avec :

- ΔPT : Pertes de charge totale en (Kg/cm²).
- ΔPS : Chute de pression singulière en (Kg/cm²).
- ΔPL : Chute de pression linéaire en (Kg/cm²).

1. Pertes de charges Systématiques (Linéaire)

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

$$\Delta PL = \lambda \times \rho \times (L / D) \times [V^2 / (2 \times g)] \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \dots\dots\dots (12)$$

Avec :

- ΔPL : Pertes de charge linéaire en (Kg/cm²).
- ρ : Masse volumique en (Kg/m³).
- λ : Coefficient de perte de charge, On le détermine en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative (ϵ/D). Avec $\epsilon=0.0006$ pour l'acier au carbone (Voir Annexe03).
- D : Diamètre interne du collecteur en(m)
- V : Vitesse d'écoulement en (m/s).
- g : Accélération de la pesanteur en (m/s²), [$g=9,81\text{m/s}^2$].
- L : Longueur du collecteur en(m).

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 :

$$\Delta Ps = \rho \times K \times [V^2 / (2 \times g)] \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \dots\dots\dots (13)$$

Avec :

- ΔPs : Chute de pression singulière en (Kg/cm²).
- ρ : Masse volumique en (Kg/m³).
- K : Coefficient de perte de charge locale [Coude 90°, $K = (0,50 \div 0,75)$], (Voir Annexe04).
- V : Vitesse d'écoulement en (m/s).
- g : Accélération de la pesanteur en (m/s²).

f. Données

Pour notre cas pendant la période de notre stage du 17/03/2019 au 14/04/2019 où le torchage est considérable due à la température ambiante de 30°C. On notera que la modification est faite en gardant le même type de matériau A53, pour préserver la sécurité du personnel en évitant tout incident une vanne manuelle d'isolement est prévue sur le collecteur. Elle est utilisée pour l'ouvrir en cas de dépressurisation des ballons de réfrigération.

La vanne de détente est prévue pour réguler la pression à une pression d'admission proche de celle de la ligne de BOG.

g. Débit de propane torché

- Le volume moyen de gaz torché durant un arrêt est de : 18,77 m³ équivalent de 8934,52Kg.
- Le temps moyen de torchage pour dépressurisation ($P < 3 \text{ Kg/cm}^2$) est de : 01 heure.
Comme c'est une boucle fermée avec une conservation des masses le débit torché sera :
 $Q_{\text{torché}} = 8872,64 \text{ Kg/h.}$

III.4.3. Longueur de ligne

La longueur de la ligne traine mesurée sur site est (L=130m).

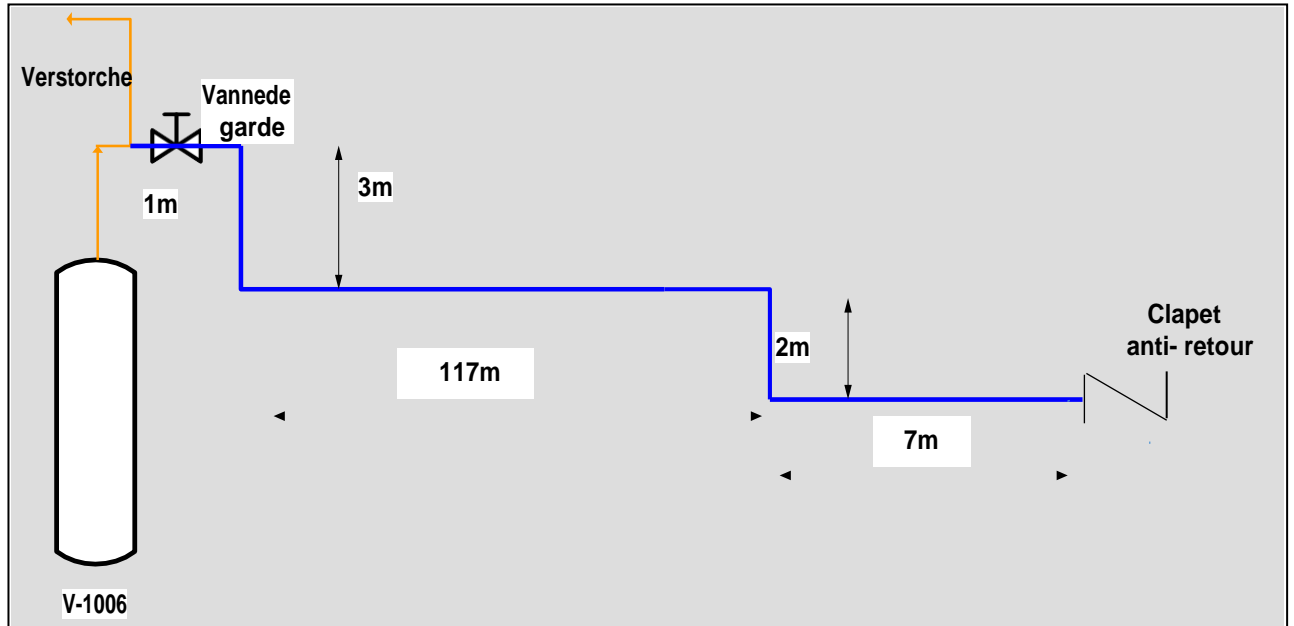


Figure III.7 : Longueur de la ligne train.

La longueur du collecteur mesurée sur site est (421m).

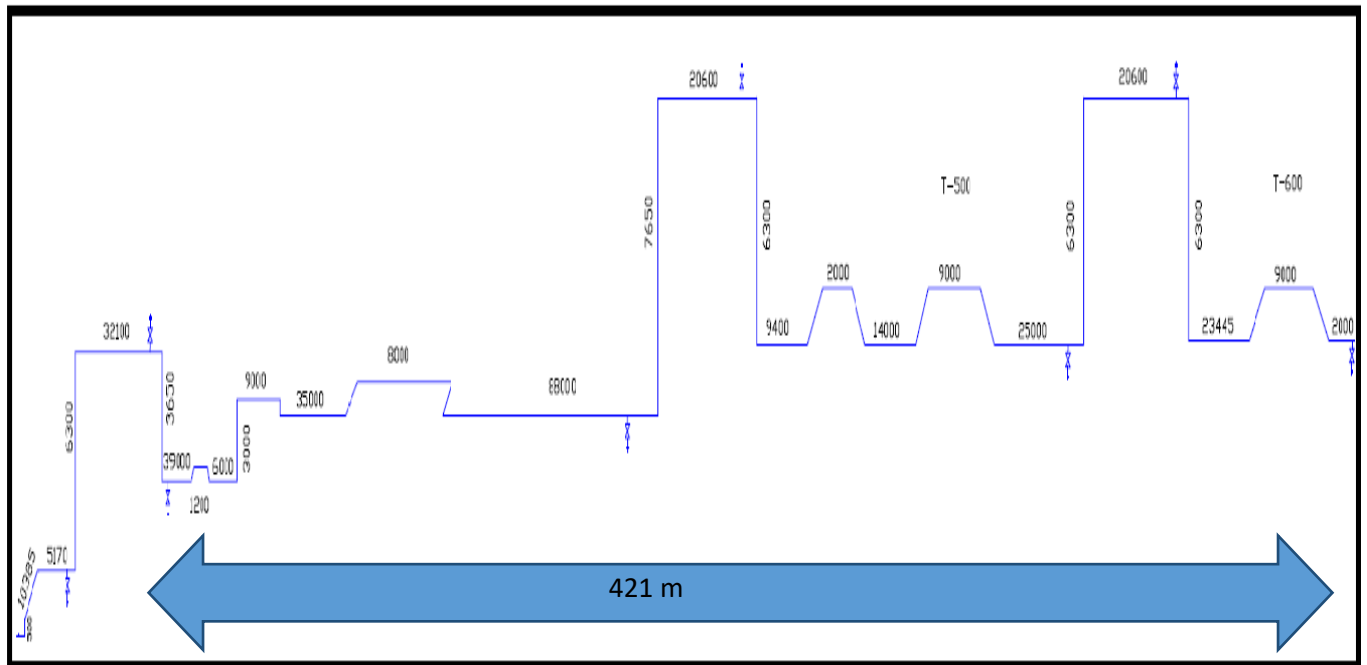


Figure III.8 : Tracé de collecteur.

a. Nombre de coude

On a 53(quatre) coude d'un angle de 90° qui est un nombre nécessaire pour assurer l'adaptation de la pipe à travers les installations [5].



Figure III.9 : Coude 90°.

b. Nombre de vannes

- Deux vannes de garde afin de contrôler l'ouverture ou la fermeture en cas de nécessité.
- Une vanne de détente pour soumettre les vapeurs récupérés aux conditions BOG, elle est munie d'un indicateur de pression (PIC) sur la ligne BOG qui indique à la vanne la pression de sa détente (pression d'admission).

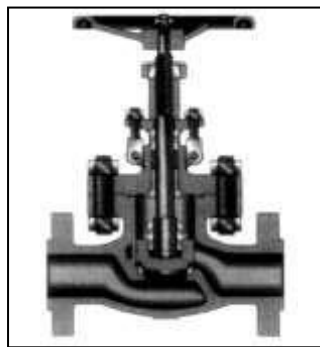


Figure III.10 : Vanne de garde
De type Globe Valve.

c. Composition des vapeurs récupérées

Les compositions qui sont présentées dans le tableau ci-dessous sont données par le laboratoire :

Tableau : III.3 : Composition du réfrigérant.

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

III.4.4. Calculs

a. Diamètre

- Le diamètre et de (6") six pouce (Voir Annexe05).
- Type des matériaux de la pipe : les matériaux choisis sont l'acier au carbone A53, classe D.1Y (Voir Annexe 06).

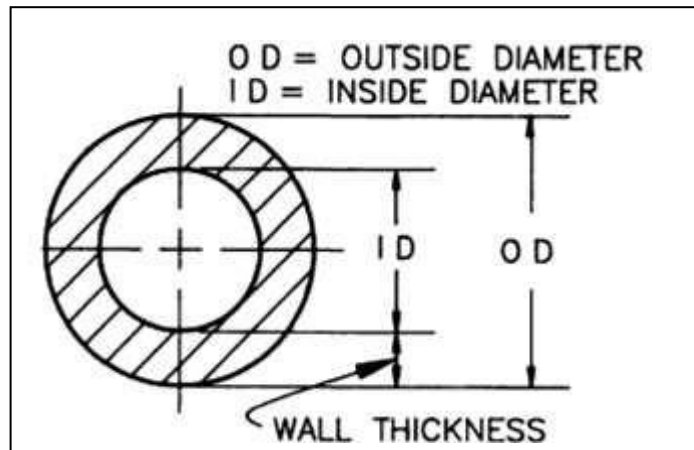


Figure III.11 : Coupe transversale de la pipe.

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

$$\text{A.N: } D_{int} = 168,30 - 2 \times 7,11 \implies D_{int} = 154,08 \text{ mm} = 0,154\text{m.}$$

L'épaisseur de cette ligne est de $168,30 - 154,08 = 14,22 \text{ mm.}$

b. La masse molaire

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

$$\text{A.N : } M_{\text{moy}} = (16 \times 0,17) + (30 \times 0,56) + (44 \times 99,01) + (58 \times 0,13) + (58 \times 0,1) \\ \implies M_{\text{moy}} = 43,89\text{g/mol}$$

c. La masse volumique

La loi des gaz parfait est donnée par la formule :

$$P \times V = n \times R \times T \dots\dots\dots(13)$$

Avec :

- n : Nombre de mole, $n = m / M$ [Mole].....(14)

- $R = 0,082\text{Atm.l/mol.K}$

En remplaçant les formules (10) et (14) dans la formule (13), on obtient :

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

$$\text{A.N : } \rho = (6,8 \times 43,89) / (0,082 \times 285,5)$$

$$\implies \rho = 12,74 \text{ Kg/m}^3$$

c. La vitesse d'écoulement

Selon la loi de la continuité : $V = Q_m / (S \times \rho) \implies V = (4 \times Q_m) / (\rho \times \pi \times D^2)$ A.N :

$$V = (4 \times 8872,64) / (12,74 \times 3,14 \times 0,154^2 \times 3600)$$

$$\implies V = 10,46 \text{ m/s}$$

d. Nombre de Reynolds

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

La viscosité dynamique (μ) est déterminée après la simulation (Hysys) avec les données (T = 12,35°C, P = 588,4 KPa) (Voir Tableau III.5).

On a : $\mu = 8,091. 10^{-3} \text{ cp} = 8,091. 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$

A.N : $Re = (12,74 \times 10,40 \times 0,154) / (8,091.10^{-5})$

$$\implies Re = 2,53 . 10^5$$

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

e. Les pertes de charges

La dépressurisation des ballons d'aspiration allons de 7 kg/cm^2 jusqu'à 3 kg/cm^2 ce fait d'une manière dynamique donc le profil de la pression de départ va décroître incitant ainsi un changement sur le profil des pertes de charge avant d'être connecté à la vanne de détente qui va le soumettre dans les conditions de la ligne BOG (environ 900 à 300 mmH₂Oeff).

Exemple :

Nous donnons un exemple de calcul des pertes de charge pour une pression de départ de 6 kg/cm^2 sous les conditions du ballon V-1006 à l'arrêt.

- **Perte de charge ligne train**

- 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 (λ) est déterminé en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative (ϵ/D), $\epsilon=0,006 \text{ cm}$ pour l'acier au carbone. (Voir le diagramme de Moody Annexe 03).

On a :

- $Re = 2,53 \cdot 10^5$
- $(\varepsilon/D) = 3,90 \cdot 10^{-4}$

Diagramme de Moody $\implies \lambda = 0,018$

➤ Pour la phase 2

$$\Delta PL = 1067,17 \text{ Kg/m}^2 = 0,11 \text{ Kg/cm}^2$$

- **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 04)

- **Les Coudes :**

Nous avons 04 coudes de 90°C, D'après

l'annexe N°5 on a $K=0.50$. A.N

$$\Delta P_s = 142,46 \text{ Kg/m}^2 = 0,0142 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Vanne manuelle**

Nous avons une vanne manuelle sur la phase une (2) avec $K=0,25$.

$$\Delta P_s = 17,76 \text{ Kg/m}^2 = 0,0017 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Clapet anti-retour 6 pouces**

$$K=0,75$$

$$\Delta P_s = 0,0053 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{T_{train}} = \Delta P_I + \Delta P_S$$

$$= 0,11 + 0,0053 + 0,0017 + 0,0142$$

$$\Delta P_{T_{train}} = 0,1312 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Perte de charge collecteur**

- La perte de charge linéaire

$$\Delta PL = 0,3495 \text{ Kg/cm}^2$$

- La perte de charge singulière

- **Vanne manuelle**

Nous avons une vanne manuelle sur la phase une (2) avec $K=0,25$.

$$\Delta P_s = 17,76 \text{ Kg/m}^2 = 0,0017 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Les Coudes**

Nous avons 49 coudes de 90°C, D'après

l'annexe N°5 on a $K=0.50$.

$$\Delta P_s = 0,174 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{T_{collecteur}} = \Delta P_I + \Delta P_S$$

$$\Delta P_{T_{collecteur}} = 0,5254 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{D'autre part, on a : } \Delta P_T = \Delta P_{T_{train}} + \Delta P_{T_{collecteur}}$$

$$\text{A.N : } \Delta P_T = 0,1312 + 0,5254$$

$$\Delta P_T = 0,6566 \text{ Kg/cm}^2$$

III.4.5. La pression d'arriver

a. La température d'injection du propane récupéré dans le collecteur BOG

La section BOG peut liquéfier des vapeurs qui ont des températures de 18C° au maximum, donc il faut vérifier que la température d'injection du propane récupéré (T3)

Dans le collecteur BOG, soit inférieur à 18C°.

- P1 : la pression d'équilibre dans le ballon V-1006, P1 = 5,884Kg/cm².
- P2 : la pression d'entré da la vanne de détente.
- P3 : la pression d'admission de la section BOG, P3 =1.1Kg/cm².

b. Calcul de P2

D'après la loi fondamental de l'hydrostatique on aura : $P_2 = P_1 + \rho \times g \times H - \Delta P_T \dots \dots (15)$

Avec :

- H : La déférence de la hauteur entre le haut du ballon V-1006 et la vanne de détente, (H=5m).
- ρ : La masse volumique en (Kg/m³).
- g : L'accélération de la pesanteur (m/s²), on prend g = 9,81 m/s².

$$\implies P_2 = 5,22 \text{ Kg/cm}^2$$

III.5.Simulation

III.5.1. Généralités sur la 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.

Les simulateurs des procédés chimiques utilisés classiquement dans l'industrie chimique, peuvent être considérés comme des modèles de connaissance. Ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibres thermodynamiques et sont aptes à fournir des informations de base pour la conception. Ils 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 (de Win Sim).
- HYSYS, Prosim, (Hyprotech).
- PRO/II (Simulation Sciences).
- Chemcad.

III.5.2. 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 et de ses caractéristiques les plus importantes sans intervenir sur le procédé réel.

III.5.3. Choix de logiciel de simulation

Le fonctionnement d'un simulateur est basé essentiellement sur le choix d'un modèle thermo- dynamique représentant mieux le système à étudier.

Les différentes tâches qu'un simulateur de procédé devrait effectuer sont :

- 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.

III.5.4. Description du Simulateur HYSYS V.7.3

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.

Le modèle thermodynamique utilisé dans cette simulation est le modèle PENG-ROBINSON.

Tableau III.4 : Données de la Simulation (HYSYS).

Paramètres	Données
Pression (KPa)	588,4
M_m (gr/mole)	44,09
R (J/mole.K°)	8,314
T (°K)	285,5
Z	0,8817
Densité	12,40
Viscosité (cp)	8,091E-003

Tableau III.5 : Comparaison entre les résultats calculés et résultats obtenus par hysys.

	Résultats calculés	Résultats Hysys
Pression P2 (Kg/cm ²)	5,22	5,17
Perte de charge ΔPT (Kg/cm ²)	0,6566	0,5240

D'après notre calcul théorique et la simulation Hysys, on constate que notre calcul est proche de la simulation par Hysys ainsi que notre calcul est bien vérifié.

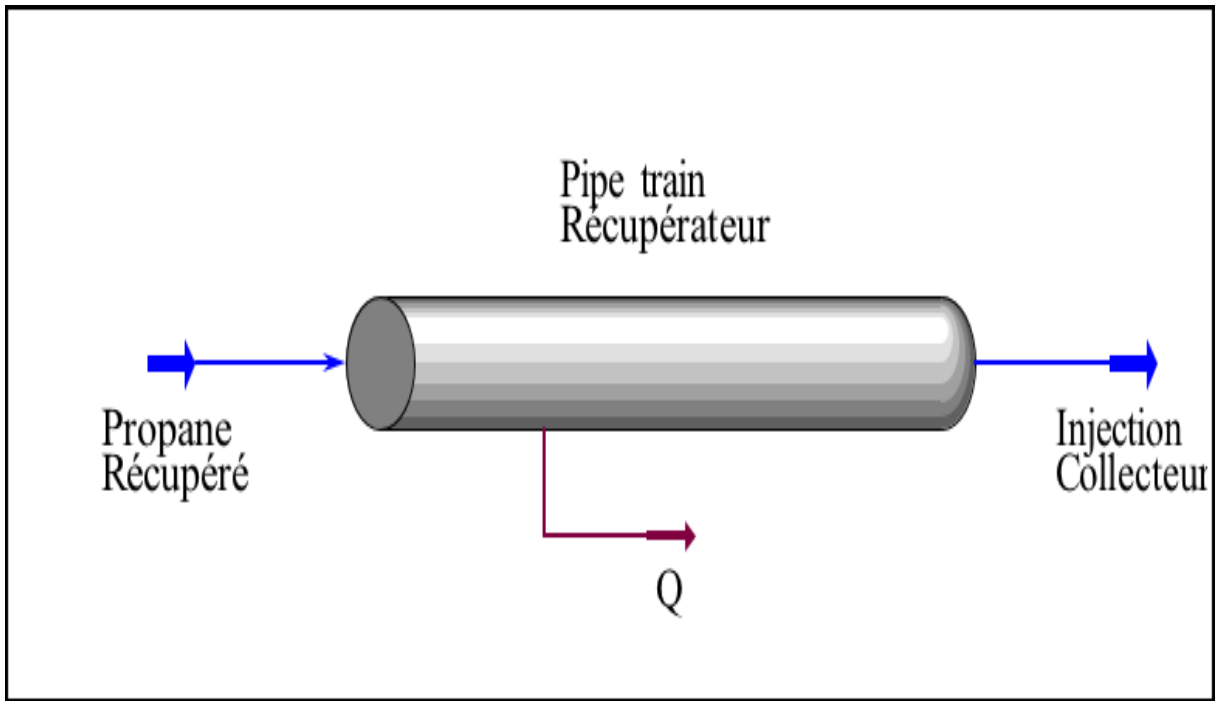


Figure III.12 : La ligne train du propane récupéré simulée par HYSYS

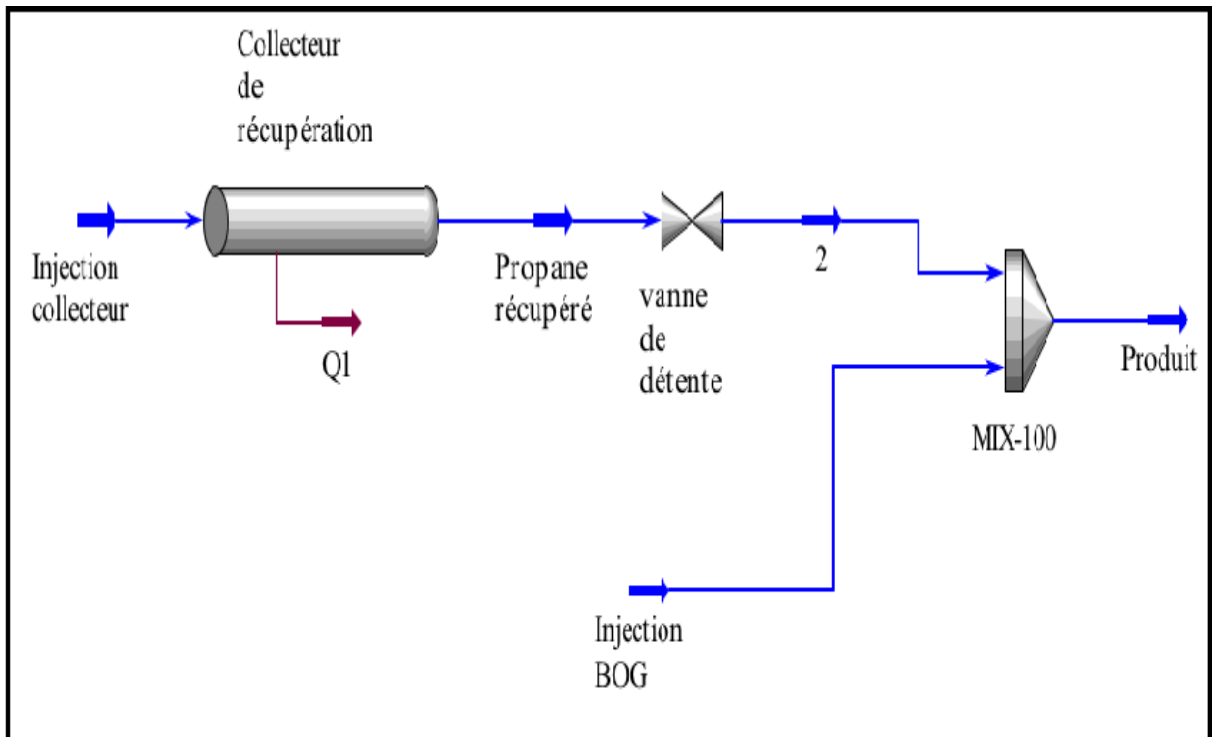


Figure III.13 : Collecteur de récupération injecté à la section BOG simulé par HYSYS

• Ligne train

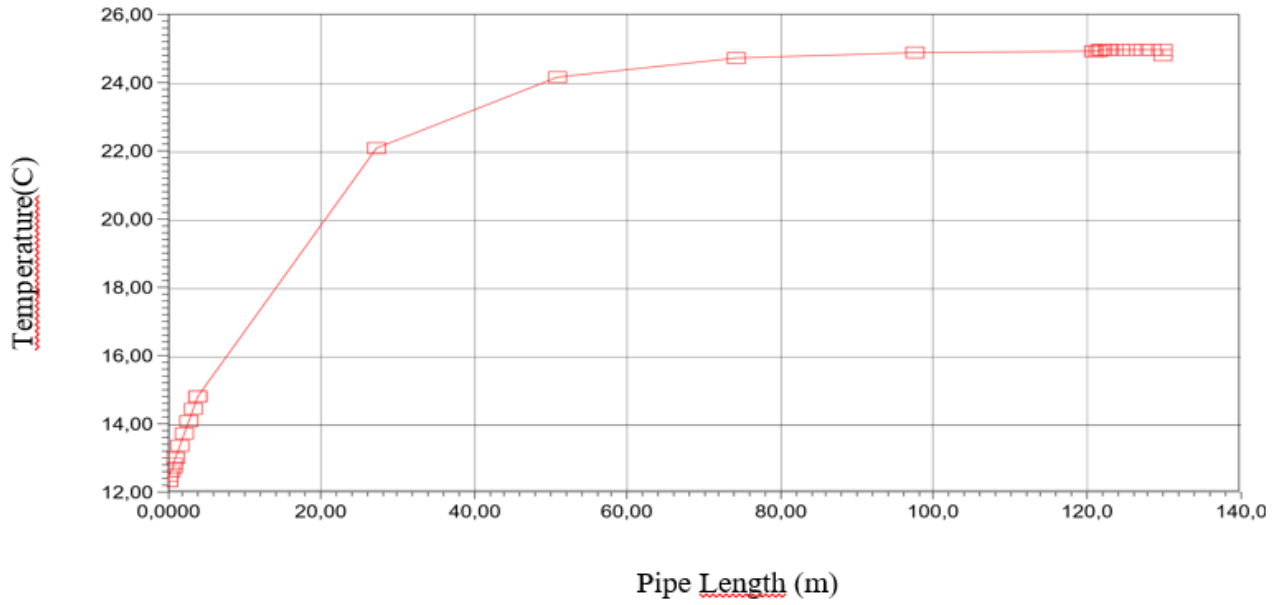


Figure III.14 : Température de la ligne train

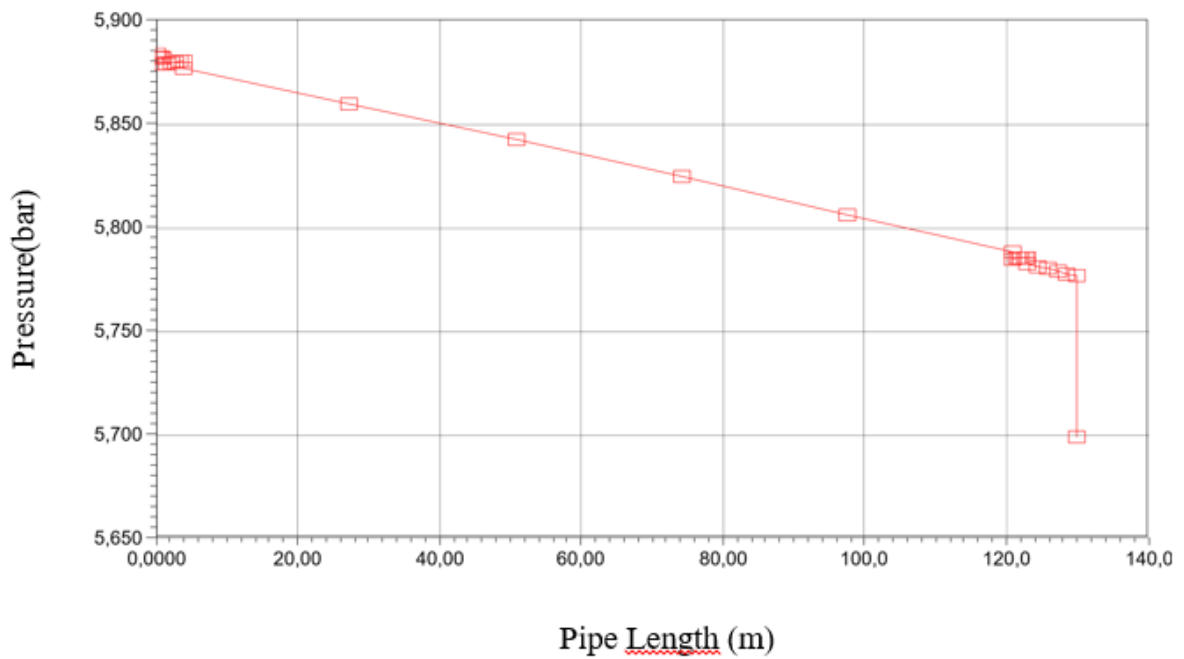


Figure III.15 : Pression de la ligne train

La température du pipe train augmente jusqu'à sa stabilité, par contre il y a une chute de pression.

- Collecteur

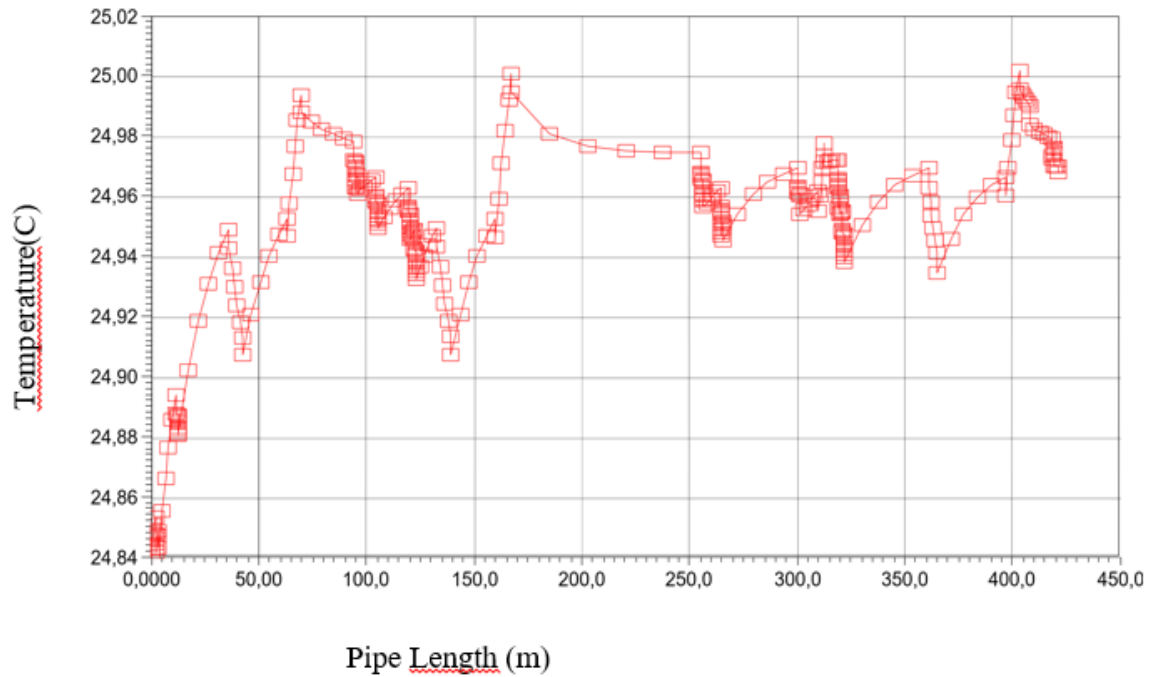


Figure III.16 : Température du collecteur

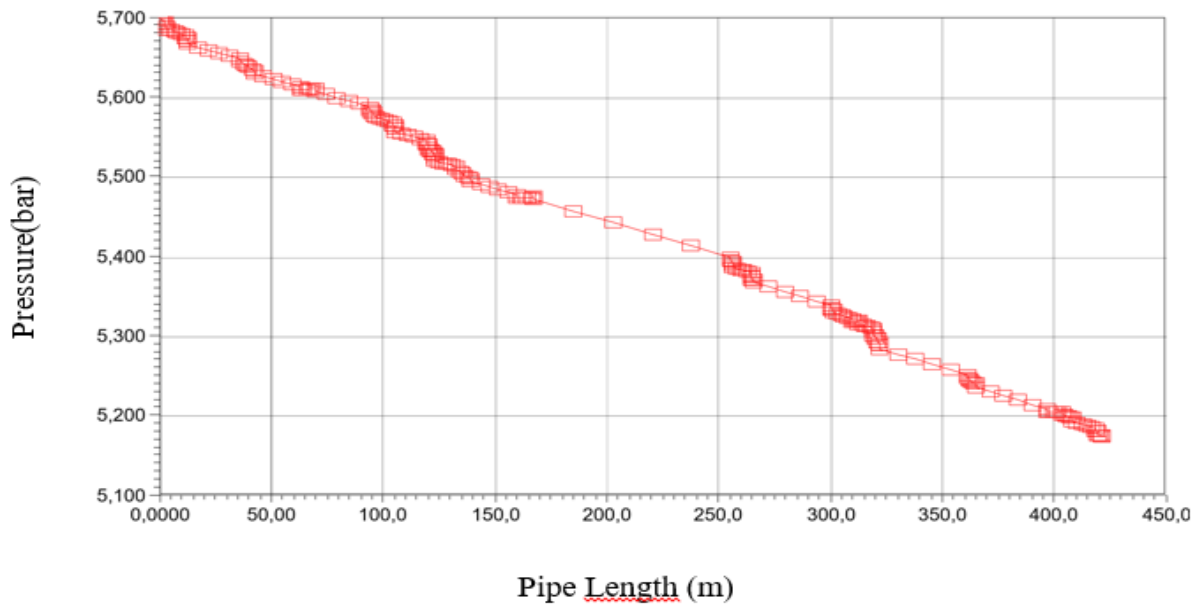


Figure III.17 : Pression du collecteur

Dans le collecteur, la température augmente d'une manière aléatoire. La pression diminue jusqu'à 5,17 kg/cm².

III.6. Etude technique-économique

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 train de la phase (II) [7].

III.6.1. L'évaluation de la rentabilité

Pour valoriser le projet, une étude de rentabilité économique est nécessaire en premier lieu, elle correspond à la conception du projet [7].

a. L'évaluation du manque à gagner

La quantité de propane récupéré (Tonne) pendant un arrêt d'un seul train est 8,93452 Tonnes,

Sachant que le nombre d'arrêt est 23 arrêts la quantité de propane récupéré pendant une année sera : 205,49 Tonnes.

On se basant sur le prix actuel du propane 210 \$/T, le gain annuel réalisé sera :

- Le gain Annuel = $210 \times 205,49$
- Le gain Annuel = 43153\$

Sachant qu'il existe pour la phase (II) deux trains cette valeur sera multipliée par deux :

- Le gain Annuel Total = 43153×2
- Le gain Annuel Total = 86306\$

Voilà un tableau récapitulatif qui résume les résultats :

Tableau.III.6 : Tableau récapitulatif de l'évaluation du manque à gagner.

Volume de propane récupéré pendant un arrêt (m ³)	La quantité de propane récupère pendant un arrêt (t)	La quantité de propane récupère pendant une année (t)	Prix moyen propane année 2018 (\$/t)	Manque à gagner annuel de propane par train (\$)
18,77	8,93	205,49	210	43153

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

L'investissement c'est l'échange d'une somme certaine et présentée contre l'espérance de revenu futur.

Le capital investi est le montant des dépenses que l'entreprise consacre à la réalisation d'un projet d'investissement [7].

- Le coût de tuyauterie.
- Le coût des accessoires de la ligne.
- Le coût de réalisation.

- **Ligne train**

- a. **Le coût de Tuyauterie**

Le coût total de la tuyauterie sera résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Le coût de tuyauterie la ligne train.

Nature de l'acier	Diamètre (pouces)	Longueur (m)	Coût total (\$)
A53.GrA	6	130	3724

- b. **Le coût des accessoires**

Le coût total des accessoires sera résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Le coût des accessoires la ligne train.

Type	Diamètre (pouces)	Nombre	Coût total (\$)
Coude 90°A420	6	4	1188
Vanne manuelle-A350	6	1	950
Clapet anti-retour	6	1	1200

- c. **Estimation des coûts de réalisation**

La réalisation d'une canalisation demande des étapes et une démarche qui résulte les coûts suivants :

Tableau III.9 : Les coûts des différentes étapes de réalisation la ligne train.

Type	Opération	Coût (\$)
Tube-A333	Soudage	794,7
	Radiographie	227
	Soufflage	10,4
	Préparation et remplissage des Sections	609
	Vidange et séchage	120
	Total	1761
Coude 90°-A420		150
Vannes		150
Clapet anti-retour		1540

d. Le coût total (le coût d'achat + le coût de réalisation)

Le coût total d'achat plus la réalisation seront résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : Le coût total de la ligne train.

Type	Coût (\$)
Tube-A333	5485
Coude 90°-A420	1338
Vanne manuelle	1100
Clapet anti-retour	1540
Total	9463

Le capital à investir pour un seul train est de 9463 \$.

Puisque la modification concerne les deux trains de la phase (II), le coût de la modification sera alors : $\text{Coût} = 9463 \times 2 = 18926$ \$.

- **Collecteur**

- a. Le coût de Tuyauterie**

Le coût total de la tuyauterie sera résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.11 : Le coût de tuyauterie du collecteur.

Nature de l'acier	Diamètre (pouces)	Longueur (m)	Coût total (\$)
A53.GrA	6	421	14591

- b. Le coût des accessoires**

Le coût total des accessoires sera résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.12 : Le coût des accessoires du collecteur.

Type	Diamètre (pouces)	Nombre	Coût total (\$)
Coude 90°A420	6	49	14553
Vanne manuelle-A350	6	1	950
Vanne de détente	6	1	38000

c. Estimation des coûts de réalisation

La réalisation d'une canalisation demande des étapes et une démarche qui résulte les coûts suivants :

Tableau III.13 : Les coûts des différentes étapes de réalisation du collecteur.

Type	Opération	Coût (\$)
Tube-A333	Soudage	2543
	Radiographie	726
	Soufflage	33
	Préparation et remplissage des Sections	1948
	Vidange et séchage	384
	Total	5634
Coude 90°-A420		1838
Vannes		300

d. Le coût total (le coût d'achat + le coût de réalisation)

Le coût total d'achat plus la réalisation sera résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.14 : Le coût total du collecteur.

Type	Coût (\$)
Tube-A333	20225
Coude 90°-A420	16391
Vannemanuelle	1100
Vanne de détente	38150
Total	75866

Le capital à investir pour le collecteur est de 75866 \$.

III.6.2. Le coût de la modification (ligne train + collecteur)

Le coût de la modification pour la phase II (deux ligne train + un collecteur) sera alors : 94792\$.

Tableau III.15 : Retour d'investissement.

Investissement	Gain annuel	Retour d'investissement
94792\$.	86306\$	13 mois

D'après ce tableau le coût de réalisation de ce projet est récupéré en 13 mois.

**CONCLUSION
GENERALE
ET PERSPECTIVES**

Le défi qui est aujourd'hui lancé aux industries du raffinage et de la pétrochimie et qui fait l'objet des travaux de plusieurs organismes est de tirer le maximum de carburants et de bases pétrochimiques de chaque baril produit, en améliorant l'efficacité énergétique et en réduisant les impacts sur l'environnement. Les rejets générés lors des étapes de production doivent être réduits ou traités et des produits toujours plus propres doivent être mis à disposition des consommateurs aux meilleurs coûts.

Il est observé un torchage important lors du démarrage de la section de réfrigération, du complexe GP1/Z, donc il nous a paru indispensable d'étudier ce cas en vue de minimiser ces pertes en procédant à leur récupération. Rappelons que parmi les préoccupations essentielles de GP1/Z c'est de réduire les gaz torchés.

Nous tenons avant tout de confirmer que notre stage dans le complexe GP1/Z nous a beaucoup apporté sur le plan pratique où nous avons pu se pencher de très près sur la section de réfrigération du propane et essentiellement sur la récupération des gaz torchés et surtout des vapeurs de propane accumulées sur les plans environnemental, économique et énergétique.

Ce problème crucial nous a incité à élaborer une étude pour la réalisation d'une ligne de récupération pour chaque train de la phase II (deux trains) et un collecteur puis d'analyser par simulation numérique les scénarios d'évolution de cette réalisation.

D'après cette étude nous concluons les points suivants :

- Les trains de la phase (II), peuvent fonctionner en réduisant un volume torché qui est de 205.49T/an.
- La faisabilité de la ligne proposée de récupération est simulée avec le logiciel HYSYS, les conditions d'injections simulées sont compatibles à l'envoi à la ligne BOG.
- Ce nouveau collecteur permet la récupération du propane réfrigérant pour le liquéfier dans la section BOG et le stocker.
- La réalisation de cette opération permettra de récupérer les 205,49T par un investissement de 94792\$, il permettra d'éliminer le CO₂ qui se brûlait à l'atmosphère, et contribuera à la réduction des gaz à effet de serre.

Aussi réduire et maîtriser la consommation énergétique au niveau du Complexe GP1Z. Un gain en énergie engendre un gain dans la facture payée par le complexe.

Nous recommandons qu'une telle étude soit prise en considération par les responsables de ce complexe pour d'une part vue économie et d'autre part pour préserver l'environnement et la santé.

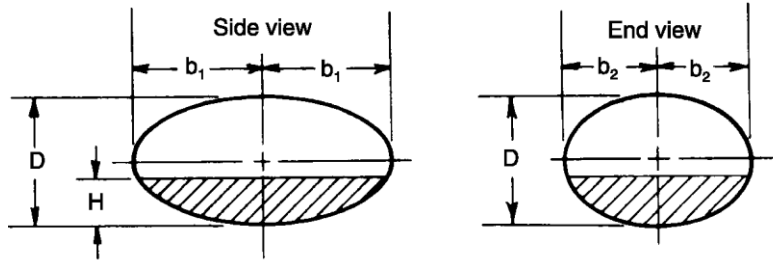
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Manuel Opérateur, (2003). Département technique, Service des études, Complexe GP1/Z-ARZEW 2003.
- [2] Dr.A. H Younger, P. Eng. (2004). Natural gas Processing Principles and Technology-partII, Thimm Engineerin, Calgary.
- [3] BENAMEUR, M. KHENAFU, N. (2017). Etude de la récupération des gaz torchés dans la section BOG et la diminution des rejets des fumées. Mémoire de master, université des sciences et de technologie Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.
- [4] HOCEINI, A. (2007). Etude de l'impact des gaz torchés de l'industrie pétrolière sur l'environnement. Thèse de magister, Université de Science et Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF, Oran.
- [6] Pierre, W. (1972). Raffinage et génie chimique tom I et II. TECHNIP, Paris.
- [5] Roy, A. Parisher, Robert, A. Rhea. (2002). Pipe drafting and design. Gulf Professional.
- [6] Pierre, W. (1972). Raffinage et génie chimique tom I et II. TECHNIP, Paris.
- [7] HADIR, H. (2018). L'impact de la prolongation du planning sur les coûts du projet de la récupération des gaz torchés, mémoire IAP, complexe GP1/z, Arzew.

ANNEXES

Coefficients and Formulas for Determining Partial Volumes in Ellipsoids and Spheres

GENERAL ELLIPSOID



Total volume of ellipsoid = $\frac{1}{6} \pi K_1 K_2 D^3$
 Partial Volume = $\frac{1}{6} \pi K_1 K_2 D^3 [f(Ze)]$
 $K_1 = 2b_1/D$ $K_2 = 2b_2/D$
 $Ze = H/D$ $f(Ze) = \text{ellipsoidal coefficient (see below) or } = -\left(\frac{H_1}{D}\right)^2 \times \left(-3 + \frac{2H_1}{D}\right)$

Coefficients for Partial Volumes of Ellipsoids or Spheres, f(Ze)

Ze	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	.000000	.000003	.000012	.000027	.000048	.000075	.000108	.000146	.000191	.000242
.01	.000298	.000360	.000429	.000503	.000583	.000668	.000760	.000857	.000960	.001069
.02	.001184	.001304	.001431	.001563	.001700	.001844	.001993	.002148	.002308	.002474
.03	.002646	.002823	.003006	.003195	.003389	.003589	.003795	.004006	.004222	.004444
.04	.004672	.004905	.005144	.005388	.005638	.005893	.006153	.006419	.006691	.006968
.05	.007250	.007538	.007831	.008129	.008433	.008742	.009057	.009377	.009702	.010032
.06	.010368	.010709	.011055	.011407	.011764	.012126	.012493	.012865	.013243	.013626
.07	.014014	.014407	.014806	.015209	.015618	.016031	.016450	.016874	.017303	.017737
.08	.018176	.018620	.019069	.019523	.019983	.020447	.020916	.021390	.021869	.022353
.09	.022842	.023336	.023835	.024338	.024847	.025360	.025879	.026402	.026930	.027462
.10	.028000	.028542	.029090	.029642	.030198	.030760	.031326	.031897	.032473	.033053
.11	.033638	.034228	.034822	.035421	.036025	.036633	.037246	.037864	.038486	.039113
.12	.039744	.040380	.041020	.041665	.042315	.042969	.043627	.044290	.044958	.045630
.13	.046306	.046987	.047672	.048362	.049056	.049754	.050457	.051164	.051876	.052592
.14	.053312	.054037	.054765	.055499	.056236	.056978	.057724	.058474	.059228	.059987
.15	.060750	.061517	.062288	.063064	.063843	.064627	.065415	.066207	.067003	.067804
.16	.068608	.069416	.070229	.071046	.071866	.072691	.073519	.074352	.075189	.076029
.17	.076874	.077723	.078575	.079432	.080292	.081156	.082024	.082897	.083772	.084652
.18	.085536	.086424	.087315	.088210	.089109	.090012	.090918	.091829	.092743	.093660
.19	.094582	.095507	.096436	.097369	.098305	.099245	.100189	.101136	.102087	.103042
.20	.104000	.104962	.105927	.106896	.107869	.108845	.109824	.110808	.111794	.112784
.21	.113778	.114775	.115776	.116780	.117787	.118798	.119813	.120830	.121852	.122876
.22	.123904	.124935	.125970	.127008	.128049	.129094	.130142	.131193	.132247	.133305
.23	.134366	.135430	.136498	.137568	.138642	.139719	.140799	.141883	.142969	.144059
.24	.145152	.146248	.147347	.148449	.149554	.150663	.151774	.152889	.154006	.155127
.25	.156250	.157376	.158506	.159638	.160774	.161912	.163054	.164198	.165345	.166495
.26	.167648	.168804	.169963	.171124	.172289	.173456	.174626	.175799	.176974	.178153
.27	.179334	.180518	.181705	.182894	.184086	.185281	.186479	.187679	.188882	.190088
.28	.191296	.192507	.193720	.194937	.196155	.197377	.198601	.199827	.201056	.202288
.29	.203522	.204759	.205998	.207239	.208484	.209730	.210979	.212231	.213485	.214741
.30	.216000	.217261	.218526	.219792	.221060	.222331	.223604	.224879	.226157	.227437
.31	.228718	.230003	.231289	.232578	.233870	.235163	.236459	.237757	.239057	.240359
.32	.241664	.242971	.244280	.245590	.246904	.248219	.249536	.250855	.252177	.253500
.33	.254826	.256154	.257483	.258815	.260149	.261484	.262822	.264161	.265503	.266847
.34	.268192	.269539	.270889	.272240	.273593	.274948	.276305	.277663	.279024	.280386
.35	.281750	.283116	.284484	.285853	.287224	.288597	.289972	.291348	.292727	.294106
.36	.295488	.296871	.298256	.299643	.301031	.302421	.303812	.305205	.306600	.307996
.37	.309394	.310793	.312194	.313597	.315001	.316406	.317813	.319222	.320632	.322043
.38	.323456	.324870	.326286	.327703	.329122	.330542	.331963	.333386	.334810	.336235
.39	.337662	.339090	.340519	.341950	.343382	.344815	.346250	.347685	.349122	.350561
Note:	Coefficients apply for the volume of 2 ellipsoidal or hemispherical heads						not the volume for 1 head.			

Coefficients and Formulas for Determining Partial Volumes in Ellipsoids and Spheres

C o e f f i c i e n t s f o r P a r t i a l V o l u m e s o f E l l i p s o i d s o r S p h e r e s, f (Z e)										
Ze	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.40	.352000	.353441	.354882	.356325	.357769	.359215	.360661	.362109	.363557	.365007
.41	.366458	.367910	.369363	.370817	.372272	.373728	.375185	.376644	.378103	.379563
.42	.381024	.382486	.383949	.385413	.386878	.388344	.389810	.391278	.392746	.394216
.43	.395686	.397157	.398629	.400102	.401575	.403049	.404524	.406000	.407477	.408954
.44	.410432	.411911	.413390	.414870	.416351	.417833	.419315	.420798	.422281	.423765
.45	.425250	.426735	.428221	.429708	.431195	.432682	.434170	.435659	.437148	.438638
.46	.440128	.441619	.443110	.444601	.446093	.447586	.449079	.450572	.452066	.453560
.47	.455054	.456549	.458044	.459539	.461035	.462531	.464028	.465524	.467021	.468519
.48	.470016	.471514	.473012	.474510	.476008	.477507	.479005	.480504	.482003	.483593
.49	.485002	.486501	.488001	.489501	.491000	.492500	.494000	.495500	.497000	.498500
.50	.500000	.501500	.503000	.504500	.506000	.507500	.509000	.510499	.511999	.513499
.51	.514998	.516497	.517997	.519496	.520995	.522493	.523992	.525490	.526988	.528486
.52	.529984	.531481	.532979	.534476	.535972	.537469	.538965	.540461	.541956	.543451
.53	.544946	.546440	.547934	.549428	.550921	.552414	.553907	.555399	.556890	.558381
.54	.559872	.561362	.562852	.564341	.565830	.567318	.568805	.570292	.571779	.573265
.55	.574750	.576235	.577719	.579202	.580685	.582167	.583649	.585130	.586610	.588089
.56	.589568	.591046	.592523	.594000	.595476	.596951	.598425	.599898	.601371	.602843
.57	.604314	.605784	.607254	.608722	.610190	.611656	.613122	.614587	.616051	.617514
.58	.618976	.620437	.621897	.623356	.624815	.626272	.627728	.629183	.630637	.632090
.59	.633542	.634993	.636443	.637891	.639339	.640785	.642231	.643675	.645118	.646559
.60	.648000	.649439	.650878	.652315	.653750	.655185	.656618	.658050	.659481	.660910
.61	.662338	.663765	.665190	.666614	.668037	.669458	.670878	.672297	.673714	.675130
.62	.676544	.677957	.679368	.680778	.682187	.683594	.684999	.686403	.687806	.689207
.63	.690606	.692004	.693400	.694795	.696188	.697579	.698969	.700357	.701744	.703129
.64	.705412	.706894	.708373	.709852	.711330	.712808	.714286	.715763	.717240	.718716
.65	.718250	.719614	.720976	.722337	.723695	.725052	.726407	.727760	.729111	.730461
.66	.731808	.733153	.734497	.735839	.737178	.738516	.739851	.741185	.742517	.743846
.67	.745174	.746500	.747823	.749145	.750464	.751781	.753096	.754410	.755722	.757029
.68	.758336	.759641	.760943	.762242	.763539	.764837	.766130	.767422	.768711	.769997
.69	.771282	.772563	.773843	.775121	.776396	.777669	.778940	.780208	.781474	.782739
.70	.784000	.785259	.786515	.787769	.789021	.790270	.791516	.792761	.794002	.795241
.71	.796478	.797712	.798944	.800173	.801399	.802623	.803845	.805063	.806280	.807493
.72	.808704	.809912	.811118	.812321	.813521	.814719	.815914	.817106	.818295	.819482
.73	.820666	.821847	.823026	.824201	.825374	.826544	.827711	.828876	.830037	.831196
.74	.832352	.833505	.834655	.835802	.836946	.838088	.839226	.840362	.841494	.842624
.75	.843750	.844873	.845994	.847111	.848226	.849337	.850446	.851551	.852653	.853752
.76	.854848	.855941	.857031	.858117	.859201	.860281	.861358	.862432	.863502	.864570
.77	.865634	.866695	.867753	.868807	.869858	.870906	.871951	.872992	.874030	.875065
.78	.876096	.877124	.878148	.879170	.880187	.881202	.882213	.883220	.884224	.885225
.79	.886222	.887216	.888206	.889192	.890176	.891155	.892131	.893104	.894073	.895038
.80	.896000	.896958	.897913	.898864	.899811	.900755	.901695	.902631	.903564	.904493
.81	.905418	.906340	.907257	.908171	.909082	.909988	.910891	.911790	.912685	.913576
.82	.914464	.915348	.916228	.917103	.917976	.918844	.919708	.920568	.921425	.922277
.83	.923126	.923971	.924811	.925648	.926481	.927309	.928134	.928954	.929771	.930584
.84	.931392	.932196	.932997	.933793	.934585	.935373	.936157	.936936	.937712	.938483
.85	.939250	.940013	.940772	.941526	.942276	.943022	.943764	.944501	.945235	.945963
.86	.946688	.947408	.948124	.948836	.949543	.950246	.950944	.951638	.952328	.953013
.87	.953694	.954370	.955042	.955710	.956373	.957031	.957685	.958335	.958980	.959620
.88	.960256	.960887	.961514	.962136	.962754	.963367	.963975	.964579	.965178	.965772
.89	.966362	.966947	.967527	.968103	.968674	.969240	.969802	.970358	.970910	.971458
.90	.972000	.972538	.973070	.973598	.974121	.974640	.975153	.975662	.976165	.976664
.91	.977158	.977647	.978131	.978610	.979084	.979553	.980017	.980477	.980931	.981380
.92	.981824	.982263	.982697	.983126	.983550	.983969	.984382	.984791	.985194	.985593
.93	.985986	.986374	.986757	.987135	.987507	.987874	.988236	.988593	.988945	.989291
.94	.989632	.989968	.990298	.990623	.990943	.991258	.991567	.991871	.992169	.992462
.95	.992750	.993032	.993309	.993581	.993847	.994107	.994362	.994612	.994856	.995095
.96	.995328	.995556	.995778	.995994	.996205	.996411	.996611	.996805	.996994	.997177
.97	.997354	.997526	.997692	.997852	.998007	.998156	.998300	.998437	.998569	.998696
.98	.998816	.998931	.999040	.999143	.999240	.999332	.999417	.999497	.999571	.999640
.99	.999702	.999758	.999809	.999854	.999892	.999925	.999952	.999973	.999988	.999997
1.00	1.000000									

Note: Coefficients apply for the volume of 2 ellipsoidal or hemispherical heads not the volume for 1 head.

Annexe 02

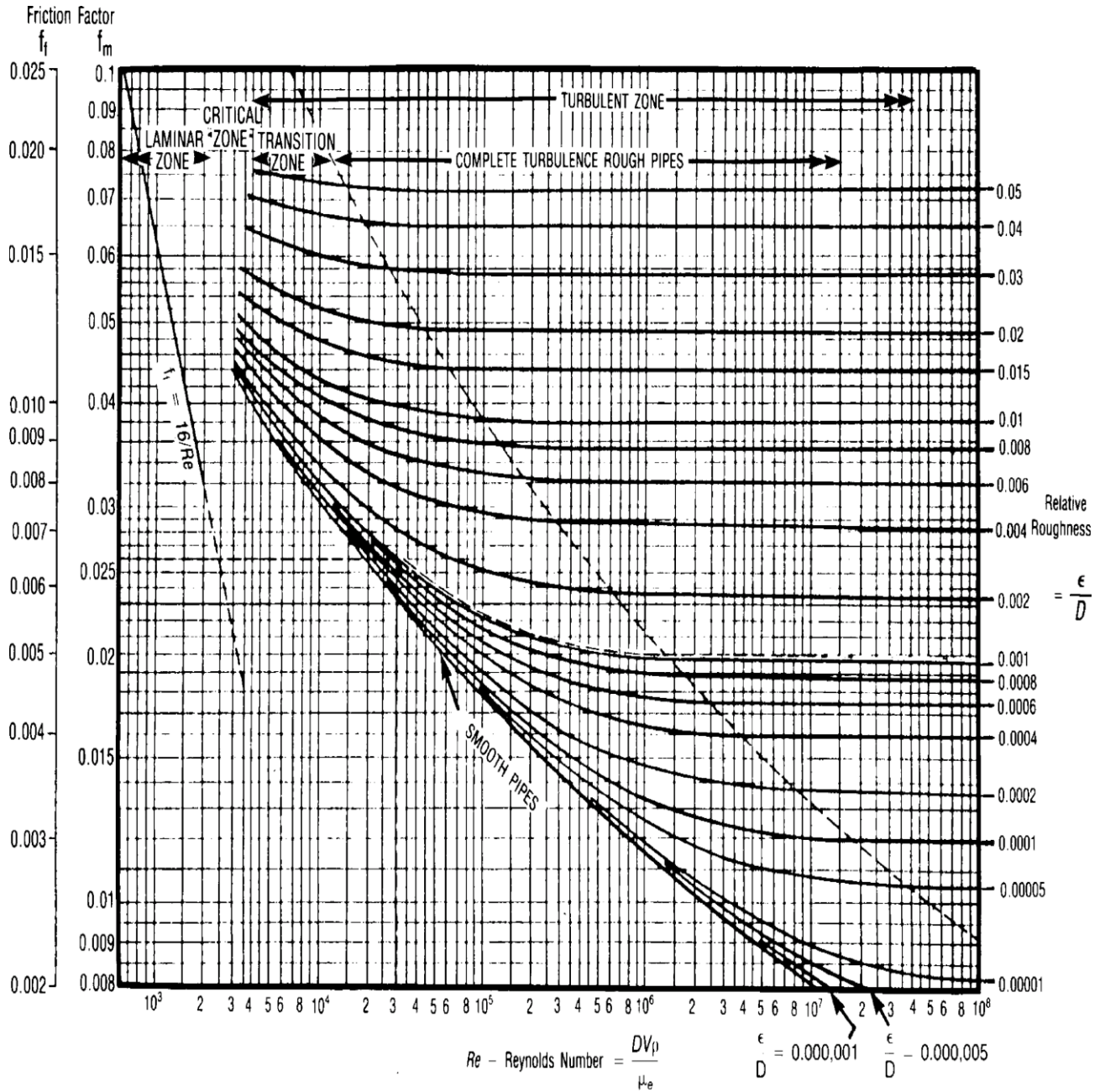
Coefficients for Partial Volumes of Horizontal Cylinders, $f(Z_c)$

Zc	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	.000000	.000053	.0001 51	.0002 79	.000429	.000600	.0007 88	.000992	.001212	.0014 45
.01	.001692	.001952	.0022 23	.0025 07	.002800	.003104	.0034 19	.003743	.004077	.0044 21
.02	.004773	.005134	.0055 03	.0058 81	.006267	.006660	.0070 61	.007470	.007886	.0083 10
.03	.008742	.009179	.0096 25	.0100 76	.010534	.010999	.0114 70	.011947	.012432	.0129 20
.04	.013417	.013919	.014427	.014940	.015459	.015985	.016515	.017052	.017593	.018141
.05	.018692	.019250	.0198 13	.0203 82	.020955	.021533	.0221 15	.022703	.023296	.0238 94
.06	.024496	.025103	.0257 15	.0263 31	.026952	.027578	.0282 08	.028842	.029481	.0301 24
.07	.030772	.031424	.0320 81	.0327 40	.033405	.034073	.0347 47	.035423	.036104	.0367 89
.08	.037478	.038171	.0388 67	.0395 69	.040273	.040981	.0416 94	.042410	.043129	.0438 52
.09	.044579	.045310	.0460 43	.0467 82	.047523	.048268	.0490 17	.049768	.050524	.0512 83
.10	.052044	.052810	.053579	.054351	.055126	.055905	.056688	.057474	.058262	.059054
.11	.059850	.060648	.0614 49	.0622 53	.063062	.063872	.0646 87	.065503	.066323	.0671 47
.12	.067972	.068802	.0696 33	.0704 69	.071307	.072147	.0729 91	.073836	.074686	.0755 39
.13	.076393	.077251	.0781 12	.0789 75	.079841	.080709	.0815 81	.082456	.083332	.0842 12
.14	.085094	.085979	.0868 66	.0877 56	.088650	.089545	.0904 43	.091343	.092246	.0931 53
.15	.094061	.094971	.0958 84	.0967 99	.097717	.098638	.0995 60	.100486	.101414	.1023 43
.16	.103275	.104211	.105147	.106087	.107029	.107973	.108920	.109869	.110820	.111773
.17	.112728	.113686	.114646	.115607	.116572	.117538	.118506	.119477	.120450	.121425
.18	.122403	.123382	.124364	.125347	.126333	.127321	.128310	.129302	.130296	.131292
.19	.132290	.133291	.1342 92	.1352 96	.136302	.137310	.1383 20	.139332	.140345	.1413 61
.20	.142378	.143398	.144419	.145443	.146468	.147494	.148524	.149554	.150587	.151622
.21	.152659	.153697	.154737	.155779	.156822	.157867	.158915	.159963	.161013	.162066
.22	.163120	.164176	.165233	.166292	.167353	.168416	.169480	.170546	.171613	.172682
.23	.173753	.174825	.175900	.176976	.178053	.179131	.180212	.181294	.182378	.183463
.24	.184550	.185639	.1867 29	.1878 20	.188912	.190007	.1911 02	.192200	.193299	.1944 00
.25	.195501	.196604	.197709	.198814	.199922	.201031	.202141	.203253	.204368	.205483
.26	.206600	.207718	.208837	.209957	.211079	.212202	.213326	.214453	.215580	.216708
.27	.217839	.218970	.220102	.221235	.222371	.223507	.224645	.225783	.226924	.228065
.28	.229209	.230352	.231498	.232644	.233791	.234941	.2360 91	.237242	.238395	.2395 48
.29	.240703	.241859	.243016	.244173	.245333	.246494	.247655	.248819	.249983	.251148
.30	.252315	.253483	.254652	.255822	.256992	.258165	.259338	.260512	.261687	.262863
.31	.264039	.265218	.266397	.267578	.268760	.269942	.271126	.272310	.273495	.274682
.32	.275869	.277058	.278247	.279437	.280627	.281820	.283013	.284207	.285401	.286598
.33	.287795	.288992	.2901 91	.2913 90	.292591	.293793	.2949 95	.296198	.297403	.2986 08
.34	.299814	.301021	.3022 28	.3034 38	.304646	.305857	.3070 68	.308280	.309492	.3107 05
.35	.311918	.313134	.3143 50	.3155 66	.316783	.318001	.3192 19	.320439	.321660	.3228 81
.36	.324104	.325326	.3265 50	.3277 74	.328999	.330225	.3314 51	.332678	.333905	.3351 34
.37	.336363	.337593	.3388 23	.3400 54	.341286	.342519	.3437 51	.344985	.346220	.3474 55
.38	.348690	.349926	.3511 64	.3524 02	.353640	.354879	.3561 19	.357359	.358599	.3598 40
.39	.361082	.362325	.3635 68	.3648 11	.366056	.367300	.3685 45	.369790	.371036	.3722 82
.40	.373530	.374778	.376026	.377275	.378524	.379774	.3810 24	.382274	.383526	.3847 78
.41	.386030	.387283	.3885 37	.3897 90	.391044	.392298	.3935 53	.394808	.396063	.3973 20
.42	.398577	.399834	.4010 92	.4023 50	.403608	.404866	.4061 25	.407384	.408645	.4099 04
.43	.411165	.412426	.4136 87	.414949	.416211	.417473	.4187 36	.419998	.421261	.422525
.44	.423788	.425052	.426316	.427582	.428846	.430112	.431378	.432645	.433911	.435178
.45	.436445	.437712	.4389 79	.440246	.441514	.442782	.444050	.445318	.446587	.447857
.46	.449125	.450394	.451663	.452932	.454201	.455472	.456741	.458012	.459283	.460554
.47	.461825	.463096	.464367	.465638	.466910	.468182	.469453	.470725	.471997	.473269
.48	.474541	.475814	.477086	.478358	.479631	.480903	.482176	.483449	.484722	.485995
.49	.487269	.488542	.4898 14	.4910 87	.492360	.493633	.4949 06	.496179	.497452	.4987 26

Annexe 03

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 »



Annexe 04

Pertes de charges dans les accessoires

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°, coude0.35 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 (6'').....0.75	$k = \frac{V^2}{2g}$

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	Nuance	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	Nuance	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	$\sigma = 625.000 A^{0,3} / U^{0,9}$ (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	Grade	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	Grade	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	$\sigma = 625.000 A^{0,3} / U^{0,9}$ (See ASTM standard)
E & S	A		48.0	330	30.0	205	
	B		60.0	415	35.0	240	

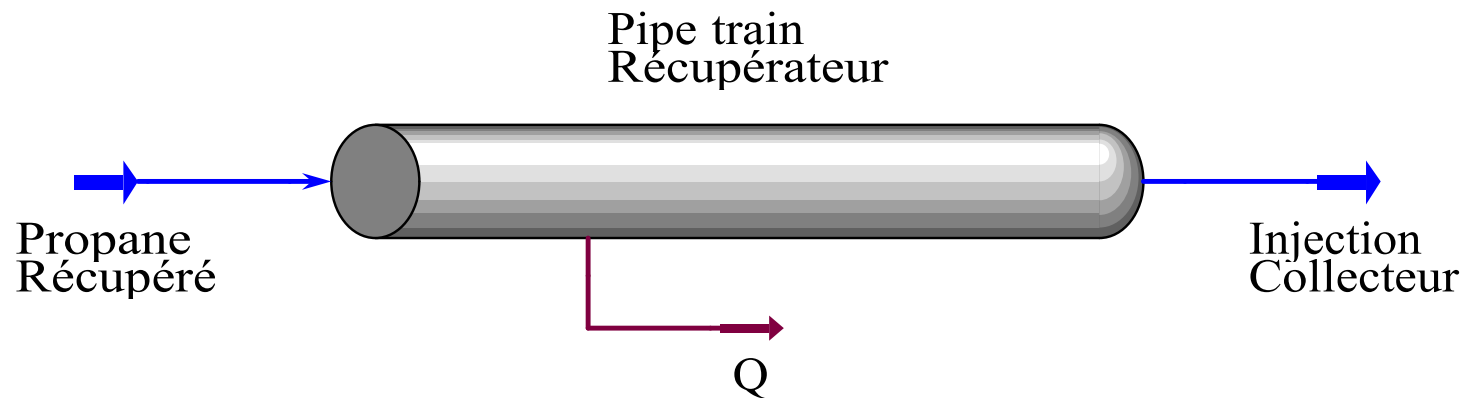
TOLERANCES

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		$\pm 10 \%$

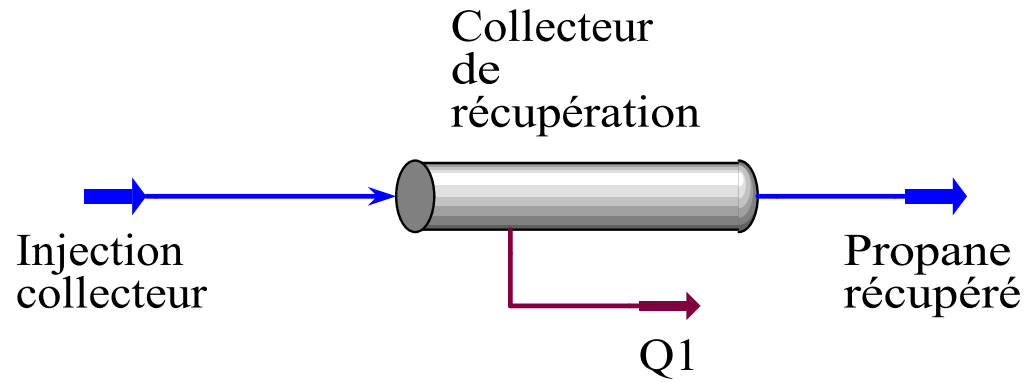
HYDROSTATIC TEST PRESSURE : see standard detailed specification.

DIMENSIONS : see pages 40 and following

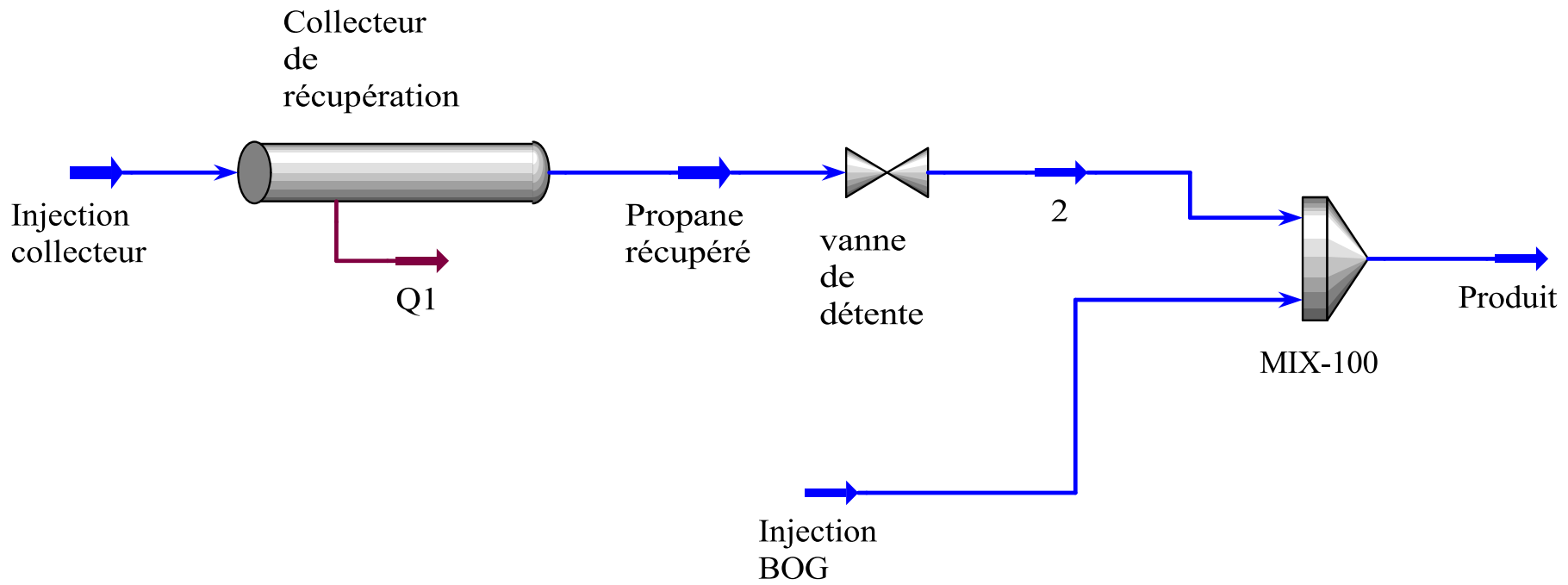
ANNEXES SIMULATION



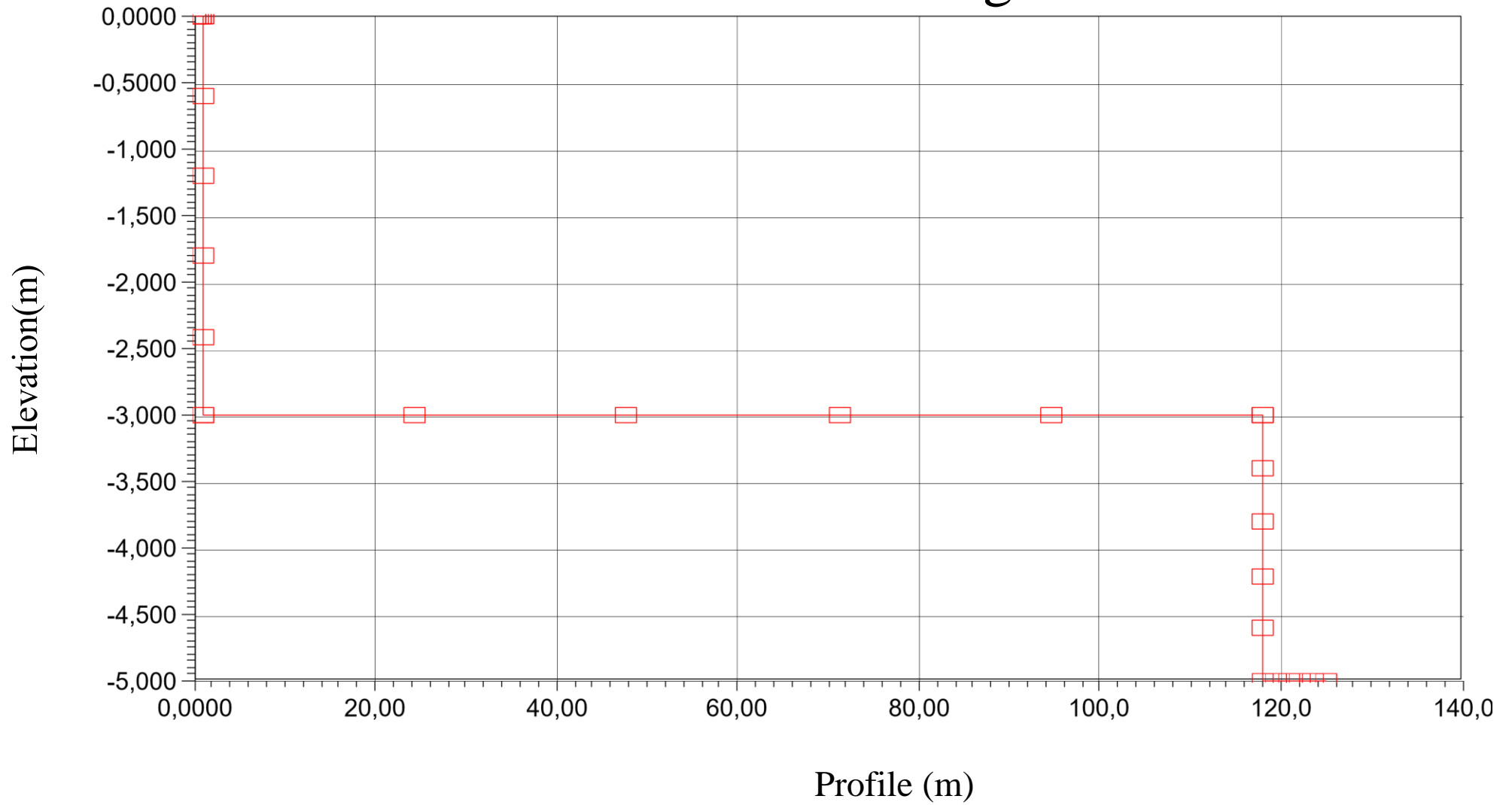
Pipe train récupérateur		
Pressure Drop	0,1850	Bar
Product Pressure	5,699	Bar



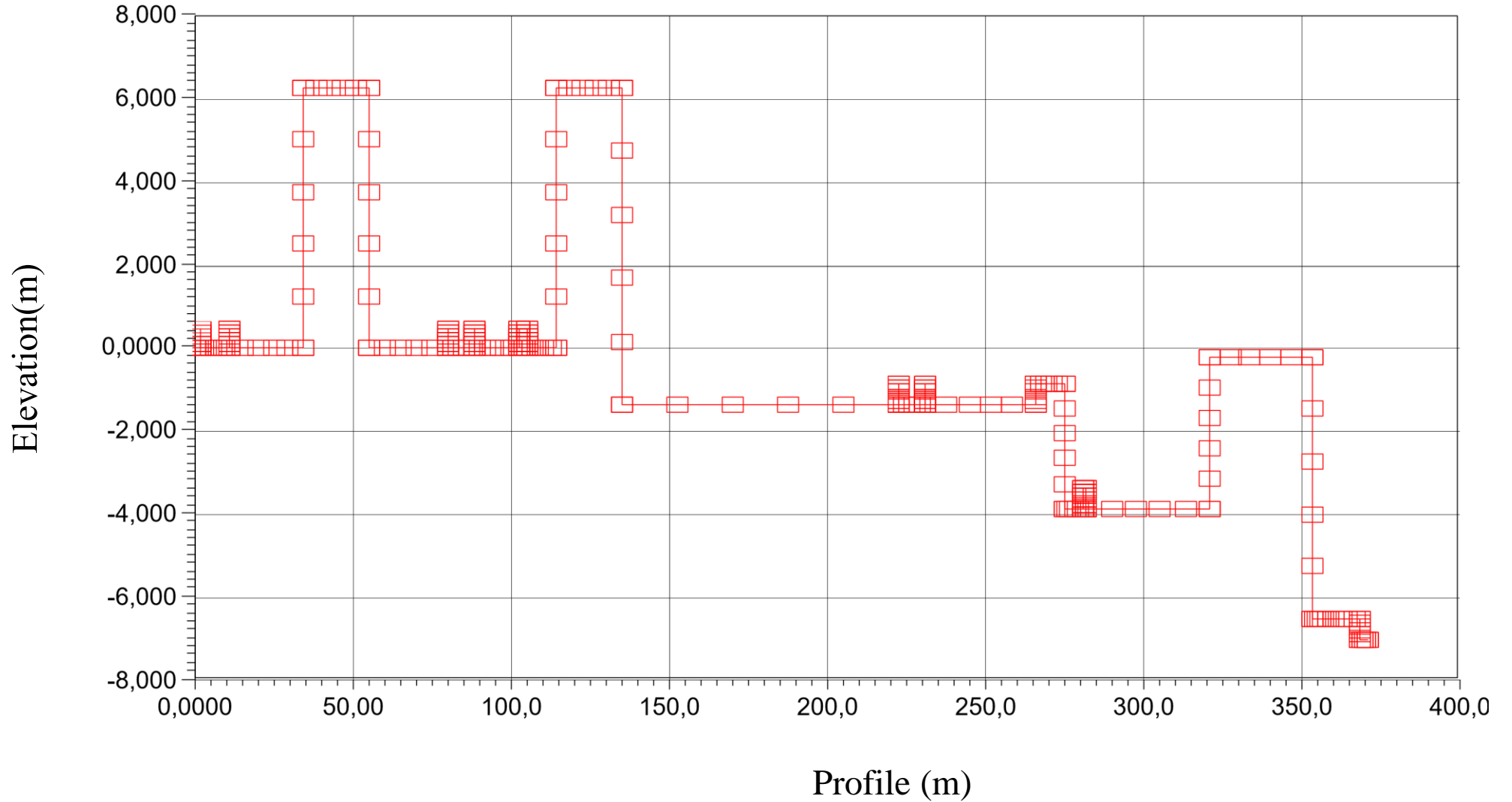
Collecteur de récupération		
Pressure Drop	0,5252	bar
Product Pressure	5,174	bar




Elévation Profile Ligne Train




Élévation Profile Collecteur



1	 LEGENDS Burlington, MA USA		Case Name: PR1..HSC		
2			Unit Set: EuroSI		
3			Date/Time: Wed Apr 10 05:26 2019		
4			13:		
5					
6	Pipe Segment: Pipe train récupérateur				
7					
8					
9	CONDITIONS				
10					
11	Name	Propane récupéré	Injection collecteur	Q	
12	Vapour	1.0000	1.0000	---	
13	Temperature (C)	12.3500 *	24.8382	---	
14	Pressure (bar)	5.8840 *	5.6990	---	
15	Molar Flow (kgmole/h)	203.0435	203.0435	---	
16	Mass Flow (kg/h)	8934.5200 *	8934.5200	---	
17	Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	17.6637	17.6637	---	
18	Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-2.521e+004	-2.497e+004	---	
19	Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	143.1	146.7	---	
20	Heat Flow (kcal/h)	-5.1191e+06	-5.0707e+06	-4.8307e+04	
21	PROPERTIES				
22					
23	Name	Propane récupéré	Injection collecteur		
24	Molecular Weight	44.00	44.00		
25	Molar Density (kgmole/m3)	0.2810	0.2555		
26	Mass Density (kg/m3)	12.36	11.24		
27	Act. Volume Flow (m3/h)	722.6	794.5		
28	Mass Enthalpy (kcal/kg)	-573.0	-567.5		
29	Mass Entropy (kJ/kg-C)	3.252	3.335		
30	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	77.07	78.64		
31	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.751	1.787		
32	LHV Vol Basis (Std) (MJ/m3)	2.041e+006	2.041e+006		
33	HHV Vol Basis (Std) (MJ/m3)	2.205e+006	2.205e+006		

34	HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	1.197e+004	1.197e+004			
35	CO2 Loading	---	---			
36	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---			
37	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---			
38	LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	1.108e+004	1.108e+004			
39	Phase Fraction [Vol. Basis]	1.000	1.000			
40	Phase Fraction [Mass Basis]	1.000	1.000			
41	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	1.000	1.000			
42	Partial Pressure of CO2 (bar)	0.0000	0.0000			
43	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000			
44	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	722.6	794.5			
45	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	11.49	11.49			
46	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	77.07	78.64			
47	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	4801	4801			
48	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	505.8	505.8			
49	Act. Liq. Flow (m3/s)	---	---			
50	Z Factor	0.8822	0.9001			
51	Watson K	14.72	14.72			
52	User Property	---	---			
53	Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	0.0000			
54	Cp/(Cp - R)	1.121	1.118			
55	Cp/Cv	1.197	1.178			
56	Heat of Vap. (kcal/kgmole)	3910	3928			
57	Kinematic Viscosity (cSt)	0.6551	0.7496			
58	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	507.0	507.0			
59	Liq. Vol. Flow (Std. Cond)(m3/h)	17.62	17.62			
60	Liquid Fraction	0.0000	0.0000			
61	Molar Volume (m3/kgmole)	3.559	3.913			
62	Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	88.86	89.26			
63	Phase Fraction [Molar Basis]	1.0000	1.0000			
64	Surface Tension (dyne/cm)	---	---			

65	Thermal Conductivity (W/m-K)	1.716e-002	1.834e-002		
66	Viscosity (cP)	8.100e-003	8.429e-003		
67	Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	68.76	70.33		
68	Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	1.563	1.598		
69	Aspen Technology Inc.	Aspen HYSYS Version 7.3 (25.0.0.7336)		Page 1 of 2	

1	 LEGENDS Burlington, MA USA			Case Name: HSC	
2				COLLECTEUR.	
3				Unit Set: EuroSI	
4				Date/Time: Wed Apr 10 13: 01:02 2019	
5					
6	Pipe Segment: Collecteur de récupération				
7					
8	CONDITIONS				
9					
10					
11	Name	Injection collecteur	Propane récupéré	Q1	
12	Vapour	1.0000	1.0000	---	
13	Temperature (C)	24.8400 *	24.9681	---	
14	Pressure (bar)	5.6990 *	5.1738	---	
15	Molar Flow (kgmole/h)	203.0543	203.0543	---	
16	Mass Flow (kg/h)	8935.0000 *	8935.0000	---	
17	Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	17.6647	17.6647	---	
18	Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-2.497e+004	-2.495e+004	---	
19	Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	146.7	147.7	---	
20	Heat Flow (kcal/h)	-5.0710e+06	-5.0672e+06	-3.6504e+03	
21	PROPERTIES				
22					
23	Name	Injection collecteur	Propane récupéré		
24	Molecular Weight	44.00	44.00		
25	Molar Density (kgmole/m3)	0.2555	0.2294		
26	Mass Density (kg/m3)	11.24	10.09		
27	Act. Volume Flow (m3/h)	794.6	885.3		
28	Mass Enthalpy (kcal/kg)	-567.5	-567.1		
29	Mass Entropy (kJ/kg-C)	3.335	3.357		
30	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	78.65	78.19		

31	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.787	1.777			
32	LHV Vol Basis (Std) (MJ/m3)	2.041e+006	2.041e+006			
33	HHV Vol Basis (Std) (MJ/m3)	2.205e+006	2.205e+006			
34	HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	1.197e+004	1.197e+004			
35	CO2 Loading	---	---			
36	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---			
37	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---			
38	LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	1.108e+004	1.108e+004			
39	Phase Fraction [Vol. Basis]	1.000	1.000			
40	Phase Fraction [Mass Basis]	1.000	1.000			
41	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	1.000	1.000			
42	Partial Pressure of CO2 (bar)	0.0000	0.0000			
43	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000			
44	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	794.6	885.3			
45	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	11.49	11.49			
46	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	78.65	78.19			
47	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	4801	4801			
48	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	505.8	505.8			
49	Act. Liq. Flow (m3/s)	---	---			
50	Z Factor	0.9001	0.9101			
51	Watson K	14.72	14.72			
52	User Property	---	---			
53	Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	0.0000			
54	Cp/(Cp - R)	1.118	1.119			
55	Cp/Cv	1.178	1.172			
56	Heat of Vap. (kcal/kgmole)	3928	3978			
57	Kinematic Viscosity (cSt)	0.7496	0.8326			
58	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	507.0	507.0			
59	Liq. Vol. Flow (Std. Cond)(m3/h)	17.62	17.62			
60	Liquid Fraction	0.0000	0.0000			

61	Molar Volume (m³/kgmole)	3.913	4.360			
62	Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	89.26	90.41			
63	Phase Fraction [Molar Basis]	1.0000	1.0000			
64	Surface Tension (dyne/cm)	---	---			
65	Thermal Conductivity (W/m-K)	1.834e-002	1.829e-002			
66	Viscosity (cP)	8.429e-003	8.403e-003			
67	Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	70.33	69.88			
68	Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	1.598	1.588			
69	Aspen Technology Inc.	Aspen HYSYS Version 7.3 (25.0.0.7336)				