



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد ابن باديس
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



N° d'ordre : M2.../IP /2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option : Génie Pétrochimie

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ELIMINATION DU
GIVRE DANS LA SECTION B.O.G PROPANE AU NIVEAU DU
GP2/Z**

Présenté par :

- **GHALI Djamila**
- **DEDDOUCHE Ahlem**

Soutenu le 03/10/ 2022 devant le jury composé de :

Président :	ABDELLI I. S.	MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	CHIKH DJAOUTSI. D.	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	HAMMOU .A.	MCB	Université de Mostaganem

Remerciements

*Toute notre parfaite gratitude et remerciement à **Allah** le plus puissant, clément et Miséricordieux qui nous a donné la force, le courage et la volonté d'élaborer ce travail.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et une considération particulière que nous remercions notre promoteur Mr **HAMMOU, A**, Maitre de conférences B pour sa disponibilité à tous les instants ainsi que ses conseils avisés qui ont facilité ce travail.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements à M^{me} **ABDELLI I. S.**, Maître de Conférences A, d'avoir bien voulu présider le jury.*

*Nous sommes également très reconnaissants à M^{me} **CHEIKH DJAOUTSI D**, Maître maitre de confiance B, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nos remerciements s'adressent également :

A tous nos enseignants sans exception.

A tous ceux qui nous ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenue durant toute ma vie, et mon père Que Dieu bénisse son âme qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

A mon frère Sid Ali et mes sœurs : Hammida et Nesrine

*A toute la famille **DEDDOUCHE** sans exception.*

*A tous mes amis **Dawya, Salima, Asma et Mohammed***

En fin, je remercie mon âme sœur et mon binôme Melle GHALI Djamila qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Ahlem

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à : A mes très chers parents
qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce
long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et soutenue
durant toute ma vie, et mon père qui
a sacrifié toute sa vie afin de me
voir devenir ce que je suis, merci
mes parents.

A mes frères : **Afif, Mohammed et Beghded** *et mes sœurs :*
Fatima et Hafida.

A toute ma famille GHALI sans exception
En fin, je remercie mon âme sœur et mon binôme Melle
DEDDOUCHE Ahlem qui a contribué à la réalisation de ce
modeste travail.

Djamila

SOMMAIRE

Résumé	8
INTRODUCTION GENERALE.....	12
I .INTRODUCTION	12
I. 1 PRESENTATION DU COMPLEXE GP2/Z	12
I.1.1 Description du complexe	13
I.1.2 organigramme du complexe.....	13
I.1.2.1Service organisation	13
I.1.2.2 Sous-direction du personnel.....	13
I.1.2.2.1 Département des ressources humaines DRH	13
I.1.2.2.2 Département administratif social ADM/SOC	13
I.2.3 Sous-direction d'exploitation.....	14
I.2.3.1 Département productions P.....	14
I.2.3.2 Département maintenances G	14
I.2.3.4 Départements de contrôle relevant de la direction.....	14
I.2.3.4.1DépartementTechnique T.....	14
I.2.3.4.2-Département de Sécurité I	14
I.3 GENERALITE SUR LES GPL	15
I.3.1 COMPOSITION DU GPL	16
I.3.2 L'ORIGINE DES GPL.....	16
I.3.3 LES CARACTERISTIQUES DU GPL	16
I.3.4.1 LES RISQUES DES GPL.....	17
I.3.4. DESCRIPTION GENERALE DU PROCEDE.....	17
II. La section de réception et stockage de la charge GPL	20
II.1 La section de réception de la charge GPL	20
II.3. La section de déshydratation principale de GPL	22
II.4. La section de séparation.....	24
II.5 Section de réfrigération.....	26
II.6. Le systeme boils off gas (B.O.G)	29
II.7 section stockage :	31
II.1.2 Les échangeurs tubulaires.....	32
II.1.3 Les échangeurs à plaques.....	33
II.2 Autres types d'échangeurs.....	35
II.3.1 La corrosion	35

II.3.4 L'encrassement par réaction chimique	36
II.3.5 L'entartrage.....	37
II.3.6 L'encrassement particulaire	37
II.4 Méthode de la différence logarithmique des températures.....	37
II.4.1 Les échangeurs à co-courant.....	37
II.4.2 Les échangeurs à contre-courant.....	39
II.4.3 Échangeurs à courants croisés	41
III.1. Introduction	42
III.2.2. Les Principaux équipements constitutifs	42
III.2.3. Description de la boucle	42
III.3. Principe de fonctionnement du compresseur 430/6201A/B/C	44
III.3.1. Introduction	44
III.3.2. Choix du compresseur	44
III.3.3. Caractéristiques du compresseur	44
III.3.4. Principe de fonctionnement.....	45
III.3.5. Système anti pompage.....	45
VI.1 Présentation du problème :	48
VI.1.1 Les cause des problèmes :	48
VI.1.2 Solutions proposées :	49
VI.1.3 Choix de l'emplacement du déshydrateur :	49
VI.2 Procédure de calcul	51
VI.2.1 Echangeur à contre -courant parfait (Shiller 405/6207):.....	51
VI.2.2 Calcul du coefficient d'échange global k.....	51
VI.2.4 Calcul de flux thermique réel :	53
VI.3 Détermination du facteur de correction F :	53
Conclusion générale	55
Recommandations	56

Liste des Figures

Figure I.1 : Schéma de la localisation géométrique de complexe GP2/Z	12
Figure I.2 : Schéma du principe de procédé GP2/Z [1 ; 2].....	19
Figure I.3 : Schéma de la section de Stockage tampon.....	21
Figure I.4 : Schéma de La section de déshydratation principale de GPL.....	23
Figure I.5 : Schéma de La section de séparation de GPL.....	25
Figure I.6 : Schéma de La section de réfrigération.....	28
Figure I.7: Schéma de systeme boils off gas (BOG).....	30
Figure I.7 : Schéma de section stockage.....	31
Figure II.1 : Différents types d'échangeurs tubulaires.....	33
Figure II.2 : Échangeur à plaque	34
Figure II.3 : Échangeurs à courants croisés, fluides non mixés.....	41
Figure II.4 Échangeur à courants croisés,	41
Figure III.1 : Schéma de la boucle de réfrigération (boucle propane).....	47
Figure VI.1 : Schéma de la section BOG avec le déshydrateur.....	50
Figure VI.1 : Echangeur tubulaire à contre-courant.	51

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Composition du GPL.....	16
Tableau III.1 : Paramètres de fonctionnement du compresseur 430/6201A/B/C.....	45
Tableau VI.1 : température entrée/sortie coté tubes et calandre.....	52

Résumé

Le complexe GP2.Z, est l'une des unités productrices de propane, de butane. Elle possède deux sections de récupération, l'une pour récupérer les vapeurs du propane et l'autre pour récupérer les vapeurs du butane phase 1 et phase 3. Dans la section de reliqufaction du propane (B.O.G) située au niveau du complexe GP2.Z, Schiller 405/60207 présente un problème de perte qui se traduit par une diminution du rendement, Depuis long temp, la température de sortie de Schiller 405/60207 censée être égale à -41°C à la sortie ne se trouve qu'à -31 °C. Nous avons mené une étude analytique dans le côté pratique, en calculant le rendement et l'efficacité du produit estimé à 75%, car ce pourcentage est considéré comme un petit pourcentage par rapport à un gros complexe comme GP2/Z et les unités de production dedans,

Notre objectif fait une étude pour éliminer le problème de givre, on propose un déshydrateur de garde à l'entrée de Schiller 405/60207 qui élimine l'eau dissoute dans le propane d'une teneur de 5 ppm à 1 ppm.

Mots clés :

GPL, propane, butane, réfrigération, Schiller, givre, déshydrateur

ملخص

مجمع GP2.Z هو أحد وحدات إنتاج البروبان والبيوتان. يحتوي على قسمين للاسترداد، أحدهما لاستعادة أبخرة البروبان والآخر لاستعادة أبخرة البوتان في المرحلة 1 والمرحلة 3.

في قسم إعادة تسخين البروبان (B.O.G) الموجود في مجمع GP2.Z، يواجه Schiller 405/60207 مشكلة خسارة تؤدي إلى انخفاض في المحصول لفترة طويلة، من المفترض أن تكون درجة حرارة خروج Schiller 405/60207 مساوية لـ -41 درجة مئوية عند المخرج عند -31 درجة مئوية فقط.

قمنا بدراسة تحليلية في الجانب التطبيقي، وذلك بحساب نسبة المردود وفعالية المنتج تقدر بـ 75٪ حيث هذه النسبة تعتبر نسبة قليلة بنسبة الى مركب كبير مثل GP2/Z و وحدات انتاج الموجودة فيه و لذلك قمنا باقتراح تركيب مجفف واقى عند مدخل Schille 60207/405 والذي يقضي على الماء الذائب في البروبان بمحتوى 5 جزء من المليون إلى 1 جزء من المليون.

كلمات مفتاحية:

غاز و بترول مميع، بروبان، بوتان، تبريد، شيلار، جليد، مجفف

Abstract

The GP2.Z complex is one of the propane and butane producing units. It has two recovery sections, one to recover propane vapors and the other to recover phase 1 and phase 3 butane vapors. In the propane reliquefaction section (B.O.G) located at the GP2.Z complex , Schiller 405/60207 has a loss problem which results in a decrease in efficiency, For a long time, the outlet temperature of Schiller 405/60207 supposed to be -41°C at the outlet is only found at -31°C . We conducted an analytical study in the practical side, calculating the yield and efficiency of the product revealed at 75%, because this percentage is considered a small percentage compared to a large complex like GP2/Z and the production units inside,

Our objective makes a study to eliminate the problem of frost, we propose a guard drier at the entrance of Schiller 405/60207 which eliminates the water dissolved in the propane with a content of 5 ppm to 1 ppm.

Key words:

GPL , , propane, butane, refrigeration, Schiller, frosted, dehydrator

Introduction générale

Introduction générale

Le gaz du pétrole liquéfié connu sous le terme GPL, dont l'Algérie est l'un des leaders producteurs exportateurs dans le monde, constitue l'une des priorités des plans de développement et de la politique énergétique de la SONATRACH. En génie chimique, plusieurs phénomènes sont indispensables et surtout au niveau des grandes industries tel que celles qui traitent le GPL. La séparation, la réfrigération sont les sections les plus importantes durant ce traitement. durant ces deux procédés, plusieurs problèmes se posent comme la présence d'eau, qui entraîne divers difficultés pour l'exploitation de la séparation du GPL, suivant les conditions de température et de pression qui règnent aux niveaux des équipements, la vapeur d'eau peut se condenser et provoquer la formation des hydrates, se solidifier ou favoriser la corrosion. Pour éviter ces problèmes, il est nécessaire de réduire la teneur en eau de GPL au niveau de la section déshydratation.

L'objectif de notre travail réalisé avec le département technique du complexe GP2/Z est d'optimiser le fonctionnement de la section de déshydratation de charge pour augmenter la quantité de traitement jusqu'à sa capacité réelle et avec une longue durée de vie du tamis moléculaire. Car une consommation excessive d'énergie a été observée au niveau de cette section.

Nous devons essayer de rechercher les solutions, en dehors de toute perturbation du fonctionnement normal du complexe d'une part, et d'investissement d'autre part.

Nous présenterons dans un premier lieu une description du complexe GP2/Z. Nous détaillerons en suite l'étude de la section déshydratation de charge. Nous chercherons, dans une deuxième partie, à localiser le problème de l'impact de la diminution de la teneur en eau du GPL sur les paramètres de fonctionnement de la section de déshydratation de charge. Afin de nous assurer de la validité de la méthode de calcul, nous effectuons les calculs d'abord pour schiller 405/60207 selon le design et confortons les résultats obtenus à la réalité.

Nous proposerons en suite, une solution ou recommandations, pour remédier à ce problème.

Chapitre I

Présentation du complexe GP2/Z

I .INTRODUCTION

Le GPL est considéré comme étant un mélange de gaz liquéfiés. Il est constitué essentiellement de propane et de butane en des proportions différentes selon la nature des gisements du pétrole traité.

La composition moyenne en général des GPL algériens se situe autour de 60% de propane et 40% de butane (dépendant de la provenance des GPL) avec des traces d'eau. Ce dernier produit dans les unités du sud notamment à HASSI MESSAOUD et HASSI RMEL. Cet hydrocarbure constitue une source d'énergie, est transporté à l'aide d'un oléoduc d'une longueur de l'ordre de 900 Km [1].

I. 1. PRESENTATION DU COMPLEXE GP2/Z

Le complexe GP2/Z est l'un des deux complexes de séparation de GPL de la division liquéfaction de la branche LTH (Liquéfaction et Transformation des Hydrocarbures). Situé à Arzew sur une superficie de 13,5 hectares, et implanté sur le plateau de l'ancienne plage « les sablettes » avec La capacité de traitement du complexe sont maintenue à 1.8MT/An . Il comporte deux trains et un en arrêt, utilisant le procédé de distillation sous pression pour produire du propane et du butane [2].



Figure I.1 Schéma de la localisation géométrique de complexe GP2/Z

I.1.1. Description du complexe

Le complexe GP2/Z est composé de plusieurs départements pour assurer le bon fonctionnement de l'unité.

I.1.2. Organigramme du complexe**I.1.2.1. Service organisation**

Service rattaché à la direction, responsable de l'information et l'organisation. Il s'occupe de l'établissement des procédures de manuel de gestion, qui est établi par division. Il comprend :

- la section organisation.
- La cellule informatique qui est chargée de l'informatisation.

De toute les fonctions du complexe à savoir :

- Les applications bureautiques.
- Les applications de gestion.

I.1.2.2. Sous-direction du personnel**I.1.2.2.1. Département des ressources humaines DRH**

Sa mission:

- Sélection et recrutement.
- Planification des effectifs.
- Concourir à la formation et au perfectionnement du personnel d'exécution en vue d'assurer la maîtrise de technique et de technologie liée à son champ d'activité.
- Le suivi des carrières par le biais d'une fiche d'appréciation établie pour chaque agent.

Il est divisé en 2 services :

- Service de gestion des carrières.
- Service de formation.

I.1.2.2.2. Département administratif social ADM/SOC

Chargé du suivi et gestion du personnel en matière de prestations, il est divisé en 2 services :

A-Service adm

1-Section gestions administratives

2-Section paies

B-Service social

I.1.2.2.3. Département des moyens généraux MG

Département de prestation pour le complexe, il est divisé en 3 services :

Service moyens généraux :

-Section transport.

-Section hygiène.

Service intendance : comprenant 2 sections

-Section cantine.

-Section économat/tirage.

I.2.3. Sous-direction d'exploitation

I.2.3.1. Département productions P

Son rôle est la fabrication et l'expédition du butane et propane, il est divisé en 2 services :

1-Service fabrication.

2-Service planning et programme.

I.2.3.2. Département maintenances G

Son rôle consiste à maintenir les équipements en état opérationnel pour optimiser la capacité de production.

I.2.3.3. Département approvisionnements A

Son rôle est d'assurer à tout moment la disponibilité des pièces de rechanges et des tous les produits nécessaires au bon fonctionnement de l'unité, il est divisé en 2 services :

1-Service gestion des stocks.

2-Service achat.

I.2.3.4. Départements de contrôle relevant de la direction

I.2.3.4.1 Département Technique T

Son rôle est de veiller au bon fonctionnement des équipements par le biais du contrôle des paramètres de fonctionnement, au contrôle des produits et à l'amélioration de la production, il est divisé en 3 services :

1-Service étude et développement

- Suivi et contrôle la production du point de vu qualité et quantité.
- Faire des études de projets de modification ou d'amélioration de production.

2- Service inspection

- Faire l'inspection des équipements de production par relevé quotidien, des mesures de vibration etc.... afin de détecter les anomalies et faire des recommandations pour y remédier.

3-Service laboratoire

- Il contrôle et inspecte le produit fini, le produit d'arrivée GPL pendant le traitement, pour établir des certificats de qualités.

I.2.3.4.2. Département de Sécurité I

Il veille à l'application des mesures de sécurité pour éviter les accidents et les incendies, il est divisé en deux services

1-Service prévention : son rôle consiste à

- Veiller à l'application stricte des consignes de sécurité
- Contrôler les issues internes d'accès au complexe
- Effectuer des visites périodiques sur les installations
- Maintenir les moyens de sécurité en bon état de fonctionnement
- Sensibiliser le personnel sur les risques du travail

2-Service intervention : son rôle consiste à

- Chargé de l'intervention en cas d'incendie ou de problèmes survenant et mettant en danger les installations et les hommes.
- Les extincteurs à main, ainsi que les chariots tractés à main, ou bien des véhicules de lutte motopompe, générateur de masse, etc...., sont en disposition.

Un troisième cas possible est le réseau d'eau, les bouches d'incendie, générateurs de mousse qui sont placés sur les bacs et installations.

I.3. GENERALITE SUR LES GPL

Le terme GPL ou gaz de pétrole liquéfié désigne un mélange d'hydrocarbures, qui sont gazeux aux conditions normales de température et de pression et qui ont la propriété de passer à l'état liquide par un abaissement de température ou de pression ou des deux à la fois. Il s'agit essentiellement de butane et de propane [3]. Cette propriété permet de stocker dans un volume réduit de (1m³ de GPL liquide occupe un volume de 225 m³ à l'état gazeux dans les conditions normales) [3].

I.3.1. COMPOSITION DU GPL

Le GPL est l'un des meilleurs combustibles avec le gaz naturel en ce qui concerne le contrôle de l'environnement.

Tableau I.1 Composition du GPL

Composants du GPL	Fraction Molaire (%)
Méthane	0,3
Ethane	1,32
Propane	60,28
Iso butane	14,08
Normal butane	23,69
Iso pentane	0,27
Normal pentane	0,06

I.3.2. L'ORIGINE DES GPL

Les gaz de pétrole liquéfiés sont obtenus principalement :

- ❖ Dans les raffineries de pétrole, en cours de la distillation du pétrole brut.
- ❖ Au cours des opérations de dégazolinage du gaz naturel sur les champs de production, pour obtenir les produits condensables (butane et propane).
- ❖ Une grande partie des GPL provient des champs pétroliers et aussi pendant la liquéfaction du gaz naturel particulièrement au niveau du stade du fractionnement du procédé.

I.3.3. LES CARACTERISTIQUES DU GPL

- ❖ **Odeur** : le GPL est inodore à l'état naturel.
- ❖ **Dilatation** : à l'état liquide, le GPL a un haut coefficient de dilatation dont il faut tenir compte lors de leur stockage (les sphères ne doivent jamais être complètement remplies).
- ❖ **Densité** : aux conditions normales de température et pression, le GPL est plus lourd que l'air.
- ❖ Les GPL sont non corrosifs à l'acier, au cuivre et à l'alliage du cuivre et d'aluminium.
- ❖ Les GPL sont légèrement toxiques à l'état liquide ou vapeur
- ❖ Le GPL n'a aucune propriété de lubrification et cet effet doit être pris en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et compresseurs). Le GPL est incolore, que ce soit liquide ou gazeux [1].

I.3.4. L'UTILISATIONS DES GPL

Parmi les principales utilisations des GPL, on peut citer :

- ❖ La combustion.
- ❖ La climatisation.
- ❖ Matière première pour l'industrie, comme l'utilisation des GPL dans les centrales pour la production de l'énergie de l'électricité.

I.3.4.1. LES RISQUES DES GPL

- ❖ Les GPL sont fréquemment stockés à l'état liquide sous pression, la fuite du liquide peut, par évaporation rapide, donner un grand volume de gaz inflammable difficile à maîtriser.
- ❖ La limite inférieure d'inflammabilité du gaz approximativement à 2% du volume du gaz dans l'air. Une petite portion de gaz dans l'air peut donner un mélange inflammable qui peut être enflammé par un élément chaud ou une étincelle à distance d'un point de fuite.
- ❖ Les GPL liquides par évaporation peuvent causer des brûlures sévères, des protections individuelles (vêtements de protection, gants, lunettes). doivent être portés.

I.3.4.2. DESCRIPTION GENERALE DU PROCEDE

La charge GPL est composée approximativement de 60% de propane et 40% de butane avec des traces de C_1 , C_2 et C_5 , CO_2 et H_2O . Elle provient de différents champs pétroliers du sud « Hassi R'mel, Hassi Messaoud etc... ». La charge est envoyée à travers des stations de pompages puis transite par RTO, arrive au complexe GP2Z à une pression de 20 bars et température ambiante. La charge GPL passe par la vanne **XV-6501**, puis elle rentre dans deux filtres car notre GPL est contient des impuretés : (sables, poussière, matière étrangère) [3].

La charge GPL sortant du filtre en service pénètre dans un ballon dégazeur de charge pour enlever le gaz non condensable tel que l'hydrocarbure plus légers et gaz inertes. la charge est stockée dans les 02 sphères (1220 m^3), pour assurer la marche de sécurité en cas de problème au niveau des stations de pompage et de transport.

A la sortie des sphères, le GPL est envoyé après la section déshydratation vers les deux splitter pour être séparé en butane et en propane, le propane est récupéré en tête de colonne et le butane est récupéré en fond de colonne, ce dernier passe dans le rebouilleur pour être chauffé par la TORADA (huile thermique) venant du four.

La partie vapeur obtenue du butane retourne vers la colonne pour y maintenir la chauffe en fond de colonne. La partie liquide du butane sert à préchauffer la charge de GPL puis elle est envoyée vers la section réfrigération, où elle est refroidie en deux stades de pression (HP, MP). Le propane obtenu en tête de la colonne est utilisé en partie comme reflux vers la colonne. L'autre partie est envoyée vers la section réfrigération, où elle est refroidie en trois stades (HP, MP, BP). le stockage des produits finis le propane commercial C3 et le Butane commercial C4 se fait respectivement dans deux bacs (70000 m^3). Pour le Butane C4 ambiant, le stockage se fait dans deux sphères (1220 m^3) [1 ; 2]. le procédé général est présenté par la figure I.2.

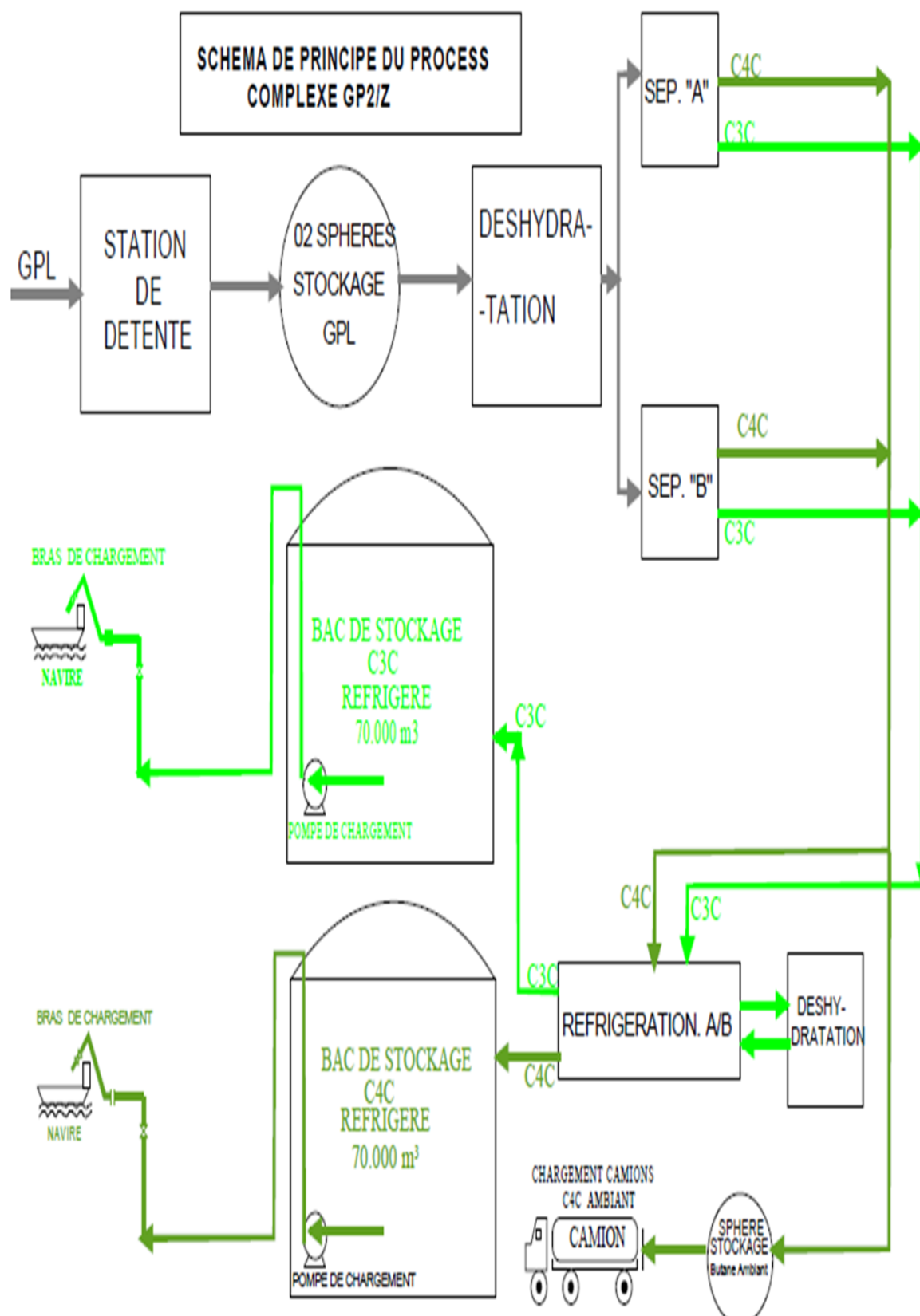


Figure I.2 Schéma du principe de procédé GP2/Z [1 ; 2]

II. La section de réception et stockage de la charge GPL

II.1. La section de réception de la charge GPL

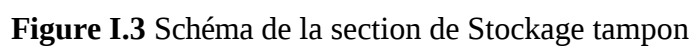
La charge d'alimentation **GPL** est envoyée à partir de terminal **RTO** jusqu'à la limite de batterie du complexe à la température ambiante et à pression approximative de **20 Bar**, pour la sécurité de l'ensemble du complexe **GP2/Z**, Elle traverse une soupape **RV6507** crachée à **98.1 Bar** en cas des ruptures au niveau d'**RTO** concernant des stations de pompage et de la pression dessus de conditions normale), la soupape s'ouvre vers le réseau torche.

La vanne d'arrêt commandée à distance **XV6501** qui est activé par le système **ESD** (emargement shut –down), est installé à la limite de batterie, puis la charge **GPL** rentre dans deux filtres (**440 /6502 A /B**) car elle contient des impuretés telque (sables, poussière, matière étrangère), Une des deux filtre est normalement en service et l'autre est en stand- by, quand le niveau de ΔP atteindre la valeur de **1.5- 2 Bar** dans le (**PDI 6501**), c'est à dire les éléments filtrants sont saturées donc ce que nécessite le nettoyage.

La charge **GPL** sortant de filtre en service pénètre dans un ballon dégazeur de charge (**410/6501**) pour enlever les gaz incondensable tel que l'hydrocarbure plus légers et gaz inertes

II.2 La section de Stockage tampon :

La charge passe par une station de détente et est stockée à une pression de **8 à 9,8 bar** dans les deux sphères de capacité **1220 m³**, qui assure le traitement d'usine pendant **2h30** en cas des ruptures au niveau d'**RTO**, aussi il facilite l'arrêt des équipements en tous sécurité [4].



II.3. La section de déshydratation principale de GPL

À la sortie de la sphère, le **GPL** est envoyé vers l'unité de déshydratation, qui représente La Section conçue pour éliminer l'eau de la charge d'alimentation jusqu'à la teneur en eau soit inférieur à **1PPM** en poids. la charge **GPL** alimente au coalescer (**440/6203**) qui est installé pour enlever **100%** de gouttelettes d'eau dont la taille est supérieur à **10 micromètre** , Les gouttelettes de l'eau se joignent et se forment à plus grandes gouttelettes dans le filtre coalescent , elles sont séparées par gravitation , puis sont admises dans le ballon de purge en bas de coalescer qui sépare la vapeur d'hydrocarbure dissoute pour dégager la vapeur à l'atmosphère à une hauteur suffisamment élevé pour sécurité et l'eau dissoute vert l'égout .le **GPL** dont l'eau entraînée est enlevée par le sécheur introduit dans l'adsorbeur de **GPL** qui contient un lit de tamis moléculaire reposant sur des supports.

Le principe de la déshydratation se fait par adsorption de certains molécules (les molécules d'eau) et le rejet des molécules plus grosses (les molécules de **GPL**) .Les molécules d'eau étant polaires ,elles sont fortement attirée vers les tamis moléculaire ; par contre les molécules non polaires (de **GPL**) traversent librement le sécheur lors de l'écoulement de la charge **GPL** vers le bas à travers le lit de tamis moléculaire, l'eau est adsorbée ,en suite éliminée par la chaleur durant le cycle de régénération [2].

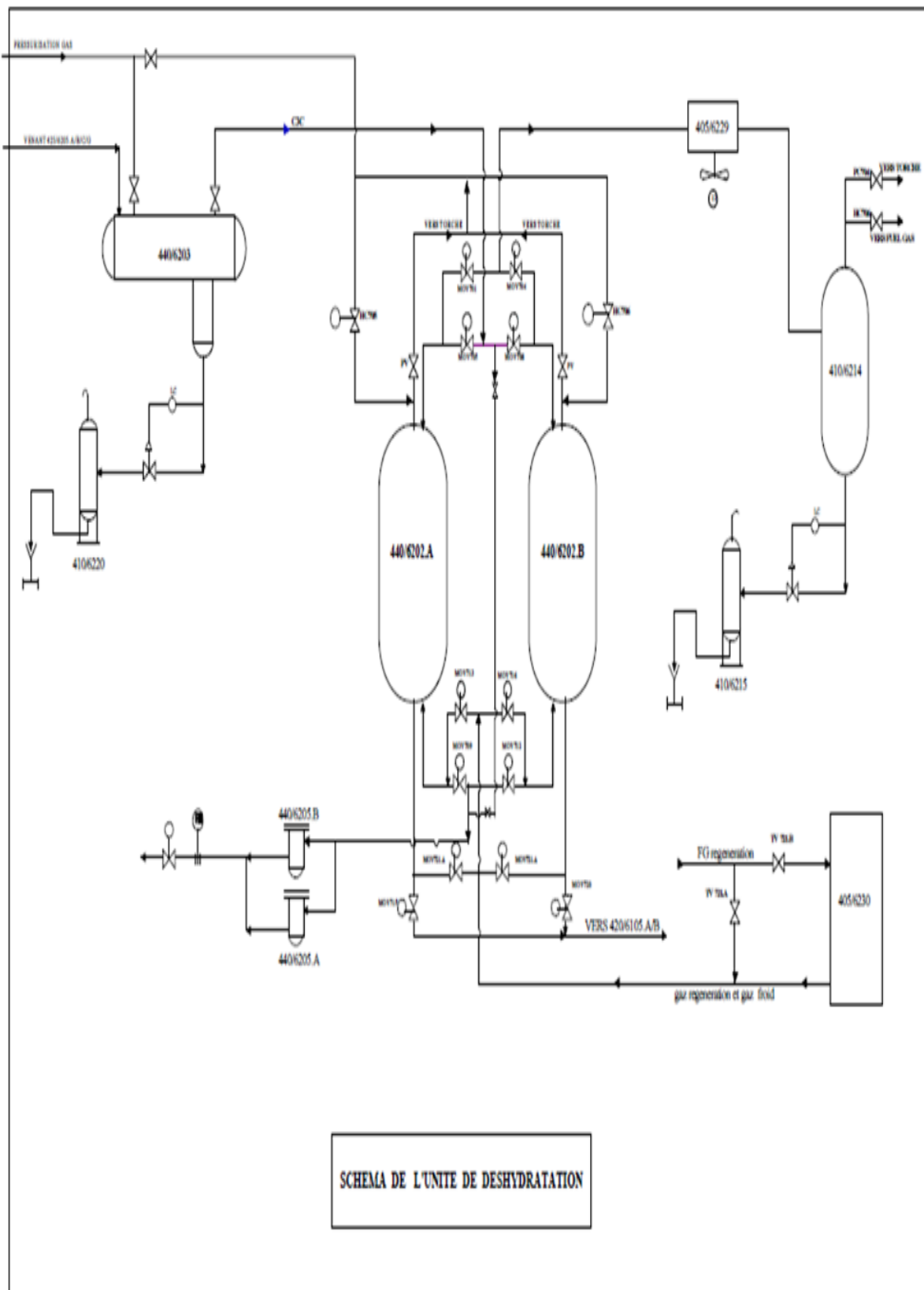


Figure I.4 Schéma de La section de déshydratation principale de GPL

II.4. La section de séparation

A la fin de la déshydratation, le **GPL** acheminé vers une section de séparation qui se déroule dans une colonne, cette séparation est basée sur le principe de la volatilité ; on va obtenir le propane comme produit de tête et le butane comme produit de fond.

Cette séparation est constituée de 02 trains (02 splitter **section de Stockage tampon 407/6201/A/B**) chacun d'eux comprend les équipements suivants :

- Une colonne de séparation **407/6201/A** de **46 plateaux**.
- Un pré chauffeur de la charge **GPL 405/6201/A**
- Une batterie d'aérocondenseurs **402/6202/A** et **405/6204/A**.
- Un ballon de reflux **410/6201/A**.
- Deux pompes de reflux **425/6202/A/B**
- Un rebouilleur **405/6224/A**

Avant d'arriver à la colonne, la charge **GPL** est à une pression de **22.5 bars** et passe par le pré chauffeur **405/6201/A** où elle est préchauffée par le butane venant de fond de colonne (rebouilleur).

Le courant de **GPL** venant du pré chauffeur **405/6201/A** rentre au niveau du plateau **n°24**. Les hydrocarbures légers se séparent du courant d'alimentation et s'élèvent vers le sommet de la colonne à contre-courant d'un reflux continu de propane.

Le propane commercial extrait comme produit de tête de distillation est Condensé en totalité au niveau des aérocondenseurs **405/6202** et **405/6204**.

Le propane provenant au ballon de reflux **410/6201/A** est aspiré par l'une des pompes de reflux **425/6202/A/B**. Une partie est réintroduite en tête de colonne comme reflux dans la colonne. L'autre partie du propane va s'écouler vers la réfrigération via la **LV 6226** qui permet de maintenir un niveau liquide dans le ballon de reflux.

Le liquide du fond de colonne (butane) pénètre dans le rebouilleur **405/6224** où il se vaporise partiellement. La partie vaporisée retourne vers la colonne en dessous du 46ème plateau (le dernier) comme reflux vapeur alors que l'autre partie du butane s'écoule vers la réfrigération via la **LV 6201** qui permet de maintenir un niveau liquide dans le rebouilleur. C'est ce butane produit en fond de colonne qui permet de préchauffer le **GPL** en circulant en côté calandre dans le pré chauffeur **405/6201**.

La chaleur nécessaire au rebouillage est fournie par de la **TORADA TC** venant du four. La température du dernier plateau (plateau **n°46** du fond de colonne) **TIC 6258** contrôle le débit de rebouillage en agissant directement sur la vanne de débit de **TORADA TC** la **FIC 6219** [5].

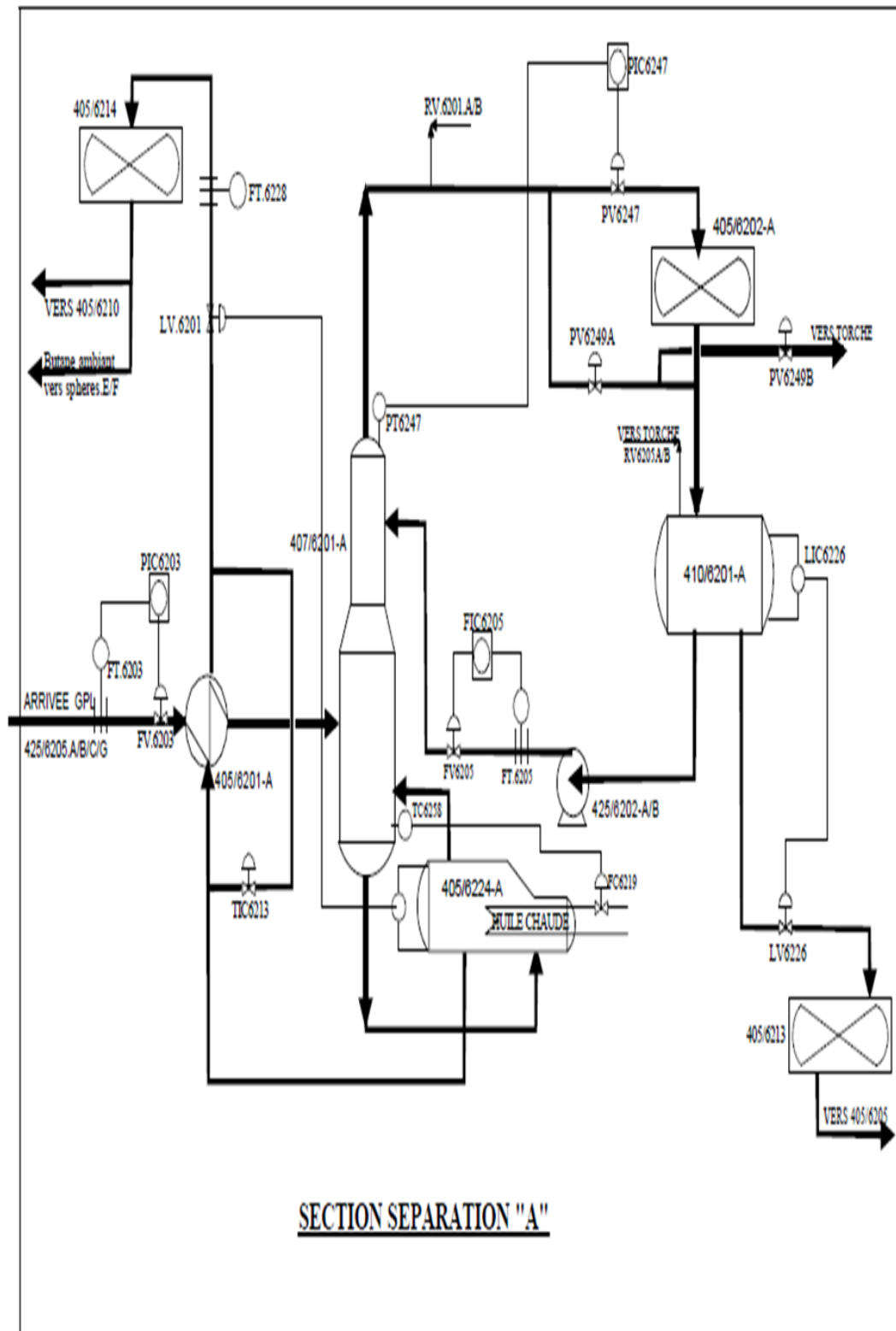


Figure I.5 Schéma de La section de séparation de GPL

II.5. Section de réfrigération

Les produits obtenus à partir de la séparation vont diriger vers la zone de réfrigération " Le propane commercial, butane commercial

Circuit du propane commercial (C3c)

Le propane commercial venant de la section de séparation est introduit dans la section réfrigération qui contient trois Schillers .

- **Schiller HP**

Le propane est refroidit par le sous refroidisseur (**405/6213**) ; varie selon la température ambiante de la section de séparation, il introduit dans le Schiller de l'étage **HP (405/6205)** et sort à une température d'environ -5°C .

- **Schiller MP**

En suite le propane est envoyé au Schiller de l'étage **MP (405/6206)** qui diminue la température à -12°C .

- **Schiller BP**

Le propane passe au troisième Schiller de l'étage **BP (405/6207)** et refroidit à température de -35°C .

Le produit réfrigéré, passe alors par le ballon flash (ballon de détente) qui n'est pas le cas actuel où il est détendu à **0.04 bar** pour atteindre la température de -45°C qui n'est autre que la température de stockage du produit fini au niveau du bac de stockage du propane réfrigéré. Le produit est finalement expédié vers le bac de stockage au moyen d'une pompe.

Circuit du butane commercial (C4c)

Le butane se partage en deux parties est envoyé vers les sphères du butane ambiant (**420/6105- E/F**) pour le chargement de camion ou (**NAFTAL**) et l'autre partie entre dans les deux refroidisseurs (Schiller).

- **Schiller HP**

Le butane introduit dans le Schiller de l'étage **HP (405/6210)** coté faisceau, il se refroidit à une température d'environ -11.8°C .

- **Schiller MP**

Le butane passe au Schiller de l'étage **MP (405/6212)** et sort à la température d'environ -12°C .

Circuit du propane pur (réfrigérant)

Le propane pur est stocké dans le ballon du propane réfrigérant **410/6217** à une pression d'environ **16 bars** et à une température avoisinant les -40°C . Le ballon alimente sous contrôle de niveau les deux Schiller haute pression côté calandre.

Le propane pur entre respectivement dans les Schiller (**405/6205**) et (**405/6210**) à une pression de **6 bars** et à une température de -11.8°C , le 1er stade de refroidissement correspond à la haute pression : **HP**.

Le Schiller (405/6205) alimente le Schiller du 2ème stade de refroidissement du propane commercial le (405/6206) et le Schiller (405/6210) alimente le Schiller du 2ème et dernier stade de refroidissement du butane commercial le (405/6212).

Le propane pur entre respectivement dans les Schiller (405/6206) et (405/6212) à une pression de **1.8 bars** et à une température de **-16.9°C**. Le 2ème stade de refroidissement correspond à la moyenne pression : **MP**.

Au niveau du 3ème stade de réfrigération il n'y a que le propane commercial qui est refroidi le butane ayant terminé son cycle. Le Schiller (405/6206) alimente le Schiller du 3ème stade de refroidissement du propane le (405/6207) à une pression de **0.5 bars** et à une température de **-40.3°C**. Le 3ème stade de refroidissement correspond à la basse pression **BP**.

A chaque étage, les vapeurs des Schiller sont reprises par le compresseur via des ballons séparateurs qui permettent d'éliminer toutes gouttelettes de liquide entraînées avec les vapeurs de propane. Elles sont comprimées dans un compresseur centrifuge étagé entraîné par une turbine à gaz et refoulées vers les aéro-réfrigérants (405/6209/A/B) pour être condensées et retournées au ballon (410/6217) pour un nouveau cycle [5].

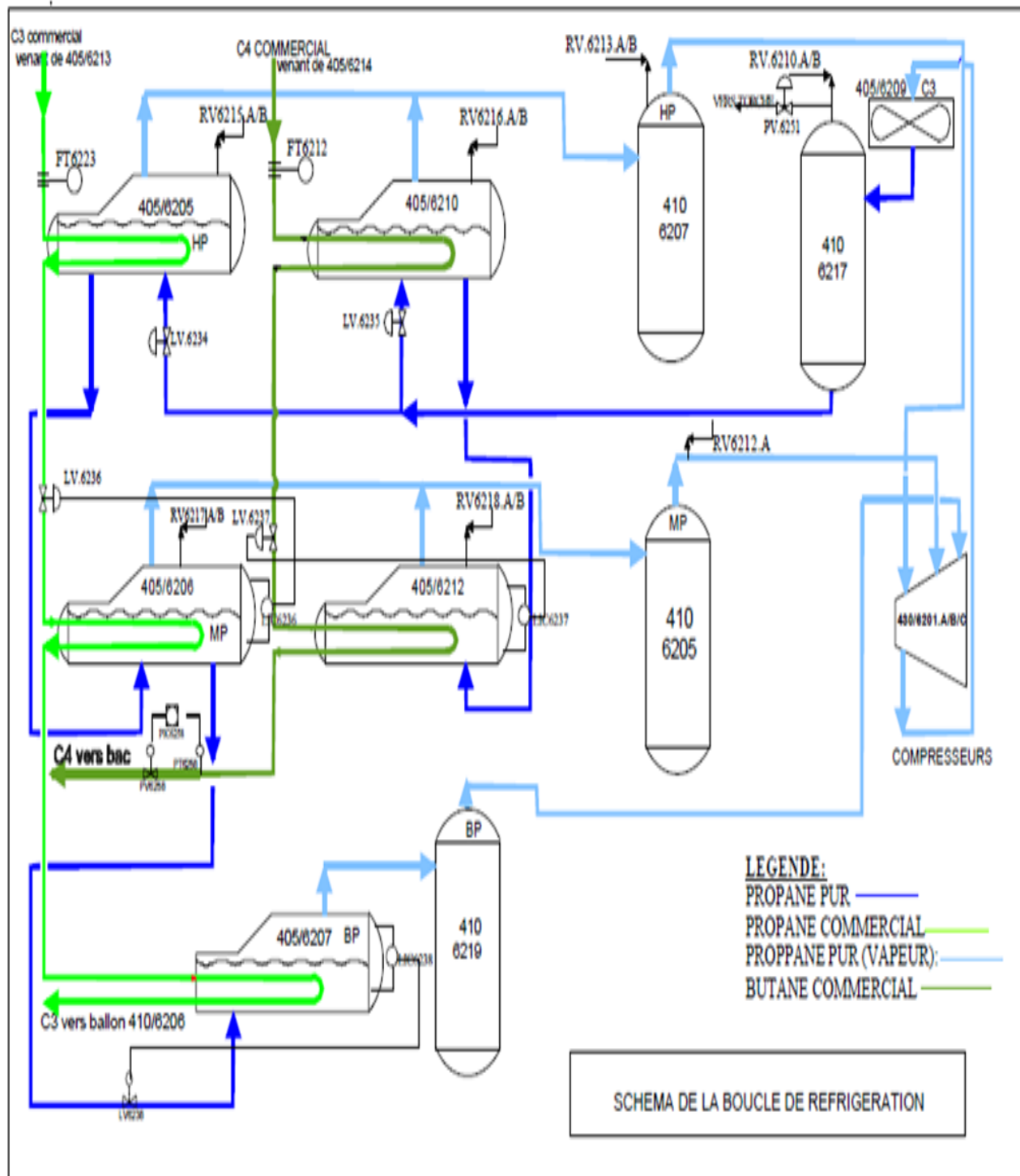


Figure I.6 Schéma de La section de réfrigération

II.6. Le system boils off gas (BOG)

Deux systèmes séparés "**BOG**" (gaz d'évaporation au boil off gas) existent pour la récupération des vapeurs issues des bacs de stockage propane/butane.

Les vapeurs provenant du bac de stockage de propane (**420/6104**) et le gaz provenant du ballon de détente du propane produits sont comprimées à **0,04 Bar**. Au niveau des deux compresseurs centrifuges (**430/6101E/D**), partiellement liquéfié dans les Schiller (**405/6107**).

Le propane liquide obtenu passe par le séparateur (**410/6105**), une partie fait le retour pour le contrôle du niveau au bac de propane, l'autre partie est envoyée au préchauffeur de charge, et la vapeur est récupérée comme gaz de dégagement.

Le propane liquéfié contenant **C1** et **C2** est pompé et envoyé à la section de dééthanisation pour éliminer **C1** et **C2** comme un fuel gaz et récupérer le produit propane.

Le propane liquide est ensuite envoyé via des pompes immergées vers les bras de chargement pour l'expédition. [6].

De façon similaire, les vapeurs de C4 issues du bac de stockage (**420/6105**) sont comprimées par les compresseurs **BOG (YORK) 430/6101A/B** et entièrement condensées au niveau de condenseur (**405/6103**). Le butane liquide ainsi obtenu passe dans un séparateur **410/6108** et retourne sous contrôle au niveau de bac du butane.

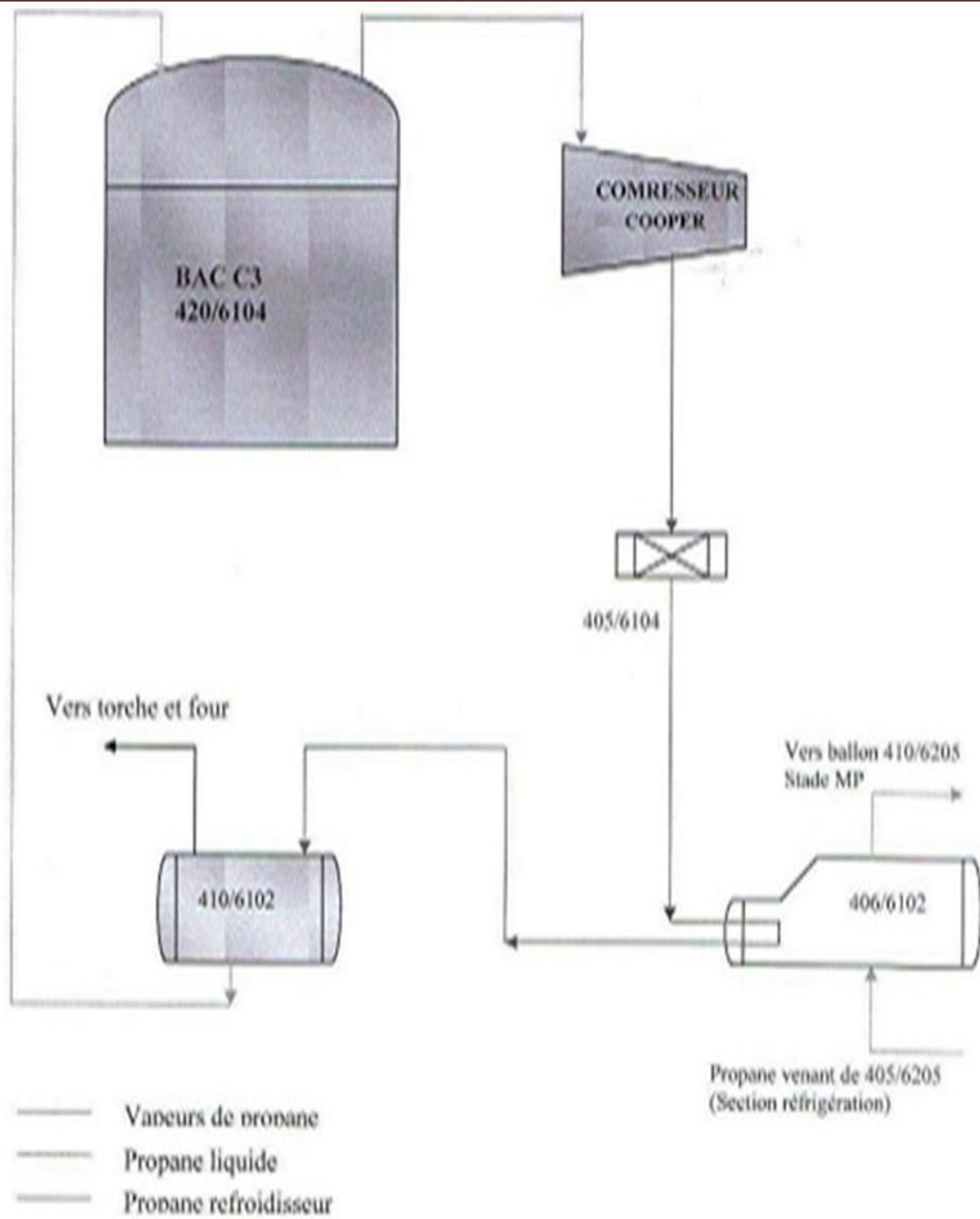


Figure I.7 Schéma de system boils off gas (BOG)

II.7 section stockage :

Cette section sert au stockage du propane et du butane commercial réfrigérés. Elle comprend deux bacs chacun est de **70 000 mètres** cubes de capacité. Un bac de stockage du propane (**420/6204**) et un bac de stockage de butane (**420/6205**) [7].

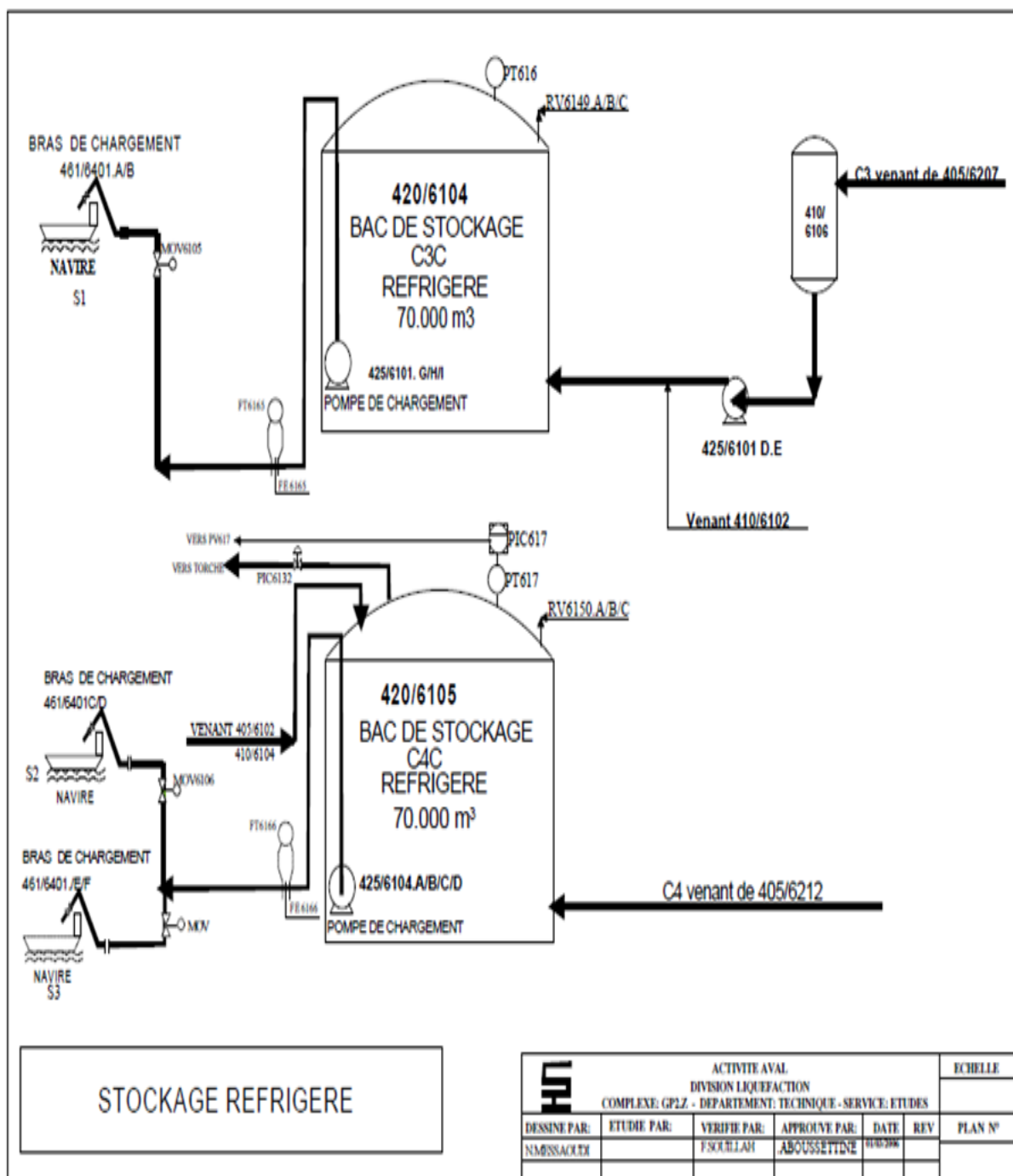


Figure I.7 Schéma de section stockage

Chapitre II

Les échangeurs de chaleur

II., Introduction

L'échangeur de chaleur est un équipement qui permet d'assurer un transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid sans contact direct entre les deux fluides. Le même fluide peut conserver son état physique (liquide ou gazeux) ou se présenter successivement sous les deux phases : c'est le cas des condenseurs, évaporateurs, bouilleurs, ou des tours de refroidissement [8].

En principe, pour les échangeurs les plus courants dans l'industrie, les deux fluides s'écoulent dans des espaces séparés par une paroi ou cloison à faible inertie thermique au travers de laquelle les échanges se font par conduction. En effet, la chaleur que l'un des fluides cède à la paroi par convection le long de la surface de contact est transférée par conduction et, est cédée à l'autre fluide par convection le long de l'autre face [9].

De par leurs différentes applications, les caractéristiques des échangeurs se situent dans une gamme très étendue en encombrement, en puissance échangée, en pression et en température.

Les exigences de fonctionnement, les différentes normes imposées par le législateur pour la conception de tels appareils, les technologies ainsi que les matériaux utilisés sont inévitablement variés et difficilement comparables [10].

Il devient donc difficile d'établir une classification rigoureuse sans faire le choix incontestablement restrictif d'un critère. Le plus souvent, les échangeurs de chaleur sont classifiés selon la configuration d'écoulement des fluides considérés et selon leur type de construction.

II.1. Différents types d'échangeurs de chaleur

Les principaux types d'échangeurs de chaleur rencontrés sont les suivants :

- les échangeurs tubulaires
- les échangeurs à plaques

Compte-tenu des diverses applications dans lesquelles interviennent les échangeurs de chaleur et de leurs développements actuels, nous n'avons pas ici, la prétention de fournir une liste exhaustive des différentes configurations existantes.

II.1.2. Les échangeurs tubulaires

Les échangeurs tubulaires représentent encore près de la moitié des échangeurs thermiques vendus en France et en Europe [Finkbeiner et al 1993]. Ils présentent un certain nombre d'avantages : en particulier ils sont faciles à fabriquer, relativement bon marché, de maintenance aisée et surtout ils peuvent être utilisés à des pressions élevées et à de fortes températures. Leur robustesse et leur fiabilité contrebalancent leur encombrement. On distingue, le plus souvent :

- les échangeurs monotubes pour lesquels le tube est placé dans un réservoir ;

- les échangeurs coaxiaux pour lesquels les tubes sont le plus souvent cintrés ;
- les échangeurs multitubulaires :
 - a) les échangeurs à tubes ailettes qui permettent d'améliorer le coefficient d'échange : lorsque l'un des fluides transitant dans l'échangeur s'avère moins bon caloporteur que l'autre, l'utilisation d'ailettes autour des tubes ou dans les tubes s'impose pour que la résistance thermique globale ne soit pas entièrement due au fluide ayant le plus petit coefficient d'échange thermique [11].
 - b) les échangeurs à tubes et calandre où la calandre est une enveloppe métallique cylindrique entourant un faisceau de tubes ils possèdent une boîte de distribution c'est à dire un dispositif qui distribue ou recueille le fluide aux extrémités des tubes. Ils peuvent être à boîte fixe, à boîte flottante, ou à tubes en U avec une boîte à chaque extrémité de l'échangeur. Les tubes peuvent être supportés par des chicanes [12].

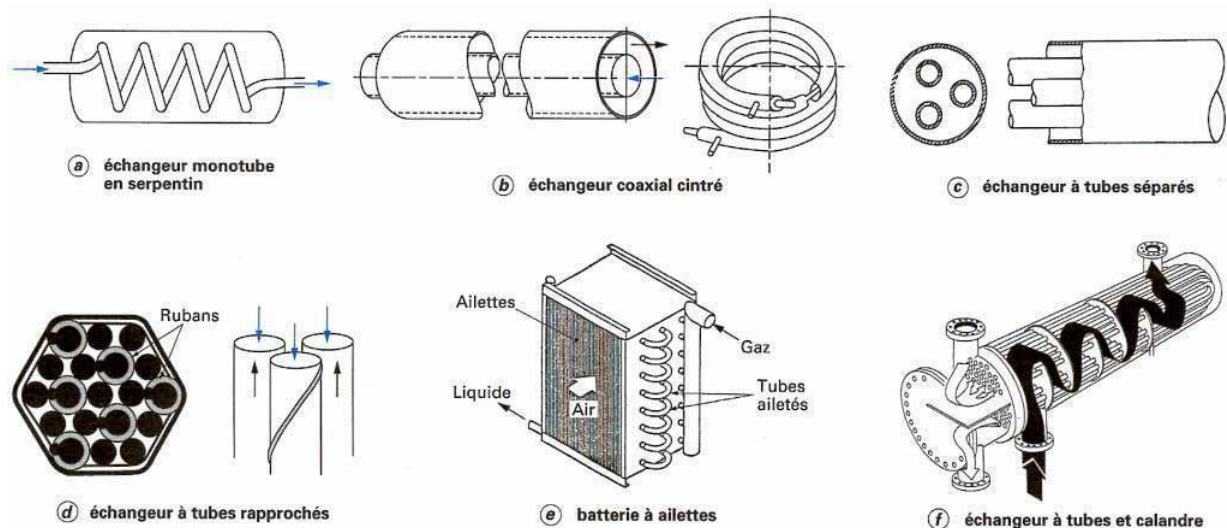


Figure II.1 Différents types d'échangeurs tubulaires

II.1.3. Les échangeurs à plaques

De création plus récente que les échangeurs tubulaires, les échangeurs à plaques ont subi depuis leur création, il y a environ 60 ans, des améliorations substantielles. Ils sont formés par l'empilement d'un ensemble de plaques métalliques embouties, à travers lesquelles s'effectue le transfert de chaleur entre deux fluides. S'ils ne peuvent pas toujours être utilisés pour les températures élevées et les fortes pressions, les échangeurs à plaques bénéficient d'avantages tenant notamment à leur meilleur rendement et à leur compacité. Plusieurs technologies sont en concurrence. La principale et la plus ancienne est celle des échangeurs à plaques avec joints. Un joint par plaque assure l'étanchéité de l'échangeur ainsi que la répartition des fluides dans les

canaux formés par deux plaques. Ces échangeurs ne peuvent être utilisés que pour des pressions maximales de 30 bars et des températures maximales de 200 degrés Celsius [13].

D'autres technologies plus récentes permettent de remédier aux inconvénients de l'existence de joints, comme les échangeurs à plaques soudées. Les échangeurs à plaques soudées sont adaptés à l'utilisation de fluides encrassant corrosifs, chauds, sous pression, présentant des débits très différents de part et d'autre de la surface d'échange.

Il existe d'autres échangeurs à plaques dont la diffusion est moins importante tels que les échangeurs à spirales et les échangeurs à plaques brasées. Les échangeurs à plaques brasées sont formés de plaques embouties mais sans joints forment ainsi un appareil compact et résistant à hautes pressions. Les échangeurs à spirales sont constitués de deux rubans de tôle gauffrée, enroulés et maintenus parallèles où la circulation du fluide est de type monocanal à courants parallèles ou croisés.

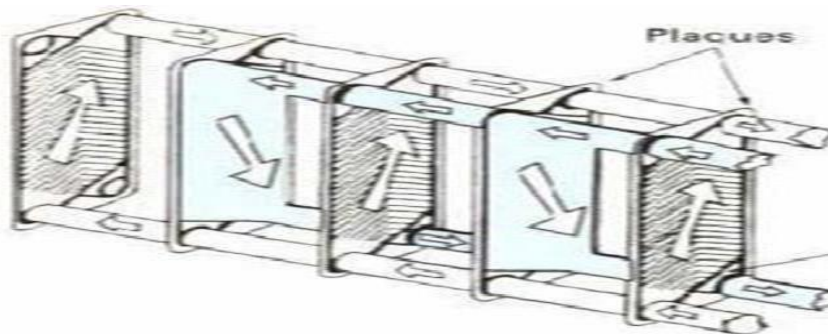


Figure II.2 Échangeur à plaque

II.2 Autres types d'échangeurs

Parmi les échangeurs thermiques, il convient également de citer les échangeurs où l'un des deux fluides change de phase. Il s'agit du cas particulier des évaporateurs tubulaires ou à plaques où le fluide froid passe de l'état liquide à l'état gazeux, et des condenseurs tubulaires ou à plaques où le fluide chaud passe de l'état gazeux à l'état liquide. Ils sont généralement utilisés pour concentrer une solution, refroidir un fluide ou produire de la vapeur.

Pour résoudre ses problèmes d'échanges thermiques, l'utilisateur se trouve devant une grande variété de produits, dont les principales catégories sont, rappelons le, les échangeurs tubulaires et les échangeurs à plaques. Toutefois, la technologie de ces types d'échangeurs porte surtout sur l'utilisation de nouveaux matériaux ainsi que sur les conditions d'amener des fluides. Les matériaux les plus utilisés dans les échangeurs sont les aciers inoxydables et le titane, mais d'autres matériaux sont également employés, notamment pour limiter l'effet des phénomènes de corrosion, comme le graphite, la céramique, le verre et les plastiques. L'objectif est d'améliorer la résistance des échangeurs afin de les rendre plus fiables lorsqu'ils sont utilisés dans des cycles thermiques [14].

II.3. Notions sur l'encrassement des échangeurs

L'encrassement qui, sous sa forme la plus générale, peut être défini comme l'accumulation d'éléments solides indésirables sur une interface, affecte un grand nombre d'opérations industrielles. Selon la classification établie en 1978 par Epstein [Epstein 1978], il existe cinq grands types d'encrassement différents :

- La corrosion
- l'encrassement biologique
- l'encrassement par réaction chimique
- l'entartrage
- l'encrassement particulaire

Quel que soit le phénomène d'encrassement considéré, il est plus ou moins critique selon la nature des fluides employés et/ou la conception des échangeurs. Dans les situations réelles d'encrassement, il est bien évident que ces différents mécanismes interagissent ou se superposent de manière plus ou moins complexe.

II.3.1. La corrosion

L'encrassement par corrosion est le résultat d'une réaction chimique ou électrochimique entre la surface de transfert de chaleur et le fluide en écoulement. Les produits qui se forment et s'accumulent sur la surface créent l'encrassement. Il s'agit là d'un mécanisme de corrosion in

situ. Lorsque l'encrassement est dû à des produits de corrosion générés ex situ, l'encrassement correspondant est de type particulier. Il existe différents types de corrosion :

- la corrosion uniforme caractérisée par une perte d'épaisseur régulière mais dont la vitesse n'est pas forcément proportionnelle au temps
- la corrosion par piqûres où l'attaque est limitée à des zones de très petites surfaces
- la corrosion fissurant à l'échelle microscopique intergranulaire ou transgranulaire
- la corrosion sélective où seul un élément d'un alliage subit une attaque sélective

II.3.2. L'érosion

Érosion est un mode de dégradation qui se caractérise par une perte d'épaisseur des composants métalliques en aciers non ou faiblement alliés. Cette dégradation s'installe au contact de l'eau ou de la vapeur humide circulant à grande vitesse. Elle est susceptible d'entraîner la rupture des composants affectés. De nombreux composants du circuit eau-vapeur des centrales nucléaires sont concernés. Le phénomène est influencé par la température et par des paramètres chimiques, hydrauliques et métallurgiques [14].

II.3.3. L'encrassement biologique

L'encrassement biologique est dû au développement de micro-organismes qui créent un film encrassant au contact de la surface d'échange. Il peut être causé par trois grands types de micro-organismes :

- les bactéries dont le développement est dû à un apport nutritif de type hydrocarbures ;
- les algues dont le développement est dû à la présence d'énergie solaire avec photosynthèse ;
- les champignons dont le développement est dû aux changements des conditions ambiantes telles que l'humidité, la température ou le pH.

Dans certains cas extrêmes, il peut même être caractérisé par l'apparition de coquillages [14].

II.3.4. L'encrassement par réaction chimique

L'encrassement par réaction chimique est dû à la présence d'une réaction chimique au voisinage d'une surface d'échange [Lund et Sandhu 1981]. Les produits solides ainsi formés s'y déposent. Il s'agit le plus souvent d'une réaction de polymérisation qui implique la formation d'un dépôt de haut poids moléculaire. Les vitesses de telles réactions chimiques dépendent fortement de la température, de la pression, de la concentration et de la présence d'éléments catalyseurs. Toutefois, la vitesse globale du mécanisme de dépôt dépend aussi de la dynamique des phénomènes de surface et de transfert.

II.3.5 L'entartrage

L'entartrage d'une surface d'échange est généralement associé à la production d'un solide cristallin à partir d'une solution liquide [Rodier 1971]. Il dépend donc fortement de la composition des eaux industrielles. L'entartrage se matérialise par une formation d'incrustations adhérentes et dures sur les surfaces d'échanges généralement métalliques. Pour qu'il y ait entartrage, deux conditions doivent être remplies :

- la limite de solubilité du sel contenu dans l'eau doit être dépassée
- la vitesse de dépôt doit être suffisamment rapide

II.3.6 L'encrassement particulaire

Il s'agit du dépôt puis de l'accumulation, sur les surfaces d'échange, de particules transportées par l'écoulement de fluides industriels tels que :

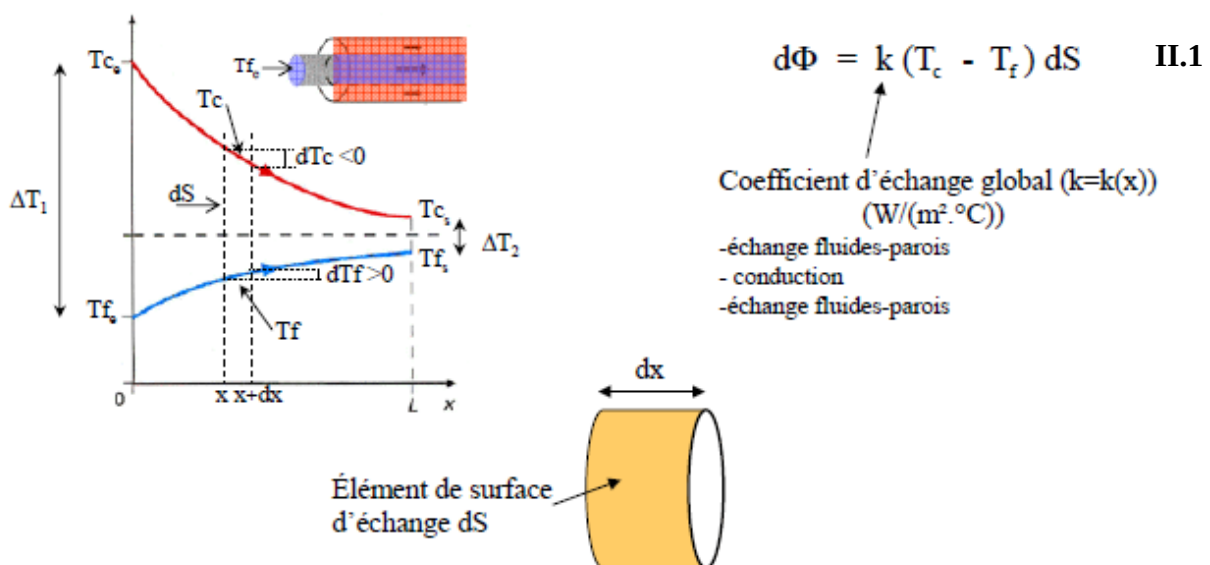
- l'eau des chaudières contenant des produits de corrosion
- l'eau des tours de refroidissement
- Les écoulements gazeux chargés de particules tels les résidus solides de combustion ou les poussières résultant de l'incinération de déchets ménagers

Toutefois, les types d'encrassement les plus fréquemment rencontrés dans l'industrie sont l'encrassement par solidification et l'entartrage.

II.4. Méthode de la différence logarithmique des températures

II.4.1. Les échangeurs à co-courant

Si T_c et T_f sont les températures des deux fluides au droit de l'élément dS de la surface d'échange. le flux thermique $d\Phi$ échangé entre les deux fluides à travers dS peut s'écrire [15].



Hypothèse : échangeur sans pertes, c'est-à-dire un échangeur dans lequel la chaleur cédée par le fluide chaud est intégralement transmise au fluide froid.

Dans ces conditions, le flux de chaleur $d\Phi$ transmis du fluide chaud au fluide froid à travers l'élément dS s'écrit, dans le cas de l'échangeur à courants parallèles :

$$d\Phi = - \dot{m}_c C_{pc} dT_c = \dot{m}_f C_{pf} dT_f \quad \text{II.2}$$

Flux perdu Flux gagné
par le fluide par le fluide
chaud froid

$\dot{m}_c$ et $\dot{m}_f$ sont les débits massiques respectifs des fluides chauds et froids, en kg/s. C_{pc} et C_{pf} sont leurs chaleurs massiques à pression constante, en J/(kg.°C).

$$\text{II.2} \longrightarrow dT_c = - \frac{d\Phi}{\dot{m}_c C_{pc}} \text{ et } dT_f = \frac{d\Phi}{\dot{m}_f C_{pf}} \quad \text{II.3}$$

D'où la différence :

$$dT_c - dT_f = d(T_c - T_f) = - \left(\frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} + \frac{1}{\dot{m}_f C_{pf}} \right) d\Phi \quad \text{II.4}$$

$$\text{II.1} \longrightarrow d(T_c - T_f) = - \left(\frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} + \frac{1}{\dot{m}_f C_{pf}} \right) k (T_c - T_f) dS \quad \text{II.5}$$

$$\text{II.5} \longrightarrow \frac{d(T_c - T_f)}{T_c - T_f} = - \left(\frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} + \frac{1}{\dot{m}_f C_{pf}} \right) k dS \quad \text{II.6}$$

Hypothèse : k = constante le long de l'échangeur $\Rightarrow$ intégration de (6) de $S=0$ à S

$$\left[\text{Log}(T_c - T_f) \right]_{S=0}^S = - \left(\frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} + \frac{1}{\dot{m}_f C_{pf}} \right) k S \quad \text{II.7}$$

• A l'entrée de l'échangeur ($x=0$) $T_c - T_f = T_{ce} - T_{fe}$

• À la sortie de l'échangeur ($x=L$) $T_c - T_f = T_{cs} - T_{fs}$

$$\text{II.7} \longrightarrow \text{Log} \frac{T_{cs} - T_{fs}}{T_{ce} - T_{fe}} = - \left(\frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} + \frac{1}{\dot{m}_f C_{pf}} \right) k S \quad \text{II.8}$$

Mais on peut également exprimer le flux total échangé en fonction des températures d'entrée et de sortie des fluides ; c'est faire le bilan enthalpique global de chaque fluide, ce qui s'écrit :

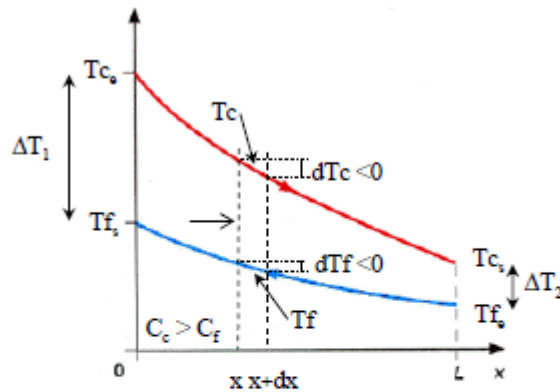
$$\text{II.8 et II.9} \longrightarrow \text{Log} \frac{T_{cs} - T_{fs}}{T_{ce} - T_{fe}} = - \left(\frac{(T_{ce} - T_{cs})}{\Phi} + \frac{(T_{fs} - T_{fe})}{\Phi} \right) k S = \left[(T_{cs} - T_{fs}) - (T_{ce} - T_{fe}) \right] \frac{k S}{\Phi}$$

Expression d'où on tire finalement la puissance thermique totale échangée, dans l'hypothèse d'une circulation à courants parallèles :

$$\Phi = k \frac{(T_{cs} - T_{fs}) - (T_{ce} - T_{fe})}{\text{Log} \frac{T_{cs} - T_{fs}}{T_{ce} - T_{fe}}} S$$

III.4.2. Les échangeurs à contre-courant

La variation de température dT_f du fluide froid quand on augmente la surface d'échange de dS , devient négative. Dans ces conditions, les relations (2) doivent s'écrire : [16].



$$d\Phi = - \dot{m}_c C_{pc} dT_c = - \dot{m}_f C_{pf} dT_f \quad \text{II.10}$$

Flux perdu Flux gagné
par le fluide par le fluide
chaud froid

La puissance thermique totale échangée :

$$\Phi = k \frac{(T_{ce} - T_{fs}) - (T_{cs} - T_{fe})}{\text{Log} \frac{T_{ce} - T_{fs}}{T_{cs} - T_{fe}}} S \quad \text{II.11}$$

• En générale

Les expressions (II.10) et (II.11) peuvent recevoir la même formulation, si on introduit la grandeur :

$$\Delta T = T_c - T_f \quad \text{II.12}$$

ΔT désignant la différence de température entre le fluide chaud et le fluide froid, dans une section donnée de l'échangeur.

• A l'entrée de l'échangeur à co-courant ($x=0$) : $DT1 = T_{c0} - T_{f0} = T_{ce} - T_{fe}$

• À la sortie de l'échangeur à co-courant ($x=L$) : $DT2 = T_{cL} - T_{fL} = T_{cs} - T_{fs}$

$$\text{II.11} \longrightarrow \Phi = k \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\text{Log} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} S = k \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\text{Log} \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} S \quad \text{II.13}$$

• A l'entrée de l'échangeur à contre-courant ($x=0$) : $DT1 = T_{c0} - T_{f0} = T_{ce} - T_{fs}$

• À la sortie de l'échangeur à contre-courant ($x=L$) : $DT2 = T_{cL} - T_{fL} = T_{cs} - T_{fe}$

II.13



$$\Phi = k \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\text{Log} \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} S$$

II.14

La formulation est la même, que l'échangeur soit à courants parallèles ou à contre-courants.

La puissance thermique d'un échangeur tubulaire continu est donnée par la relation générale suivante

$$\Phi = k S \Delta T_{LM} \quad \text{avec: } \Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\text{Log} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \quad \text{II.15}$$

ΔT_{LM} est appelée la différence de température logarithmique moyenne entre les deux fluides (ΔT_{LM})

En générale

L'expression (16) signifie que la puissance thermique échangée est proportionnelle à l'aire de la surface d'échange et à la différence de température logarithmique moyenne.

Le coefficient de proportionnalité est le coefficient d'échange global k introduit en (1).

Remarque :

1. L'analyse précédente a été faite sous les hypothèses suivantes :

- la chaleur massique des fluides reste sensiblement constante pendant leur traversée de l'échangeur (pratique = calcul des chaleurs massiques pour des conditions moyennes des fluides dans l'échangeur)
- Le coefficient k reste sensiblement constant tout le long de la surface d'échange donc ce qui suppose que les coefficients de convection fluides-paroi le soient.

2. Si ΔT_2 ne diffère pas plus de 50% de T_1 on peut remplacer la *moyenne logarithmique* de la température globale par la *moyenne arithmétique*, en ne commettant qu'une erreur de 1%

3. Dans les bureaux d'étude on utilise généralement des abaques fournissant directement ΔT_{LM} en fonction de ΔT_1 et ΔT_2 [17].

II.4.3. Échangeurs à courants croisés

Dans ce type d'échangeurs, une circulation de l'un des fluides dans une série de tubes alors que l'autre circule perpendiculairement autour des tubes. Généralement, c'est le liquide qui circule dans les tubes et le gaz à l'entour. Les tubes munis d'ailettes permettent un bon transfert de chaleur échangée en augmentant la surface d'échange. Le radiateur de refroidissement des véhicules à moteur est un exemple de cet échangeur.

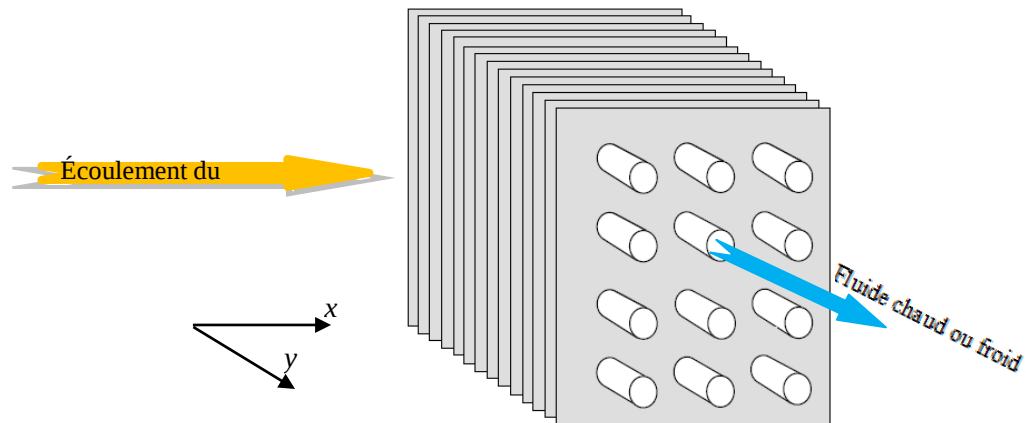


Figure II.3 Échangeurs à courants croisés, fluides non mixés

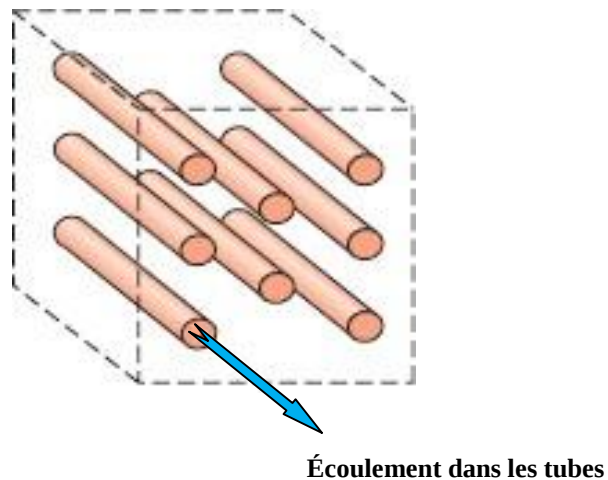


Figure II.4 Échangeur à courants croisés, un seul

Chapitre III

Description de la boucle de réfrigération BOG propane

III.1. Introduction

La section de réfrigération est conçue pour fournir le froid nécessaire à la réfrigération du propane et du butane commerciaux produits dans la section de séparation. La totalité des frigories est assurée par une boucle fermée de propane réfrigérant.

Etant donné que l'objectif de notre travail concerne plus particulièrement la boucle propane, nous allons détailler, dans ce qui suit, le principe de fonctionnement de cette boucle.

III.2. Système propane

III.2.1. Rôle de la boucle propane

La boucle de réfrigération au propane est utilisée dans les procédés de séparation de GPL comme un cycle de réfrigération en cascade visant à éliminer la chaleur du propane et du butane commerciaux (C_3C et C_4C) venant de la section de séparation [18].

III.2.2. Les Principaux équipements constitutifs

Les principaux équipements qui constituent la section de réfrigération sont :

- le ballon accumulateur 410/6217
- le ballon d'aspiration HP 410/6207
- le ballon d'aspiration MP 410/6205
- le ballon d'aspiration HP 410/6219
- les refroidisseurs pour le C_3C (405/6205-405/6206-405/6207)
- les refroidisseurs pour le C_4C (405/6210-405/6212)
- l'aérocondenseur 405/6209 A/B
- le compresseur 430/6201 A/B/C

III.2.3. Description de la boucle

La section réfrigération a pour objet de refroidir le propane et le butane commerciaux à leurs températures de stockage, respectivement à -40 °C et -11 °C à la pression atmosphérique. Le système de réfrigération est un système en cascade qui utilise du propane pur comme agent réfrigérant. Le refroidissement est effectué à l'aide d'une boucle fermée à trois niveaux de températures $11,8 / -16,9$ et $-40,3\text{ °C}$, correspondant à la pression haute ($6\text{ bar}_{\text{eff}}$), moyenne ($1,8\text{ bar}_{\text{eff}}$) et basse ($0,5\text{ bar}_{\text{eff}}$).

A/ Circuit propane commerciale C₃C

Le C₃C provenant des deux ballons de reflux A & B est acheminé sous contrôle de niveau vers l'aéroréfrigérant 405/6213 A-B, puis il entre dans le chiller du stade HP (405/6205) à une température de 40 °C et sort à une température de 14,3 °C. A la sortie du chiller (405/6205), le C₃C passe par la déshydratation de garde conçue pour le séchage du C₃C. La teneur de ce dernier doit être inférieure à 1 ppm à la sortie de déshydrateur afin d'éviter toute formation d'hydrates. Puis, le produit passe au stade MP à travers le chiller (405/6206), d'où il sort à une température de -14,6 °C. Le C₃C passe ensuite au stade BP de réfrigération à travers le chiller 405/6207 d'où il sort à une température de -37,7 °C. Le C₃C détendu à la pression d'environ 4 kPa eff. À travers la vanne PV6184, puis il est envoyé vers le ballon 410/6106 ; le C₃C est refroidi à la température de -42 °C. Le C₃C est finalement expédié vers le bac de stockage au moyen d'une pompe immergée [18].

B/ Circuit butane commerciale C₄C

Le C₄C provenant du fond des deux colonnes de fractionnement A & B est acheminé vers l'aéroréfrigérant 405/6214 A-B. Il entre ensuite dans le stade HP à travers le chiller 405/6210 à une température de 40 °C d'où il sort à une température de 14,6 °C. Le C₄C subit ensuite un 2^{ème} refroidissement dans le chiller 405/6212 où il est refroidi à une température de -11°C. Le C₄C est finalement expédié vers le bac de stockage au moyen d'une pompe immergée.

Le butane, sortant de l'aéroréfrigérant 405/6214 A-B, se divise en deux flux, suivant la demande en l'un des deux produits que sont le butane ambiant et le butane commercial. Le butane ambiant est stocké directement dans les sphères 420/6105 E et F, sous une pression de 7 à 8,5 bars et à la température ambiante [18].

C/ Circuit propane réfrigérant

Le propane pur est stocké dans l'accumulateur 410/6217 à une pression d'environ 16 bars et une température avoisinant 40 °C. L'accumulateur est muni de deux soupapes de sécurité tarées à une pression de 18,2 bars. L'accumulateur alimente sous contrôle de niveau les deux chillers haute pression du côté calandre. le propane réfrigérant passe ensuite par la vanne de contrôle de niveau LV6234 pour alimenter le côté calandre du chiller 405/6205 et par la vanne LV 6235 pour alimenter le côté calandre du chiller 405/6210. La détente a lieu en aval des deux vannes de contrôle de niveau de sorte que le propane réfrigérant entre respectivement dans les deux chillers à une pression de 6 bars et à une température de 11,8 °C. le même système de contrôle de niveau est utilisé au niveau de la moyenne et de la basse pression. Le 405/6205 alimente le chiller 405/6206, qui alimente lui même le chiller 405/6207. De même, le chiller 405/6210 alimente le chiller 405/6212. Après détente, le propane réfrigérant entre

respectivement dans les chillers 405/6206 et 405/6212 à une pression de 1,8 bar eff et une température de -16,9 °C. Les niveaux de liquide dans les chillers du stade MP sont contrôlés par la vanne LV6236 pour le chiller 405/6206 et la vanne LV6237 pour le chiller 405/6212. Le chiller 405/6206 alimente le chiller 405/6207 après qu'il ait subi une détente par la LV6238 ; le propane réfrigérant entre dans le chiller 405/6207 à une pression de 0,6 bar eff et une température -40.3 °C. Au niveau du 3^{ème} stade de réfrigération (BP), il n'y a plus que le propane commercial qui est refroidi, le C₄C ayant terminé son cycle de réfrigération. [19].

III.3. Principe de fonctionnement du compresseur 430/6201A/B/C

III.3.1. Introduction

Rappelons que le complexe GP2/Z est une usine de production de propane et de butane commerciaux obtenus à partir de la séparation des GPL. Dans son procédé de réfrigération, sont intégrés trois compresseurs centrifuges Dresser entraînés respectivement par trois turbines à gaz ayant respectivement les items 430/6201 A, 430/6201 B, 430/6201 C.

Les applications des compresseurs sont très diversifiées. La liste ci-après donne des exemples d'utilisation de ces machines :

- Fabrication d'air comprimé (air instrumentation, nettoyage de pièces, peint, etc.)
- Compression et déplacement des gaz procédés.
- Transport des matières pulvérulentes (transports "pneumatiques" des poudres).
- Réalisation de vide et de dépression (distillation, cristallisation sous vide, évaporation, etc.) Assainissement des locaux (ventilation, climatisation, etc.).

III.3.2. Choix du compresseur

Le choix de ce type de compresseur est judicieux car le compresseur centrifuge est celui exigé quand les taux de compression sont élevés pour un certain débit. Les compresseurs centrifuges présentent de faibles vibrations en fonctionnement normal comparativement à d'autres types de compresseurs. le compresseur propane est de type centrifuge à trois étages (étage BP, étage MP et étage HP).

III.3.3. Caractéristiques du compresseur

Il est installé horizontalement afin de faciliter les interventions de maintenance et possède les caractéristiques suivantes :

- Moyenne pression
- Capacité importante de traitement
- Fonctionnement en continu

- Vibrations mécaniques contrôlées [20].

III.3.4. Principe de fonctionnement

Les vapeurs du propane pur de chacun des stades HP, MP et BP sont accumulées respectivement dans les ballons 410/6207 - 410/6205 - 410/6219 ; ces ballons séparateurs permettent d'éliminer toutes les gouttelettes de liquide entraînées avec les vapeurs de propane, lesquelles sont aspirées par un compresseur centrifuge à trois étages entraîné par une turbine à gaz, pour être ensuite condensées dans les aérocondenseurs. Le tableau III.1 ci-dessous regroupe les principaux paramètres du compresseur 430/6201A/B/C.

Tableau III.1 Paramètres de fonctionnement du compresseur 430/6201A/B/C

Paramètres	Condition de marche
Pression d'aspiration (kg/cm ² eff)	BP : 0,004
	MP : 1,5
	HP : 5,3
Température d'aspiration (°C)	BP : -41,1
	MP : -18,3
	HP : 10,6
Débit d'aspiration (kg/h)	BP : 10900
	MP : 21200
	HP : 26900
Pression de refoulement (kg/cm ² eff)	16,3
Température de refoulement (°C)	75,6
Débit de refoulement (kg/h)	59000
Puissance totale (BHP)	2576
Vitesse (tours/minute)	8813

III.3.5. Système anti pompage

Le système de contrôle CCC (compressor controls corporation) fonctionne pour la protection contre le pompage du compresseur principal de réfrigération.

Chaque compresseur de gaz dispose d'un ballon de quench 410/6218A-B-C à une pression de 7 à 7,5 bars ; ces ballons sont alimentés par l'accumulateur 410/6217 sous le contrôle du TC 6247A-B-C et le refoulement des compresseurs sous contrôle de PC6247 A-B-C. Ces ballons servent à éviter le phénomène de pompage qui est une caractéristique gênante des compresseurs

centrifuges. La sortie des ballons de quench est munie de FC, pour le stade HP (FC101, FC201 et FC301), le stade MP (FC102, FC202 et FC302) et le stade BP (FC103, FC103 et FC103).

Le débit total précis du gaz passant par chaque étage est déterminé et comparé à une valeur minimale recommandée. lorsque le débit chute de ce minimum recommandé, qui est le point de consigne du Dé contrôleur du débit anti-pompage, la vanne de recyclage du gaz s'ouvre automatiquement pour le débit minimum [21].

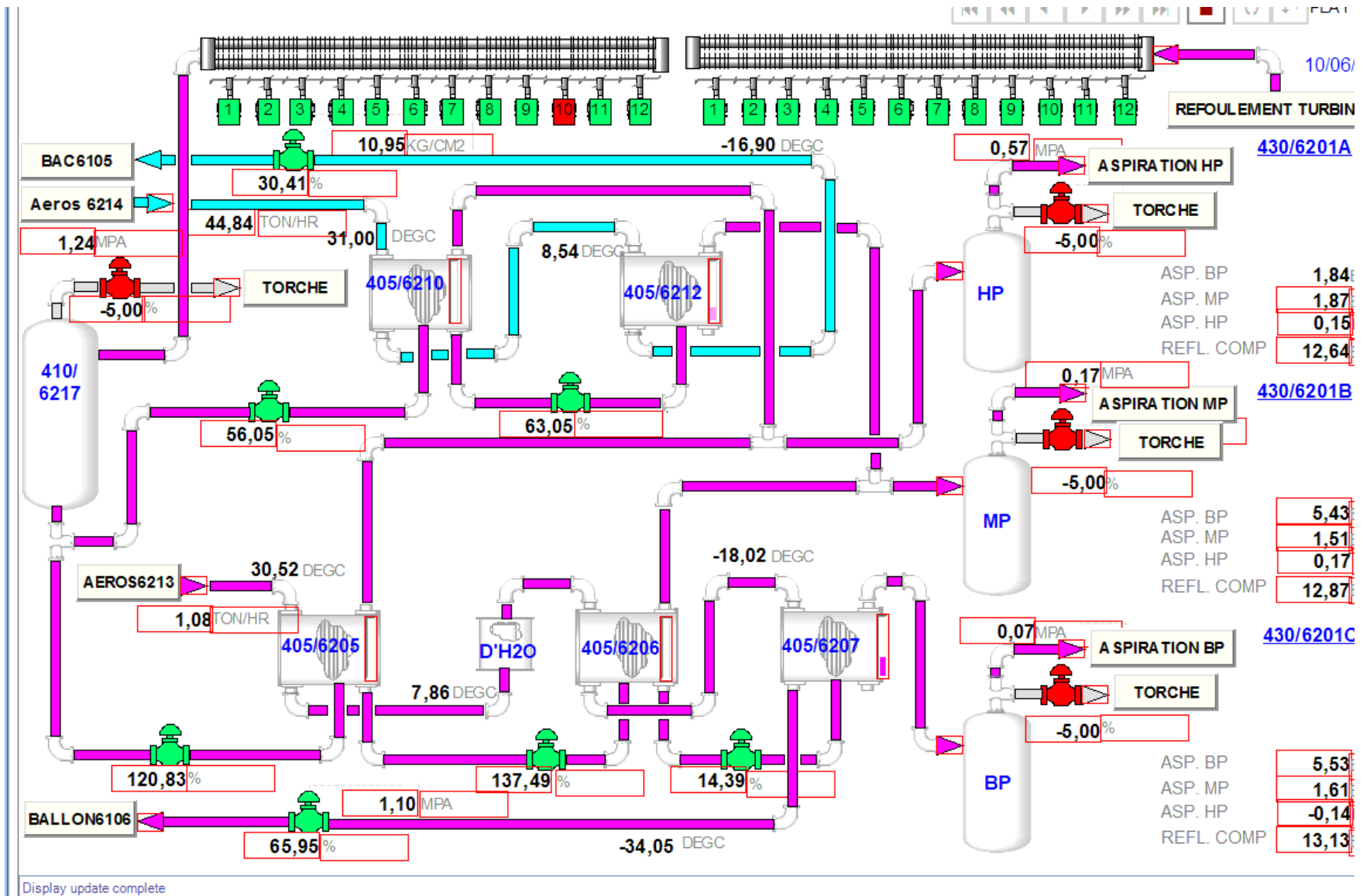


Figure III.1 Schéma de la boucle de réfrigération (boucle propane)

Chapitre VI

Calcul technologie d'un échangeur de chaleur contre- courant

VI.1. Présentation du problème

Dans notre étude nous allons traiter l'impact de mauvais refroidissement de Shiller 405/6207 dans la section de reliquéfaction de propane au niveau du complexe GP2/Z.

Le design de Shiller 405/6207 a été conçu pour une température de -41 C, mais à cause de temps présente un problème de bouchage qui se traduit par un mauvais transfert de chaleur d'où la température de sortie ne se trouve que -31 C.

VI.1.1. Les causes des problèmes

Pour expliquer ce mauvais refroidissement il a plusieurs hypothèses ont été proposéeslesquelles :

- ❖ La présence de vapeur dans les tubes
- ❖ La présence du givre dans les tubes

- **La présence de vapeur dans les tubes**

Quand la relation entre pression et température n'est pas maintenue, le liquide se vaporise et diminue le transfert de chaleur légèrement, mais pas autant comme on l'observe, d'autant plus on a effectué une vérification au niveau des purges qui a montré une absence de vapeurs dans le circuit, donc cette hypothèse est éliminée

- **Présence du givre dans les tubes**

La formation éventuelle du givre ou d'hydrates à l'intérieur des tubes ne ferait quebaisser le transfert de chaleur entre le coté calandre et coté tube.

En effet, il est apparu qu'une injection de méthanol avait permis de confirmer la présence d'eau dans le système, sachant qu'on sait que le méthanol figure parmi les substances solubles dans l'eau et est utilisé dans les sections de réfrigération, pour inhiber la formation des hydrates (givre) : le résultat de cette opération fut que la température à la sortie de Shiller 405/6207 a chuté à - 40 °C ; parallèlement à cela la perte de charge avait diminué atteignant sa valeur nominale.

On a pu effectuer une analyse avec un hydromètre à la sortie vapeur du, les résultats ont donné une valeur de 5ppm d'eau, or la valeur recommander par le constructeur est de 1ppm, la valeur 5ppm peut former des hydrates avec les conditions de pression et de température.

VI.1.2. Solutions proposées

Actuellement la solution la plus utilisée est l'injection du méthanol dans la ligne d'alimentation coté tubes du pour éviter la formation des hydrates, afin d'améliorer l'échange thermique. Mais son utilisation fréquente engendre beaucoup de problème tel que :

- ✓ Formation de la corrosion dans les parois interne des bacs et les tuyauteries des installations.
- ✓ Lors d'élimination des hydrates d'eau dissoute va s'accumuler dans les bacs.
- ✓ le méthanol utilisé pour le dégivrage est renvoyée vers les bacs avec le propane ou il aura une influence sur la qualité des produits finis selon les normes ISO.
- ✓ La vidange des bacs est impossible pour enlever le méthanol et l'eau dissoute formé. L'injection du méthanol se fait une fois par deux mois, mais cette méthode n'est pas efficace parce que les hydrates se forment après 20 à 40 jours.

D'autres solutions sont pratiquées tel que l'isolement coté calandre, le by-pass du Shiller 405/6207, mais toutes ces solutions restent inefficaces.

Notre solution consiste à l'installation d'un déshydrateur dans la section BOG propane pour déshydrater le gaz qui alimente le circuit afin d'éviter le bouchage permanent de Shiller 405/6207 et de mettre fin au problème.

VI.1.3. Choix de l'emplacement du déshydrateur

Dans la section BOG propane, le produit à déshydrater se trouve sous deux formes, une forme vapeur et une forme liquide après sa sortie des aérocondenseurs. Il y a alors deux façons d'effectuer la déshydratation soit par une adsorption en phase gazeuse ou en phase liquide, dans notre cas une adsorption en phase koiliquide est optimale. le déshydrateur à tamis moléculaire fonctionne à son optimum dans les températures ambiantes, c'est pour cela que notre choix est de placer le sécheur entre schiller 405/6205 et schiller 405/6206 et le schéma suivant montre la section BOG propane avec le déshydrateur

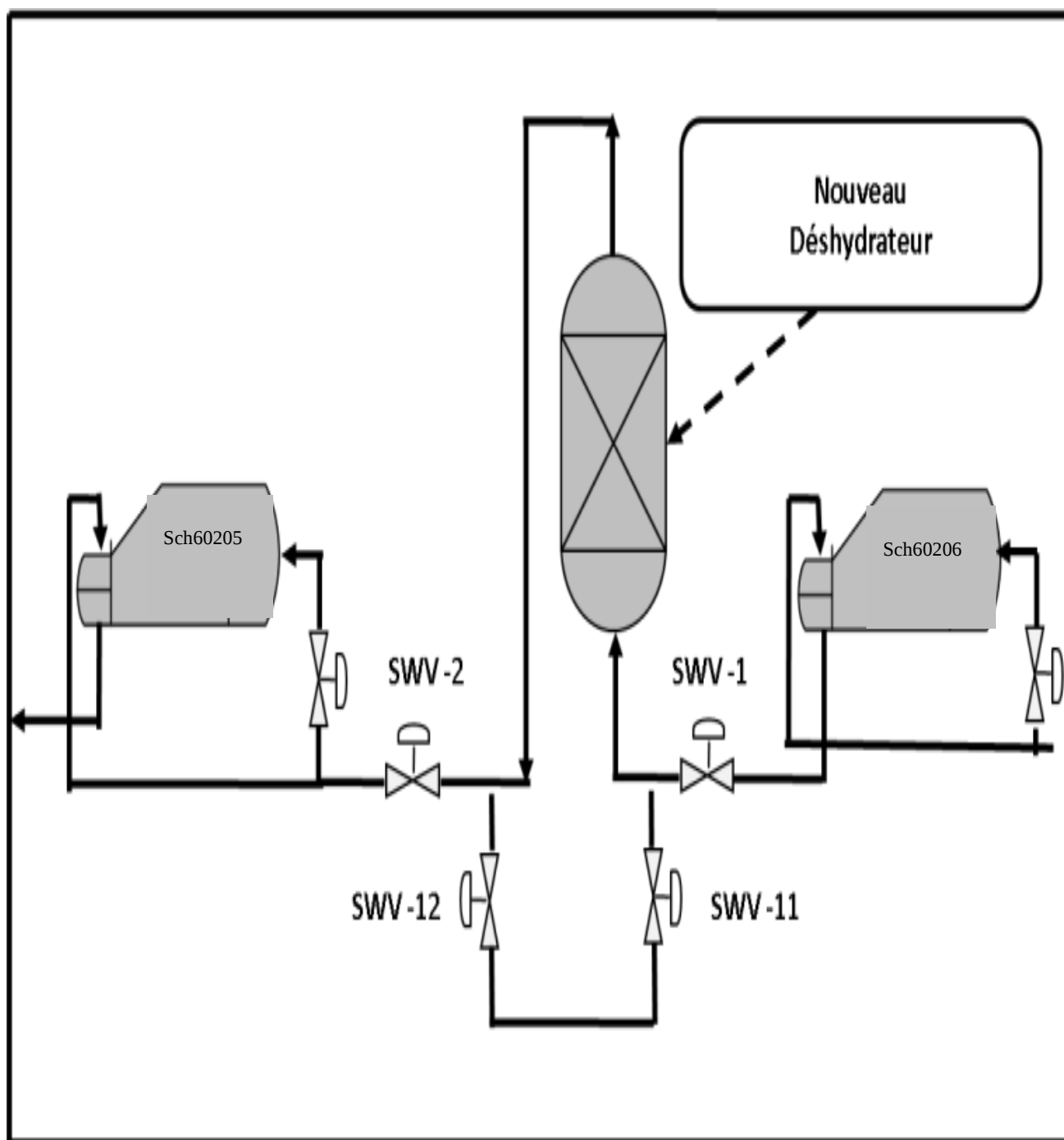


Figure VI.1 Schéma de la section BOG avec le déshydrateur

VI.2. Procédure de calcul

VI.2.1. Echangeur à contre -courant parfait (Shiller 405/6207)

Dans notre cas le type de l'échangeur est un échangeur à contre courant est seul fluide brassé [22].

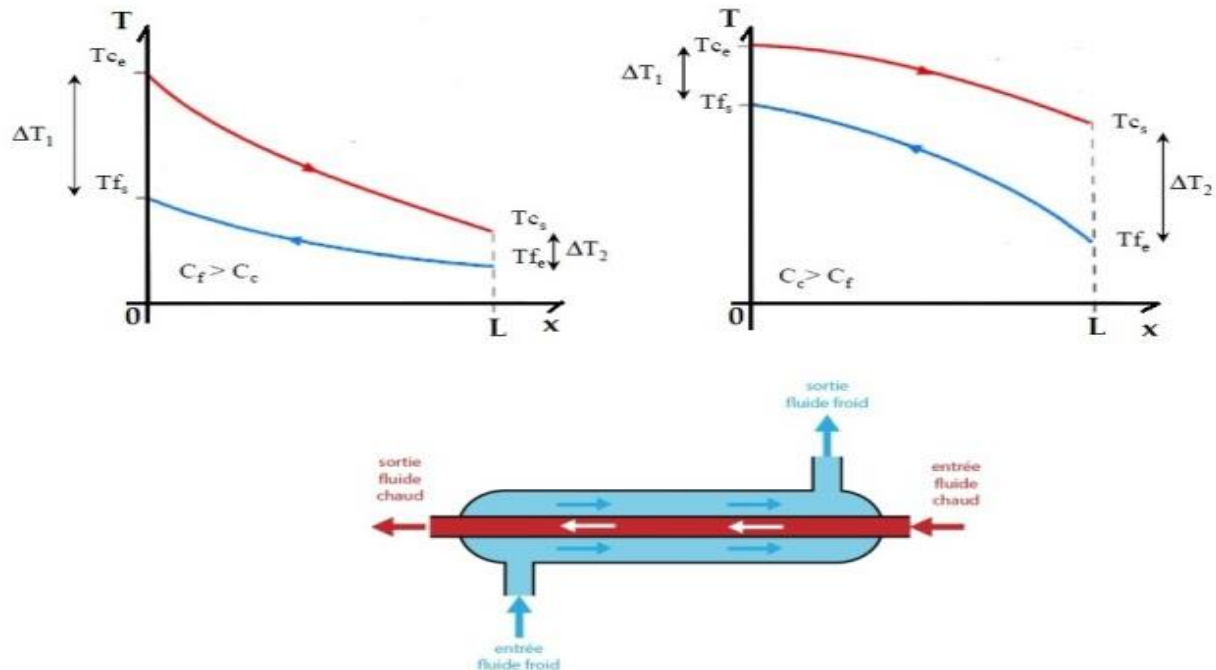


Figure VI.2 Echangeur tubulaire à contre-courant

$$\Delta T_1 = T_{ce} - T_{fs}$$

$$\Delta T_2 = T_{cs} - T_{fe}$$

Dans un Echangeur à la température de sortie co-courant du fluide chaud est limitée par la température de sortie du fluide froid. De ce fait l'efficacité d'un échangeur est plus faible, que celle d'un échangeur à contre-courant qui sera donc préféré dans la majorité des cas.

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{(T_{cs} - T_{fe})}{\ln \frac{(T_{cs} - T_{fe})}{(T_{ce} - T_{fs})}}$$

Avec :

$T_{fe}, T_{fs} \Rightarrow$ température entrée /sortie côté chaude

$t_{fs}, t_{fe} \Rightarrow$ température entrée /sortie côté froid

VI.2.2. Calcul du coefficient d'échange global k

✚ En général, le coefficient global prend compte du transfert thermique mis en jeu dans l'échangeur par convection dans chacun des deux fluides chaud et froid, par conduction à travers la paroi séparant ces deux fluides et par rayonnement.

✚ Le coefficient d'échange global d'un échangeur calculé tient compte, non seulement de la nature des fluides véhiculés, de leur débit et de leur température d'entrée, mais aussi d'un certain encrassement moyen prévu pour ces fluides.

✚ On **peut** déterminer le coefficient d'échange à partir de la relation du flux thermique global.

$$\Phi_{\text{réel}} = K \cdot S \cdot \Delta T_{\text{LM}} \quad \text{VI.1}$$

$$k = \frac{\Phi_{\text{réel}}}{S \cdot F \cdot \Delta T_{\text{LM}}} \quad \text{VI.2}$$

Avec :

$\Phi_{\text{réel}}$: le flux thermique réel.

S : la surface d'échange globale.

ΔT_{LM} : la moyenne logarithmique de la différence de température.

F : facteur de correction du flux thermique dans l'échangeur .

Paramètre k et P pour correction du ΔT_{LM}

$$R = \frac{(T_{fe} - T_{fs})}{(T_{cs} - T_{ce})}$$

$$P = \frac{(T_{cs} - T_{ce})}{(T_{fe} - T_{ce})}$$

T_{fe}, T_{fs} : température entrée/ sortie coté calandre.

T_{ce}, T_{cs} : température entrée/sortie coté tubes

➤ Voir le tableau

Tableau VI.1 : température entrée/sortie coté tubes et calandre.

T(°C)	Coté Calandre	Coté tube	Surface (S)	Q_{max}
Entrée	-37	-13	292, 4 m ²	1973568 Kcal/h
Sortie	-41	-31		

VI.2.3. Calcul de l'efficacité

Dans notre cas l'efficacité de l'économiseur E (405) (6207)

$$E = \frac{(T_{ce} - T_{cs})}{(T_{cs} - T_{fe})} = \frac{(-13 - (-31))}{(-13 - (-37))} = 0,75 \cdot 100 = 75$$

$$E = 75\%$$

VI.2.4. Calcul de flux thermique réel

Le flux thermique réel est donné par la relation

$$\Phi_{\text{réel}} = 0,75 \times 1973568 = 1,48 \times 10^6 \text{ kcal/h}$$

Avec :

Φ_{max} : Le flux thermique maximum échange globale est donné par le constructeur

$$\Phi_{\text{max}} = 1973568 \text{ kcal/h}$$

➤ Calcule ΔTLM :

$$\Delta TLM = \frac{\Delta T_2 - T_{\Delta 1}}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{6 - 28}{\ln 6/28} = 14,28 \text{ °C}$$

$$\Delta T_2 = T_{cs} - T_{fe} = -31 - (-37) = 6$$

$$\Delta T_1 = T_{ce} - T_{fs} = -13 - (-41) = 28$$

$$\Delta TLM = 14,28 \text{ °C}$$

VI.3. Détermination du facteur de correction F

En pratique dans le cas d'un échangeur moins simple le flux thermique est corrigé au moyen d'un facteur de correction F issu d'abaques (voir l'annexe 1) et, fonction de deux paramètres P et R caractéristique de l'échangeur d'étude [23].

P : Représente l'écart de température globale et est donné par la relation :

$$P = \frac{(T_{cs} - T_{ce})}{(T_{fe} - T_{ce})}$$

R : Représente le rapport des débits calorifique C_t et C_T respectivement coté tubes et calandre est donné par

$$R = \frac{C_T}{C_t} = \frac{T_{fe} - T_{fs}}{T_{cs} - T_{ce}}$$

T_{fe}, T_{fs} : Représente la température coté calandre.

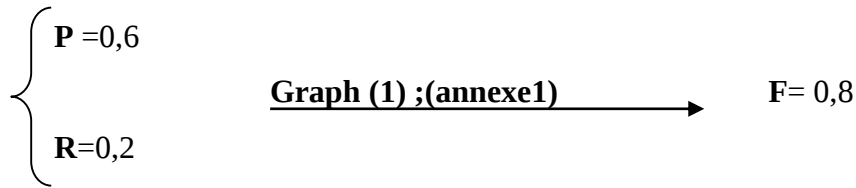
T_{ce}, T_{cs} : Représente la température coté tubes.

✚ Calcul

$$P = \frac{(T_{cs} - T_{ce})}{(T_{fe} - T_{ce})} = \frac{-31 - (-13)}{-41 - (-13)} = 0,6$$

$$R = \frac{(T_{fe} - T_{fs})}{(T_{cs} - T_{ce})} = \frac{-37 - (-41)}{-13 - (31)} = 0,2$$

$$(P = 0,6 \quad ; \quad R = 0,2)$$



✚ Calcul du coefficient d'échange après en service K

$$K = \frac{Q_{réel}}{S \times F \times \Delta TLM} = \frac{1,48 \times 10^6 \text{ kcal/h}}{0,8 \times 292 \text{ m}^2 \times 14,28^\circ}$$

$$K = 443,67 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \text{h}$$

✚ Rendement thermique:

Le rendement thermique d'un échangeur s'exprime comme le rapport de quantité de chaleur transfère

(ϕ) la quantité maximale de chaleur transférable ($\phi_{\max}$).

$$Rdt = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{1,48 \times 10^6}{1973568} = 0,75 = 75\%$$

✚ Nombre d'unité de transfert

Définition : on appelle nombre d'unité de transfert noté NuT.

$$\text{Le rapport a dimensionnent} \quad NuT = \frac{k \times s}{C_{\min}}$$

Avec

K : coefficient de transfert thermique ($\text{w}^2/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

S : surface d'échange globale (m^2)

C min : valeur minimum de M.CP du fluide chaud ou du fluide froid qui contrôle l'échange thermique

M : débit massique de fluide (kg/s)

CP : capacité calorifique de ($\text{j/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

M: 152000 kg/hr

CP: 0,541Kcal/ $^\circ\text{C}$

$$NuT = \frac{Ks}{c_{\min}}$$

$$NuT = \frac{443,67 \times 2924}{0,541 \times 152000} = 1,65$$

Conclusion générale

Conclusion générale

Il est nécessaire de savoir que de nos jours les sources d'énergie ont une considérable part dans notre économie nationale, ceci suppose que toute perte d'énergie quel que soit sa nature et sa dimension peut avoir un impact direct sur les coûts d'exploitation et les produits finaux.

Nous tenons avant tout de confirmer que notre stage dans le complexe GP2/Z nous a beaucoup apporté sur le plan pratique, où nous avons pu se pencher de très près sur la section de reliqufaction du propane (BOG), et essentiellement sur Schiller 405/60207 de la boucle de reliqufaction. Nous avons aussi compris toute l'importance de la récupération et la liquéfaction des vapeurs du propane accumulées dans les bacs de stockage sur les plans économique et environnemental.

Dans le présent travail, on a entamé une étude détaillée pour déterminer les causes du problème de mauvais refroidissement de Schiller 405/60207 et recommander des solutions. Ce problème crucial d'encrassement par solidification est provoqué par la formation des hydrates à l'intérieur des tubes dus à la présence permanente de l'eau dans le produit propane.

On a pu étudier la faisabilité de notre proposition qu'elle règle le problème définitivement, qui est l'installation d'un déshydrateur à tamis moléculaire.

Les dimensions calculées de notre nouvel équipement ne pose pas de problème d'encombrement vu qu'il existe suffisamment d'espace pour son emplacement dans le site.

D'où on a proposé une résistance qui fournira la chaleur nécessaire à la régénération ainsi que la quantité de chaleur fournie.

Avec un temps d'adsorption assez long (30 jours), le nombre de régénération se limitera à une seule fois par mois donc le tamis sera moins exposé aux hautes températures lors de la séquence de chauffage.

La durée de vie du matériel sera plus longue car avec un nombre de cycle moins important, le matériel sera exposé à moins de contraintes de pression (moins de séquences de pressurisation et dépressurisation) et de contrainte de températures (réchauffage et de refroidissement).

Un nombre de cycle réduit solliciterait moins l'ouverture et la fermeture des vannes, et ce qui augmentera la durée de vie de la robinetterie.

Les résultats obtenus confirment la faisabilité de notre proposition dans la section de reliqufaction du propane (BOG).

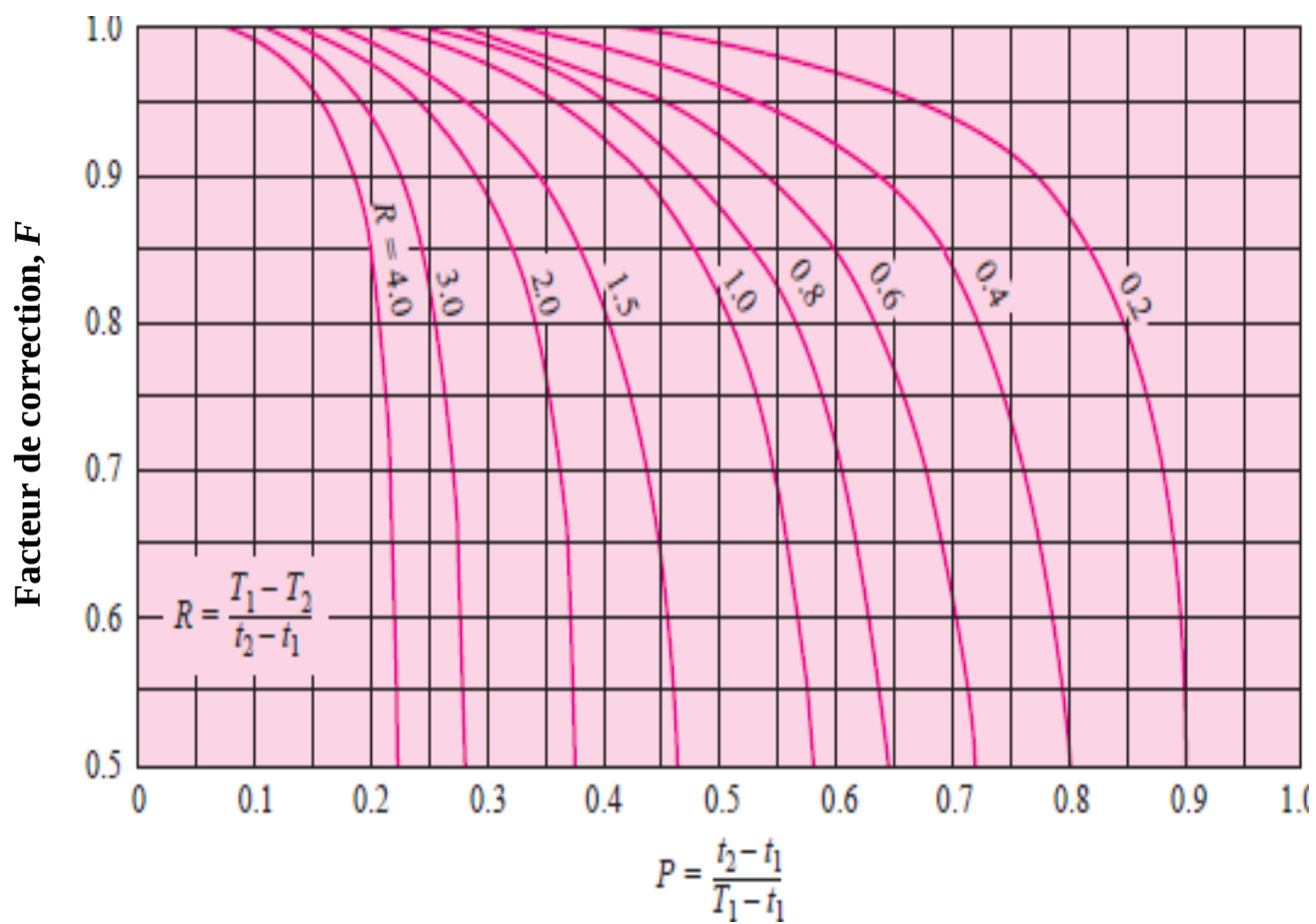
Recommandations

Notre étude nous a mené à conclure que la solution la plus adéquate serait d'installer un déshydrateur à tamis moléculaire muni d'une résistance pour la régénération car cette solution éliminera définitivement le problème du givrage Schiller 405/60207.

Références

- [1] Manuel opératoire complexe GP2/Z ; section déshydratation.
- [2] Z.ZEBOUJ projet de fin d'études pour le diplôme d'ingénieur spécialisé optimisation du temps d'adsorption dans les sécheurs au niveau du complexe GP2/Z ,2018.
- [3] Département technique (service étude et développement) du complexe GP2/Z.
- [4] Salle de contrôle de la zone d'exploitation du complexe GP2Z.
- [5] Département technique (service étude et développement) du complexe GP2Z.
- [6] Analyse de laboratoire du complexe GP2/Z.
- [7] Dimensionnement des colonnes d'adsorption (Institut Algérien du Pétrole).
- [8] RUTHVEN D. M; principes of adsorption and adsorption process John Wiley ET sons, New York.
- [9] J.F. Sacadura, Transferts thermiques – Initiation et approfondissement, Ed. Lavoisier, 2015.
- [10] Introduction aux transferts thermiques, Cours et exercices corrigés ; J.-L. Battaglia, A. Kusiak, J.-R. Puiggali, 2èmeEds.DUNOD, 2014. Transfer tsthermiques, Cours et exercices ;Yves Jannot , 2012.
- [11] R.B Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport phenomena, 2ème Ed., Wiley& Sons, 2007.
- [12] Giovannini et B. Bédard, Transfert de chaleur, Ed. Cépaduès, 2012.
- [13] Échangeurs de chaleur à plaques et joints. ALFA LAVAL .
- [14] ECHANGEUR À PLAQUES. Société RDM Distribution .
- [15] Echangeur de chaleur tubulaire: caractéristiques techniques et principe de fonctionnement. Avantages des échangeurs de chaleur à plaques et tube .
- [16] Echangeur à tubes et calandre. Process's Guide Des Techniques Des Industries de Procédé.
- [17] Échangeur de chaleur – Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Énergétique Edition technip Paris
- [18] W.PIERRE, raffinage et génie chimique Tom I et II «édition 1972 »
- [19] M. Maroua -Dimensionnement d'un échangeur a tube et calandre de l'unité décarbonatation du complexe GL1 Skikda, universités d'Annaba (2017).
- [20] D. djemelddine, Simulation d'une conception d'un échangeur a faisceau et calandre, mémoire de master en génie mécanique énergétique et l'environnement, université d'Annaba (2017).
- [21] **WUIHTIER**« le pétrole raffinage et génie chimique » Tome 2 Edition Tech.

Annexe 1 : Figure du facteur de correction F



Annexe 2 : Tableau de température entrée/sortie coté tubes et calandre.

Fournisseur : QUIRI ECHANGES THERMIQUES					
Client : Sonatrach /GP2Z		V/Réf : 9654-A		N/Réf : AO N°06/GP2Z/W/99	
Applicable pour : ☐ Proposition		☒ Commande		☐ Comme construit	
Appareil: Refroidisseur tertiaire stade BP item 405/6207 B					
Service De L'appareil : propane commercial					
Type : BKU horizontal					
15/09/2020					
Dimension : 900/1600-6000		Connection		1 Parallèle 1 Série	
Surface /Unité (Eff) 292,4 m²		Calandres 1		Surface /cal (Eff) 292,4 m²	
Performance De L'unité					
	Unité	Cote Calandre		Cote Tube	
Nom Du Fluide		Propane réfrigérant pur		Propane commercial	
Débit Du Fluide	kg/hr	21956		152000	
Vapeur (E/S)	kg/hr	2646	21956		
Liquide	kg/hr	19310		152000	152000
Incondensable	kg/hr				
Température(E/S)	°C	-37	-41	-13	-31
Point De Rosée/Point De Bulle	°C	-71	-41		
Masse Volumique	kg/m3	622,7	2,35	584,6	617
Viscosité	cp	0,188	0,006	0,141	0,181
Poids Moléculaire, Vapeur	kg/kg.mol				
Poids Moléculaire Incondensable	kg/kg.mol				
Chaleur Spécifique	kcal/kg °C	0,535	0,33	0,541	0,541
Conductivité Thermique	kcal/hr m °C	0,117	0,011	0,101	0,114
Chaleur Latente	kcal/kg	102			
Pression D'entrée	kg/cm²abs	1,05		19,5	
Vitesse D'écoulement	m/s			2,07	
Perte De Charge Admis/Calc	kg/cm²			2,81/0,456	
Coeff. D'encrassement (min)	hr m² °C /kcal	0,0002		0,0002	
Chaleur Echangée : 1973568 Kcal/Hr ;		Ecart Mov De Temp (Corr) : 12,3 °C			
Coef.D'échange :Service : 549 kcal/m²hr°C ; En cr : 698 kcal/m²hr°C ; Propre : 1025 kcal/m²hr°C					
Construction D'un Echangeur				Schéma	
		Calandre	Tube		
Pression Calc/Epreuve	Kg/cm²G	11,5/code	29,6/code		
Température De Calcul	°C	-46/33	-46/55		
Nombre De Passe		1	4		
Corrosion	mm	3	3		
Connexion	Entrée In / #	4(3) /150#	10/300#		
Diamètre/Classe	Sortie in / #	10 (3) /150#	10/300#		
		in / #	-		
Nb Trous : 394 U's ; Dext : 19,05 mm ; Ep Moy : 2,11 mm ; Long : 6000 mm ; Pas : 25,4 mm					
Type De Tube : Lisse		Matière : A 334 Gr 6		Arrangement : 60	
Calandre : A516 Gr 60 ;Dint :- mm ; Dext : 900 mm		Couvercle De Calandre : A515 Gr 60			
Boite : A516 Gr 60		Fond De Boite : A 516 Gr 60			
Plaque Tubulaire Fixe : A 350 LF2		Plaque Tubulaire Flottante : -			
Couvercle De Fond Flottant :		Déflecteur : Oui			
Chicanes Transversales : A515 Gr 60		Type : Support Ouv. (%) :		Espace ment c/c : 1020 mm	
Chicane - Long. :		Type D'étanchéité		Entrée : 1020 mm	
Support De Tubes : A 515 Gr 60		Tubes En U		Type	
Plats D'étanchéité		Liaison Tubes-Plaque Tubulaire : Dudgeonnage + soudure de résistance			
Soufflet De Dilatation Type					
Rhô V³ Tubulure Entrée/ 5442 ; Entrée Faisceau :				Sortie Faisceau :	
Joints - Côté Calandre		Côté Tubes			
- Fond Flottant					
Code Exigé : ASME Sec VIII Division 1 ; API 660 ;				TEMA Classe R	
Poids/Echangeur : 9526 kg		Plein D'eau : 21541 kg		Faisceau : 4853 kg	
Remarques : Test de résilience effectué à -50°C côté corps					