



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم



Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADIMIQUE

**Filière :** Génie des Procédés

**Option :** Génie Chimique

### Thème

**Etude de la flexibilité des fours C et D au niveau du complexe  
GP2Z d'ARZEW**

Présenté Par :

**HAMRA Abdelkader El Hadj**

Soutenu le 29/06/ 2022 devant le jury composé de :

Présidente :	BELHOUARI Houria	M.A.A	Université de Mostaganem
Examinatrice :	SOLTANE Khadidja	M.A.A	Université de Mostaganem
Encadrante :	MENAD Karima	M.C.A	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2021/2022

# *Remerciements*

*Tout au long de ce stage, j'ai reçu l'aide et l'attention de beaucoup de monde et j'ai tenais particulièrement à les remercier.*

*Je tiens à remercier mon encadrante M<sup>me</sup> Karima MENAD pour ses conseils et son aide durant toute la période du notre stage.*

*Mes remerciements s'adressent à M<sup>me</sup> H. BELHOUARI d'avoir accepté de présider le jury de mon mémoire ; et à M<sup>me</sup> K. SOLTANE d'avoir accepté de faire partie de ce jury afin d'examiner notre travail.*

*Merci à tous.*

# *Dédicace*

*A la lumière qui m'a éclairé le chemin  
Les deux êtres les plus chers au monde*

*Ma chère mère et mon cher  
père A mes frères et  
sœur*

*A toute ma famille sans exception*

*Je dédie ce travail.*

*Hamra El hadj Abdelkader*

# Résumé

Ce travail a été réalisé au niveau du complexe GP2/Z ; section de séparation entre le propane et le butane contenus dans le gaz liquéfier (GPL). L'objectif visé est d'établir une étude de vérification d'une probable possibilité de fonctionner un seul four pour assurer le réchauffage des deux splitter tout en optimisant la capacité de charge maximale et garder la qualité des produits finis ; ces deux splitter sont destinés à rebouillir le mélange a distillé (GPL).

Après les résultats obtenus on peut suggérer qu'un seul four peut répondre individuellement à son besoin.

# Sommaire

<b>Introduction générale</b>	1
<b>Chapitre I : Présentation du Complexe GP2/Z</b>	
I.1. Introduction	2
I.2. Historique du Complexe GP2/Z	2
I.3. Description du Procédé de traitement de GPL	5
I.3.1. Section séparation	6
I.3.2. Section réfrigération	8
I.3.3. Section stockage	10
I.4. Section séparation & Boucle d'huile chaude	13
I.4.1. section de séparation	13
I.4.2. Description des équipements de section séparation	15
I.4.3. Description du procédé de section séparation	16
I.5. Boucle d'huile de chauffe	17
<b>Chapitre II : Rappels sur le transfert de chaleur</b>	
II.1.Introduction	20
II.2.Modes de transmissions de chaleur	20
II.2.1. conduction	20
II.2.2. convection	21
II.2.3. rayonnement	21
II .3. Définition des fours tubulaires	21
II.3.1. type de fours	22
II .4. Description des fours du complexe GP2Z	23
II.4.1. Tubes et accessoires de four GP2/Z	23
II.4.2. Caractéristiques techniques des fours	25
II.4.3. Anomalies des fours et les causes probables	29

<b>Problématique</b>	<b>30</b>
<b>Chapitre III : Calcul thermique du four C et D</b>	
III.1. Introduction	31
III.2. Quantité de chaleur absorbée par la charge	32
III.3. Vérification du rendement des fours	34
<b>Conclusion</b>	<b>39</b>
<b>Recommandation</b>	<b>40</b>
<b>Reference bibliographique</b>	<b>41</b>
<b>Annexe</b>	<b>42</b>

# Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> Mode de fonctionnement des deux adsorbants.	7
<b>Tableau II.1</b> Caractéristiques techniques des fours 401/6201/C/D (Annexe 2)	26
<b>Tableau II.2</b> Anomalie du four et les causes probables	29
<b>Tableau III.1</b> Paramètre et condition de service des fours (cas design) (Annexe 1)	31
<b>Tableau III.2</b> Caractéristique de fluide caloporteur huile TORADA TC (cas design)	32
<b>Tableaux III.3</b> Récapitulatif des calculs design	35
<b>Tableau III.4</b> Paramètres et conditions de service des fours (cas actuel)	35
<b>Tableau III.5</b> Composition du combustible d'alimentation du four	36
<b>Tableaux III.6</b> Récapitulatif du calcul actuel	36
<b>Tableaux III.7</b> Récapitulatif du calcul chaleur fournis (max)	37
<b>Tableau III.8</b> Paramètres et conditions de service des rebouilleurs en charge maximal	37

# Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Schéma synoptique du complexe GP2/Z	5
<b>Figure I.2.</b> Schéma général du procédé de séparation du GPL	12
<b>Figure I.3.</b> Schéma de la section séparation A	14
<b>Figure I.4.</b> Schéma de la section séparation B	14
<b>Figure I.5.</b> Schéma de la boucle d'huile chaud	18
<b>Figure II.1.</b> Matériaux réfractaire (béton et brique)	24
<b>Figure II.2.</b> Coude à 180°	24
<b>Figure II.3.</b> Guide de tube vertical	24
<b>Figure II.4.</b> Disposition des tubes	25
<b>Figure II.5.</b> Tube aileté	25
<b>Figure II.6.</b> Les fours C et D de la boucle d'huile	26
<b>Figure II.7.</b> Rebouilleur de type KETTLE	28



# Liste des abréviations

**GPL** : Gaz de Pétrole Liquéfié

**CJB** : Compagnie anglaise

**HT** : Haut Tension

**MT** : Moyenne Tension

**BP** : Basse Pression

**MP** : Moyenne Pression

**HP** : Haut Pression

**TEMA** : Association de fabricants d'échangeurs de chaleur à coque et à tube (Shell and Tube Heat Exchanger Manufacturers Association)

**PCI** : Pouvoir calorifique inférieur

**PM** : masse molaire

**Yi** : fraction molaire

**Wi** : fraction massique

**PFD** : Process feed diagramme

**IHI** : Société d'ingénierie japonaise qui produit des machines industrielles

**BOG** : Boil Off Gas

**DCS** : Digital control system (système de control digital)

**XV** : Vanne tout ou rien

**LV** : Vanne de contrôle de débit

**TC** : Vanne de contrôle de température

**FIC** : vannes de contrôle débits

**SRK** : Soave Riedlich Kwon

$\lambda$  : Conductivité thermique du solide

$\Phi$  : Flux de chaleur

**Q** : Quantité de chaleur transmise

**dx** : Epaisseur

$\Delta T$  : Différence de température

**A** : Surface perpendiculaire au flux

**h** : Coefficient de transfert de chaleur ; h est fonction de (Re, Cp, ....).

**F** : Surface d'échange ( $m^2$ ).

$\Delta t$  : Différence de température ( $^{\circ}C$ ).

**S** : Constante égale à  $4,96 \cdot 10^{-8}$  ( $Kcal/m^2 h K^4$ )

# **Introduction générale**

## Introduction générale

La consommation du gaz naturel dans le monde a connu une forte augmentation. C'est la moins polluante et la plus performante des énergies fossiles. Une énergie d'avenir en plein développement.

Le GPL est une énergie primaire non renouvelable bien répartie dans le monde, propre et de plus en plus utilisée. S'il est connu depuis l'antique, son utilisation s'est généralisée surtout après la seconde guerre mondiale. Il dispose de nombreuses qualités : abondance relative, souplesse d'utilisations, qualités écologique, prix compétitive.

La mise en œuvre de cette énergie repose sur la maîtrise technique de l'ensemble de la chaîne gazière, qui va de l'extraction aux utilisateurs, en passant par le stockage le transport et la distribution.

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL en abrégé) est un mélange d'hydrocarbures légers, stocké à l'état liquide et issu du raffinage du pétrole ou isolé du gaz naturel.

Les gaz de pétrole liquéfiés sont des hydrocarbures composés majoritairement de coupes en C3 et C4, le butane et le propane étant les principaux composants. Ces produits, gazeux dans les conditions normales de température et de pression, peuvent être facilement liquéfiés, rendant ainsi leur manipulation et leur transport très aisés.

La capacité en 2019 du complexe GP2Z est maintenue à environ 175 T/h (1.4 MT/An) de GPL traité, avec deux fours en service 401/6201C/D et les deux splitter 407/6201/A/B. Ces deux fours sont destinés à chauffer l'huile (TORADA.TC 'fluide caloporteur') que vas utiliser par la suite comme source de chaleur des rebouilleurs ; ces derniers sont utilisés à ramener le GPL à la température d'ébullition pour faire séparer entre les deux coupes : le butane et le propane.

L'objectif de cette étude est de vérifier la possibilité de fonctionner un seul four tout en optimisant la capacité de charge maximale et garder la qualité des produits finis.

Ainsi, pour mener à bien notre étude, nous avons commencé, dans un premier temps, par effectuer la présentation générale du complexe GP2/Z et le procédé utilisé ; ensuite, nous avons procédé à quelques rappels de transfert de chaleur et généralités sur les fours.

Dans la partie calcule, nous avons attribué des calculs de rendement des deux fours dans le but de savoir la capacité thermique de chaque four.

Ce mémoire est terminé par une conclusion générale et des références bibliographiques.

**Chapitre I :**  
**Présentation du complexe**  
**GP2/Z**

## I. Présentation du complexe GP2/Z

### I.1. Introduction

Le complexe GP2/Z relève de la Sonatrach, société nationale chargée du transport, du raffinage et de la commercialisation des hydrocarbures, laquelle a été créée le 31 Décembre 1963. Son organisation est basée sur les activités d'approvisionnement énergétique nationales, du développement et de l'exploitation des gisements d'hydrocarbures.

Le complexe GP2/Z situé au nord-ouest du pays à 42 km d'Oran dans la commune de Béthioua. L'usine est conçue pour séparer le GPL en propane et butane commercial [1].

Vous trouvez ci-dessous la carte d'identification du complexe GP2/Z [1] :

**LOCALISATION** : Arzew

**SUPERFICIE** : 13,5 hectares

- ❖ **Objectif** : Traitement de 1,4 millions de tonnes de la charge GPL.
- ❖ **Produits** : Propane et butane commercial.
- ❖ **Procédé utilisé** : Distillation sous pression.
- ❖ **Nombre de trains** : Deux (02) trains semi-modulaires.
- ❖ **Constructeur** : CJB.
- ❖ **Date de démarrage des travaux** : 1973.
- ❖ **Capacité de stockage** : Propane et butane commercial, deux (02) bacs de stockage de Capacité 70 000 m<sup>3</sup> chacun.

### I.2. Historique du Complexe GP2/Z

Le complexe GP2/Z a presque trente (30) ans d'existence. Le projet de construction a été lancé en mille neuf cent soixante-dix (1970) par la compagnie anglaise CJB.

Les dates importantes à retenir sont [1] :

- **1973** : Mise en service du complexe destiné à traiter une charge de 4 millions de tonnes d'un mélange de condensât / GPL.

- **1984** : Arrêt du complexe suite à la mise en service des unités de stabilisation du condensât au niveau des champs de Hassi R'Mel et de Hassi Messaoud.
- **1990** : Redémarrage du complexe après la reconversion de son procédé de rebouillage pour le traitement d'une capacité de 0,6 million de tonne par an.
- **1996** : Extension du complexe pour traiter une capacité de 1,2 million de tonnes de GPL par an. De plus, des travaux de modification ont été réalisés tels que :
  - ✚ Reconversion des deux (02) colonnes de séparation de condensat /GPL en colonnes de dépropanisation ;
  - ✚ Mise en place des rebouilleurs au niveau des colonnes reconverties et adaptation de leurs boucles de régulation ;
  - ✚ Rénovation des aéroréfrigérants et des compresseurs du système boil off ;
  - ✚ Construction d'une nouvelle salle de contrôle et remplacement des instruments de contrôle pneumatique par le système DCS ;
  - ✚ Rénovation des turbines à gaz, des bras de chargement, des compresseurs d'air, des postes électriques HT et MT ;
  - ✚ Implantation d'une nouvelle unité de déshydratation de la charge.
- **1999** : Extension de la capacité de traitement du complexe pour traiter 1,8 million de tonne par an. Lors de cette extension, plusieurs travaux de modification ont été réalisés comme :
  - ✚ Remplacement des plateaux des colonnes de séparation de GPL par des plateaux dont le rendement est supérieur ;
  - ✚ Installation de nouveaux ballons séparateurs et des échangeurs de chaleur de grande capacité au niveau de la zone de réfrigération ;
  - ✚ le remplacement des pompes de circulation du fluide caloporteur et des pompes de charge de GPL par des pompes de plus grande capacité.
- **2000** : Projet d'extension : la capacité de production devait être portée à 2,5 millions de tonnes. L'étendue du projet d'extension devait se limiter aux réalisations suivantes :

Unité supplémentaire de séparation de GPL de 160 T/ h ;

- ✚ Installation d'une nouvelle unité de réfrigération ;
- ✚ Augmentation de la capacité du stockage des produits réfrigéré ;
- ✚ Extension du réseau électrique basse tension ;
- ✚ Installation d'un nouveau four de gasoil ;
- ✚ Nouvelle unité de déshydratation.

Suite à un incident survenu au niveau du moto-compresseur en date du 24/07/2003, ils ont lancé un projet de sécurisation et fiabilisation du complexe. Ce prestataire a procédé aux modifications suivantes :

### ***Section de stockage de la charge GPL***

- ✚ Montage d'une nouvelle sphère de stockage tampon 420/6105G ;
- ✚ Installation de nouvelles vannes XV au niveau des déshydratations de la charge GPL pour la séquence de régénération.

### ***Section séparation***

- ✚ Installation de nouvelles vannes de refoulement des motopompes GPL ;
- ✚ Calorifugeage de la partie supérieure des deux splitter A&B ;
- ✚ Délocalisation de trois motopompes de la charge GPL.
- ✚ Mise en place de deux nouveaux filtres en aval des sécheurs de la déshydratation du propane commercial ;
- ✚ Délocalisation des quatre motopompes de reflux de l'intérieur vers l'extérieur des trains de séparation.

### ***Section réfrigération***

- ✚ Installation de vannes de niveau LV pour réguler le niveau de propane réfrigérant des trois stades BP, MP, et HP.

### Au niveau du système de chauffage d'huile TORADA TC

- ✚ Montage de la motopompe 425/6215E d'huile chaude pour alimenter le circuit du fluide caloporteur ;
- ✚ Montage d'un nouveau four 401/6201D pour huile TORADA TC.

### I.3. Description du Procédé de traitement du GPL

Le procédé comprend trois sections : séparation, réfrigération et stockage (Fig. I.1) auxquelles il faudra ajouter la boucle du fluide caloporteur [1].

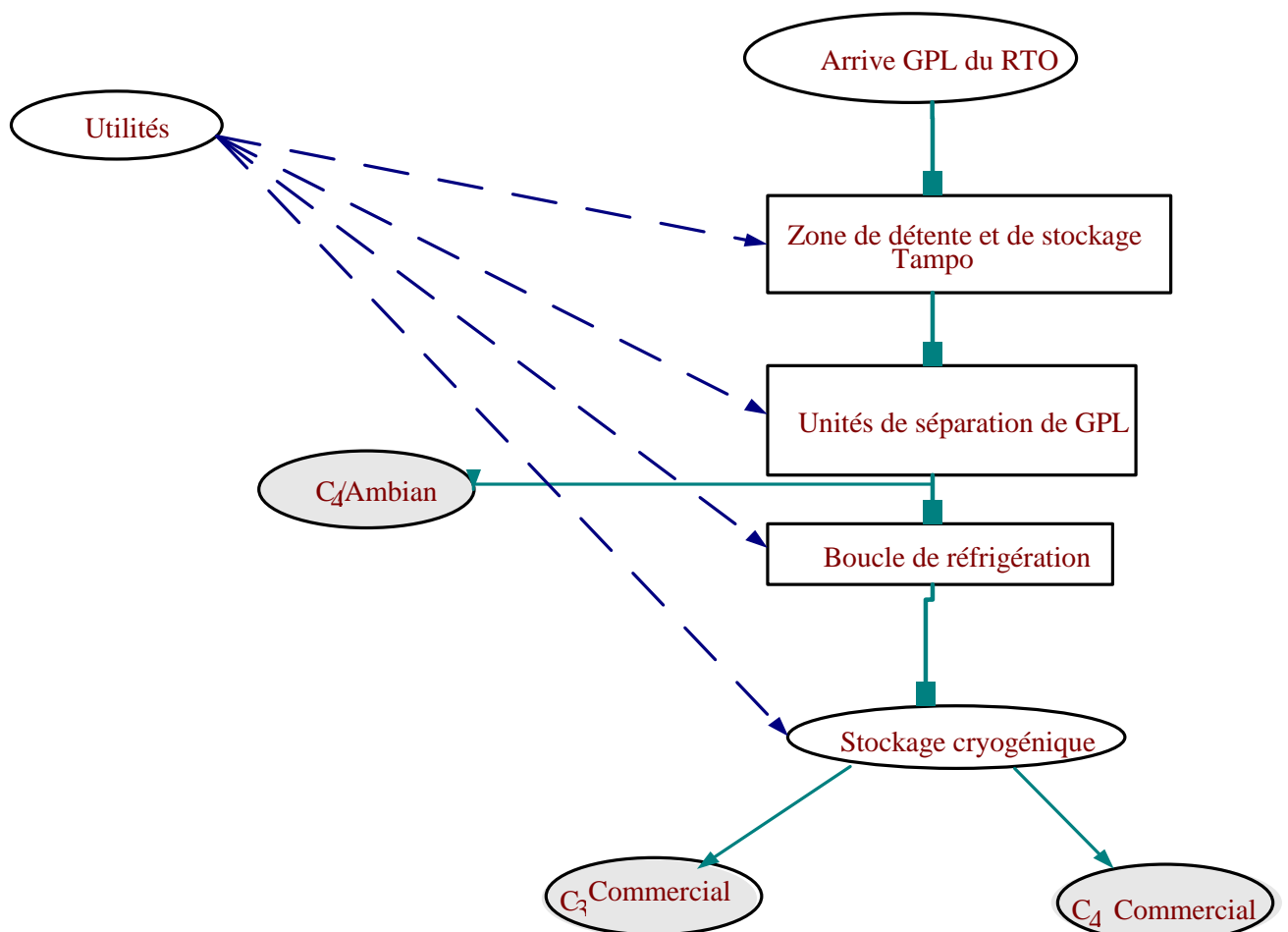


Figure I.1 : Schéma synoptique du complexe GP2/Z [1].



### I.3.1. Section séparation

#### 1°/ Stockage tampon

La charge de GPL, en provenance des champs sahariens, est réceptionnée au niveau d'une station de détente (stockage tampon). Cette section a pour fonction de recevoir le GPL et de le stocker dans les sphères de charge avant de l'envoyer vers la section de déshydratation qui constitue la phase suivante du traitement. Elle comprend deux sphères A/B d'une capacité de 1100 m<sup>3</sup> chacune et 04 pompes de charge A/ B/ C/ D. Chaque sphère comporte 02 soupapes : les soupapes sont tarées à 16 bar pour la sphère A et à 11,2 bar pour la sphère B. Le GPL est stocké à température ambiante et à la pression de 8 bars. En cas d'augmentation de pression, la vanne s'ouvre vers torche via le ballon de combustible.

#### 2°/ Déshydratation

L'unité de déshydratation a été conçue pour sécher le produit GPL jusqu'à une teneur en eau inférieure à 1 ppm. Cette section est constituée par les équipements suivants :

- ✚ Un coalesceur d'alimentation
- ✚ Deux sécheurs (adsorbants) A/B ;
- ✚ Deux filtres de GPL A/B ;
- ✚ Un préchauffeur des gaz de régénération ;
- ✚ Un aérocondenseur des gaz de régénération ;
- ✚ Un séparateur des gaz de régénération.

La déshydratation a pour but d'éliminer l'eau libre et l'eau dissoute et ce, afin d'éviter la formation d'hydrates au niveau des équipements en aval. En effet, le procédé nécessite l'abaissement de la température en dessous de 0 °C, ce qui exclut toute présence d'eau dans les installations.

Le produit GPL, aspiré par les pompes, est acheminé sous contrôle de débit vers le coalesceur où la plus grande quantité de l'eau libre est éliminée de la charge GPL par coalescence des gouttelettes d'eau en suspension à travers les éléments filtrants puis séparées par gravité. L'eau est admise dans le ballon de décantation incorporé en bas du coalesceur, ensuite drainée à l'atmosphère sous contrôle de niveau via le ballon de purge qui sert à évacuer le gaz entraîné.

Les adsorbants contiennent un lit de tamis moléculaire qui est utilisé pour le séchage du GPL en provenance du coalesceur. Le principe de la déshydratation se fait par adsorption de certaines molécules (molécules d'eau) et le rejet des molécules plus grosses (molécules de GPL). Les molécules d'eau étant polaires, elles sont fortement attirées vers le tamis moléculaire ; par contre, les molécules non polaires (de GPL) traversent librement le sécheur. Lors du passage de la charge de GPL à travers le lit du tamis moléculaire, l'eau est adsorbée, ensuite éliminée par la chaleur durant le cycle de régénération (voir Tab.I.1).

**Tableau I.1 : Mode de fonctionnement des deux adsorbants.**

<b>Séquence</b>	<b>Temps</b>	<b>Vannes ouvertes</b>
1. Drainage du GPL	03 heures	Pour le drainage Injection Fuel gaz
2. Chauffage	16 heures	Entrée Fuel gaz chaud Sortie Fuel gaz chaud
3. Refroidissement	12 heures	Entrée Fuel gaz froid Sortie Fuel gaz froid
4. Remplissage	02 heures	Sortie Fuel gaz vers torche
5. mode veille	10 heures	Aucune
<b>Total</b>	<b>43 heures</b>	

### 3°/ Séparation

L'unité de séparation a été conçue pour séparer le mélange de la charge de GPL en propane commercial comme produit de tête de colonne, et en butane commercial comme produit de fond de colonne. Elle est constituée de 02 trains (02 splitters) A/B, comprenant les équipements suivants (plus de détails voir paragraphe I.4) :

- ✚ Une colonne de séparation de 46 plateaux ;
- ✚ Un préchauffeur de la charge GPL ;
- ✚ Une batterie d'aérocondenseurs ;
- ✚ Un ballon de reflux ;
- ✚ Deux pompes de reflux ;
- ✚ Un rebouilleur ;

✚ Trois pompes de charge ;

### **I.3.2. Section réfrigération**

#### ***1°/ Réfrigération des produits***

La section réfrigération a pour objet de refroidir les produits propane et butanes commerciaux à leurs températures de stockage respectives soit - 45 °C pour le propane et - 15 °C pour le butane 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 °C, correspondant à haute pression (6 bar), moyenne (1,8 bar) et basse pression (0,5 bar).

#### ***2°/ Circuit propane commercial***

Le propane commercial provenant des deux ballons de reflux A par le train A et le B pour le train B est acheminé sous contrôle de niveau vers l'aéroréfrigérant, puis il rentre dans le réfrigérant (schiller) de l'étage HP à une température de 40 °C et sort à une température de 14,3 °C. A la sortie du Schiller, le produit passe par la déshydratation de garde conçue pour le séchage du propane commercial. La teneur de ce dernier doit être inférieure à 1 ppm à la sortie de la déshydratation afin d'éviter toute formation d'hydrates (cause de bouchage) puis le produit passe à l'étage MP à travers un 2ème schiller, d'où il sort à une température de 14,6°C. Le propane commercial passe ensuite à l'étage BP de réfrigération à travers un 3ème schiller d'où il sort à une température de -37,7 °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 0.4 bar pour atteindre température de stockage -45 °C 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.

#### ***3°/ Circuit du butane commercial***

Le butane commercial produit au fond des deux colonnes de dépropanisation est acheminé sous contrôle de niveau vers l'aéroréfrigérant. Il entre ensuite au niveau de l'étage HP du schiller à une température de 40 °C et sort à une température de 14,6 °C. Le produit est admis ensuite à l'étage BP au niveau du schiller d'où il sort à une température de -11 °C puis il est acheminé vers le bac de stockage de butane à une température de -15 °C.

Le butane ambiant, quant à lui, est obtenu en envoyant une partie du produit sortant de l'aéroréfrigérant vers les sphères de butane ambiant. Les sphères de butane ambiant sont maintenues à pression de 8 bars au moyen de la vanne de pression qui fait partie du circuit fuel gaz.

Le butane commercial à la sortie de l'aéroréfrigérant se dirigera vers les sphères de butane ambiant ce qui permet le remplissage de ces dernières.

#### **4°/ Boucle de réfrigération au propane**

Le propane pur est stocké dans le ballon de propane réfrigérant à une pression d'environ 16 bars et à une température avoisinant 40 °C. Le ballon est muni de deux soupapes de sécurité tarée à une pression de 18,2 bars. Le ballon alimente sous contrôle de niveau les deux schiller haute pression du côté calandre.

Le produit réfrigérant passe ensuite par la vanne contrôle de niveau (1) pour alimenter le côté calandre du schiller (A) et par la vanne (2) pour alimenter le côté calandre du chiller (B). La détente a lieu en aval des deux vannes de contrôle de niveau de sorte que le propane pur entre respectivement dans les deux schiller 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 la basse pression. Le schiller (A) alimente le schiller du 2ème étage de refroidissement du propane commercial et le schiller (B) alimente le schiller du 2ème et dernier étage de refroidissement du butane commercial. Après détente le propane pur entre respectivement dans les schillers (A) et (B) à une pression de 1,8 bar et à une température de -16,9 °C. Chaque schiller est muni de soupapes de sécurité.

Au niveau du 3<sup>ème</sup> étage de réfrigération (BP), il n'y a que le propane commercial qui est refroidi, le butane ayant terminé son cycle de réfrigération.

A chaque étage, les vapeurs issues des schillers sont reprises par un turbocompresseur via des ballons séparateurs qui permettent d'éliminer toutes gouttelettes de liquide entraînés avec les vapeurs de propane.

Elles sont comprimées dans le compresseur centrifuge étagé entraîné par une turbine à gaz et refoulées vers les aérocondenseurs A/B pour être condensées puis renvoyées au ballon pour effectuer un nouveau cycle.

### I.3.3. 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), mais aussi deux sphères d'une capacité 1115m<sup>3</sup> chacune pour le stockage du butane ambiant.

Le propane commercial (C3c) arrive depuis le ballon 410/6102 de la boucle BOG. Le bac dispose de deux lignes, une pour l'azote qui sert à l'inertage en cas de travaux, et l'autre pour le fuel gaz qui chasse l'azote après l'utilisation et maintient une pression positive dans le bac. Quatre pompe (425/6104A-B-C-D) sont immergé dans le bac afin d'assurer l'expédition de propane vers les quais de chargement le rôle de la pompe 425/4104D est de refroidir la ligne d'expédition du propane commercial d'une température froide de -40°C à -47°C.

Le bac de stockage de butane est identique à celui de propane, avec le même nombre de pompes immergées (425/6101A-B-C-D) sauf que sa température de stockage est supérieure à celle de propane (entre -10°C et -15°C).

Le butane ambiant, de même, composition que le butane commercial, est stocké dans les sphères 420/6501E-F qui ont une capacité de 1115m<sup>3</sup>.le butane est soutiré depuis l'aérocondenseur 405/6214 ou il est stocké à température ambiante mais à une pression supérieure à la pression atmosphérique variant entre 7 et 8,5 bars.

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 0,7 MPas eff. Au niveau des deux compresseurs centrifuges (430/6101E/D), partiellement liquéfié dans les chillers 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 du dééthaniseur dans la section de dééthanisation, et la vapeur est récupérée comme gaz de dégagement.

Le propane liquéfié contenant C1 et C2 est pompé et envoyé vers la section de dééthanisation pour éliminer C1 et C2 comme 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.

De façon similaire, les vapeurs de C4 issues du bac de stockage 420/6105 sont comprimées par les compresseurs BOG 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 (420/6105).

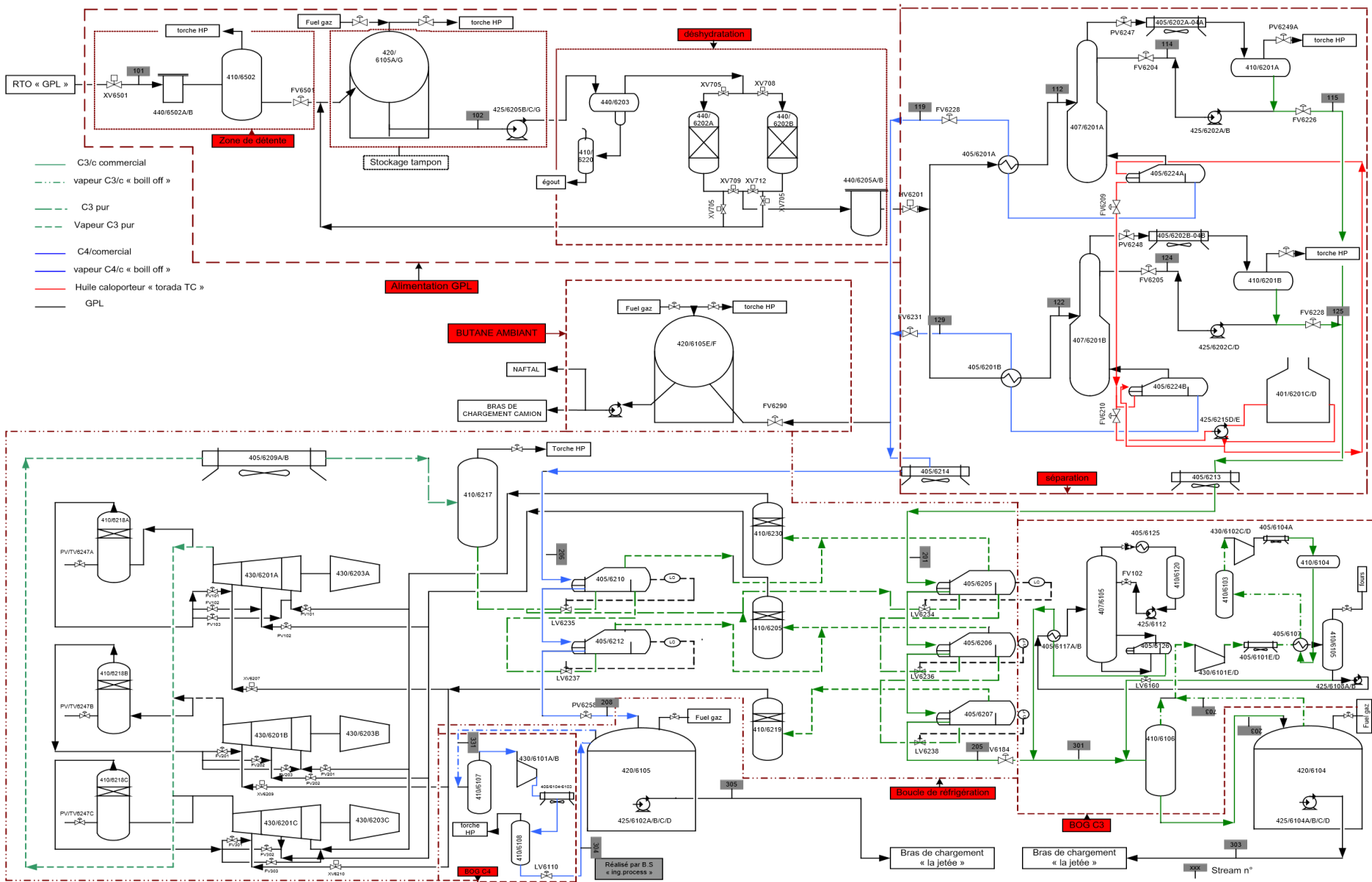
### ***1°/ Bac propane***

Ce réservoir assure le stockage du propane à la pression atmosphérique et à une température de -45 °C. Le bac est munit de trois soupapes de sécurité tarées à différents paliers de pression respectivement à 1010, 1030 et 1060 mm H<sub>2</sub>O [1].

### ***2°/ Bac butane***

Cette capacité a pour but d'assurer le stockage du butane à la pression atmosphérique et à une température de - 15°C. Le bac est muni de trois soupapes de sécurité tarée à différents paliers de pression respectivement à 1010, 1030 et 1060 mm H<sub>2</sub>O (figure I.2) [1].

Figure I.2 : Schéma général du procédé de séparation du GPL



## I.4. Description détaillé de la section séparation et la boucle d'huile chaude

### I.4.1. La section séparation

Le complexe GP2Z dispose de deux unités de séparation identiques qui permettent de séparer une charge de mélange GPL en deux produits commerciaux avec un taux de récupération maximum aussi pour le propane que pour le butane. La production annuelle de ces deux dernières est de 1300 000 T/année.

L'alimentation des deux unités de séparation se fait à partir de la section de stockage tampon via la section de déshydratation principale. La charge GPL arrive par un collecteur commun, sous pression constante aux deux unités de séparation. Chaque unité prélève le débit nécessaire selon son propre contrôleur de débit FIC 6203 (séparation A) et 6204 (*séparation B*).

Le débit horaire de la charge GPL de 175T/h en provenance de la section de déshydratation principale est réparti équitablement sur les deux unités de séparation donc chaque colonne reçoit 87.5 T/h

Chaque unité de séparation comprend les équipements suivants **[1]** :

- ✚ Colonne de séparation 407/6201
- ✚ Ballon de reflux 410/6201
- ✚ Pompes de reflux 425/6202
- ✚ Aérocondenseurs 405/6202
- ✚ Rebouilleur 405/6224
- ✚ Préchauffeur 405/6201



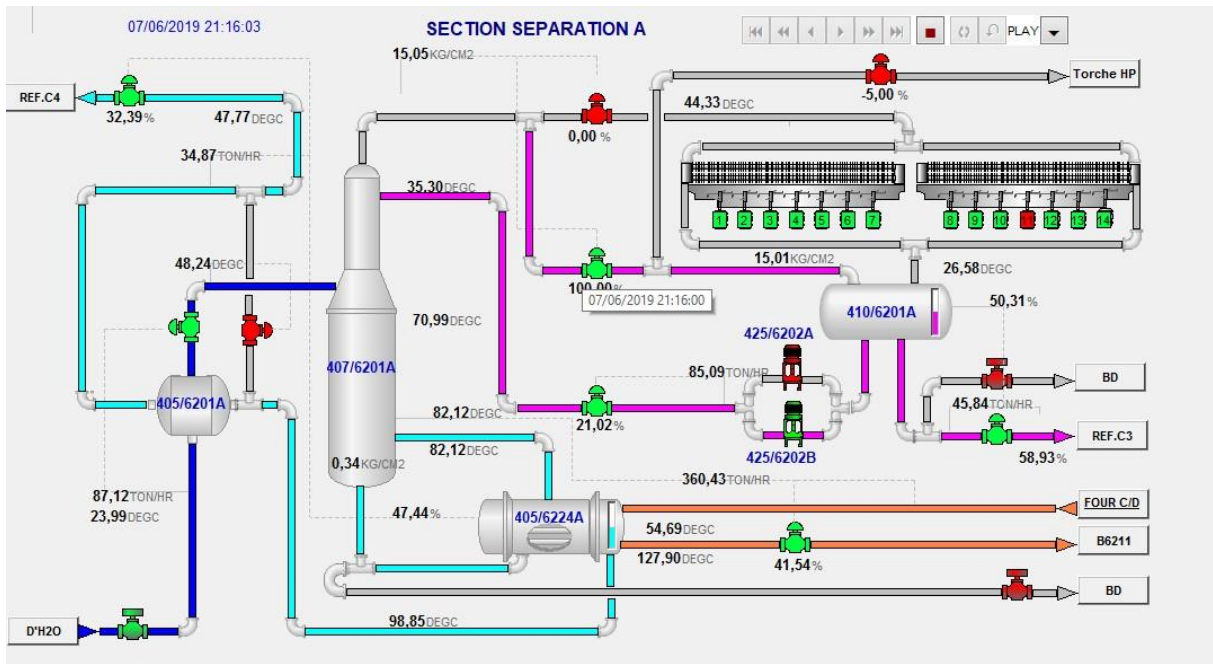


Figure I.3 : Schéma de la section séparation A

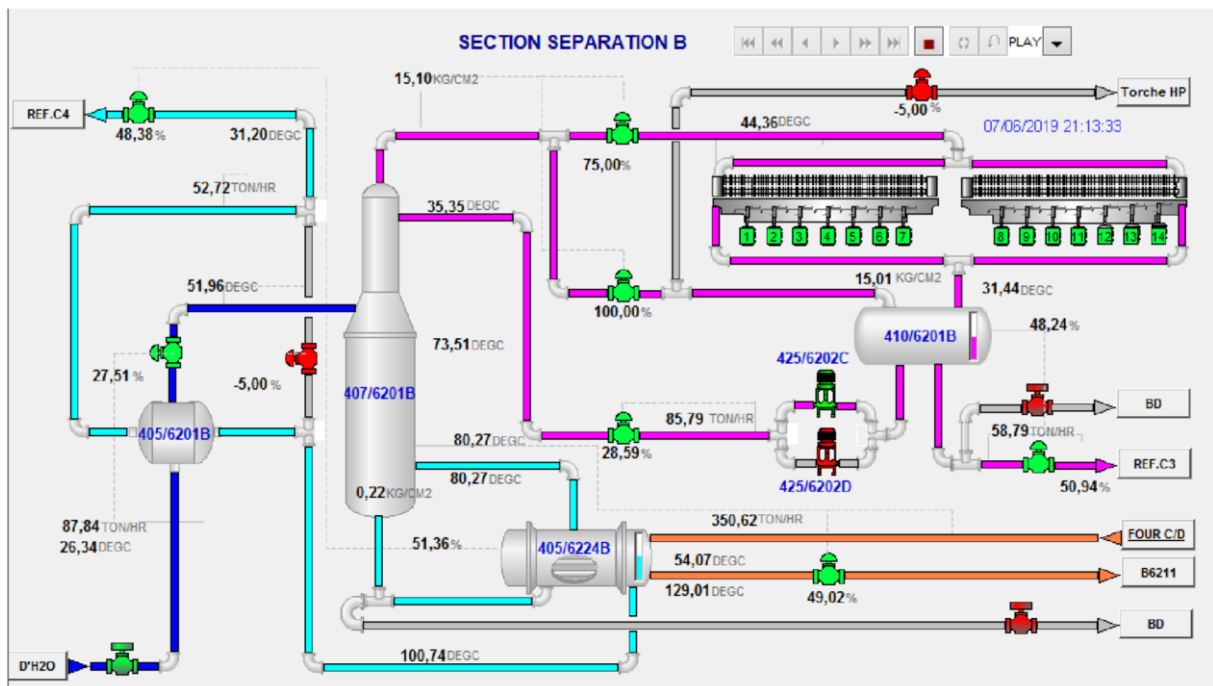


Figure I.4 : Schéma de la section séparation B

## I.4.2. Description des équipements de la section séparation

**Colonnes de séparation 4076201A/B :** Ce sont des capacités cylindriques verticales destinées à séparer le mélange GPL en deux produits commerciaux propane et butane. Elles sont équipées chacune de 46 plateaux dont 23 plateaux de type Super-Frac quatre passes dans la zone d'épuisement et 21 plateaux de type Ultra-Frac. Deux plateaux sont installés dans la zone d'expansion dont l'un permet l'alimentation et l'autre pour assurer la transition entre les plateaux Ultra-frac et super-frac. Espace entre les plateaux dans la zone de rectification est 610 mm et dans la zone d'épuisement est 406 mm.

**Préchauffeurs de charge 405/6201 A/B :** Ce sont des appareils de chaleur destinés à chauffer la charge GPL (côté faisceau) provenant de la section de déshydratation par le produit butane du fond de la colonne (côté calandre), et la température d'alimentation de la colonne est contrôlée par les vannes TV 6213/6214, soit pour faire passer la quantité de butane ou by-passer le préchauffeur en fonction de la température de la charge GPL.

**Ballon de reflux 410/6201A/B :** Le rôle de ces ballons de reflux est de recevoir le propane à l'état liquide issu des aérocondenseurs de tête 405/6202, et d'assurer un débit régulier de reflux.

- ✚ Le propane des ballons de reflux (410/6201 A/B est envoyé au sous refroidisseur 405/6213 à travers les FV 6228/6229 qui sont contrôlés en cascade par les contrôleurs de niveau LIC 6226/6229.
- ✚ Les niveaux des ballons de reflux sont surveillés par des swiches de très haut et très bas niveau LSHH6249/6251 et LSSL 6248/6250 qui sont interrompus par le système ESD.
  - ✚ LSHH 6249/6251 interrompent l'alimentation de la charge des Splitters.
  - ✚ LSSL6248/6250 : arrêtent les pompes de reflux 425/6202.
  - ✚ Chaque ballon de reflux est muni d'une ligne de vidange (blow-down) vers le réseau torchère en cas d'urgence avec une vanne actionnée par la salle de contrôle.

**Pompes de reflux 425/6202 A/B/C/D :** Ce sont des pompes verticales FlowServe destinées à renvoyer une quantité propane du ballon de reflux vers le sommet de la colonne comme reflux dans le but de créer un échange de matières entre les deux produits au niveau de chaque plateau. La capacité nominale de chaque pompe est 293 m<sup>3</sup>/h y compris le débit minimum (40 m<sup>3</sup>/h) et elles aussi sont équipées chacune sur la ligne de débit minimum une plaque à orifice RO pour assurer un débit constant de 40 m<sup>3</sup>/h [1].

**Les condenseurs de tête 405/6202 :** Ce sont des échangeurs qui utilisent comme fluide réfrigérant l'air froid ambiant aspirée par des ventilateurs et traverse des faisceaux de tubes généralement sous forme d'ailette, à l'intérieur desquels circulent les vapeurs de propane à condenser issues du sommet de la colonne.

**Les rebouilleurs 405/6224 A/B :** Ce sont des appareils tubulaires dont le but est d'effectuer une vaporisation partielle du produit butane sortant des fonds de colonne afin d'engendrer la phase vapeur qui assurera le fractionnement dans la section d'épuisement. Les rebouilleurs utilisés pour vaporiser partiellement le produit de fond se sont de type Kettle rebouiller.

### **I.4.3. Description du procédé de séparation**

La charge d'alimentation GPL en provenance de la section de déshydratation principale avec une teneur en eau inférieure à 1 ppm est préchauffée le préchauffeur 405/6201 par le butane sortant du fond de la colonne ou la température d'alimentation est contrôlée par le TIC 6213/6214 qui agit directement sur la vanne de by-pass. Les TIC 6213/6214 sont consignés à 65°C.

La température de la charge d'alimentation est toujours inférieure à 65°C malgré la vanne de bypass est fermée TV6213/6214. La température d'alimentation varie entre 40°C et 64°C selon la température ambiante (hiver 4°C ; été 38°C). Ensuite la charge est introduite dans la colonne pour être séparée en deux produits propane et butane. Le propane qui est un constituant léger monte au sommet de la colonne en traversant un nombre de plateaux dans la zone de rectification comme produit de distillat. Les vapeurs sortantes de la colonne sont condensées dans les aérocondenseurs 405/6202 et récupérés dans le ballon de reflux. Une partie de ce produit est retournée comme reflux vers la colonne par le biais des pompes 425/6202 et l'autre partie est dirigée vers la section de réfrigération en passant par les sous refroidisseurs 405/6213 par la vanne FV 6226 contrôlé par le régulateur de niveau (LIC6226) . Les incondensables comme le méthane et l'éthane sont évacués vers la torche à travers la PV 6249/6250 B sous contrôle de pression du ballon de reflux PIC6249 ou 6250. La pression dans le ballon de reflux est contrôlé par une pression différentielle de by-pass des aérocondenseurs. La pression dans la colonne est maintenue 1.6 MPa ou 16 bars par le PIC 6247 en réglant le débit de vapeur de tête aux aérocondenseurs.

Le butane comme constituant lourd , descend au fond de la colonne en traversant les plateaux dans la zone d'épuisement pour être soutiré comme produit résidu, ensuite il passe dans le rebouilleur ou une partie de ce produit est vaporisé par l'huile chaude pour être retournée au fond de la colonne comme reflux chaud. L'autre partie est acheminée vers la section de réfrigération via le préchauffeur pour céder ses calories à la charge d'alimentation par FV6228 contrôlée par le

régulateur de niveau du rebouilleur LIC6201 en cascade. Le produit butane des deux splitter se joint en amont du sous refroidisseur 405/6214 et est envoyé vers la section de réfrigération.

La température du 32<sup>ème</sup> plateau (TIC6209) est choisie pour contrôler le débit d'huile chaude du rebouilleur. La charge du rebouilleur de splitter est contrôlé par le débit d'huile chaude FIC 6219 dont la point de consigne varie selon le contrôleur de température du plateau sensible (32<sup>ème</sup> plateau) TIC6209. Chaque splitter est équipé de deux pompes de reflux dont l'une est en service et l'autre en stand-by. Le taux de reflux est contrôlé par FIC 6205 pour le splitter A et FIC6206 pour le splitter B [2].

### **I. 5. Boucle d'huile de chauffe**

L'huile chaude circulant à débit constant à travers les deux fours est réchauffée à une température de 190°C pour être répartis sur les trois rebouilleurs 405/6224 A/B et 405/6126. Le débit de chacun est contrôlé par des FIC qui fonctionnent en cascade selon la température de fond de chaque colonne de séparation.

Les FIC-6216 ou FIC-6217 installés à la sortie de chaque four contrôlent le débit d'huile suivant les besoins thermiques exigés par les rebouilleurs. Un filtre est installé à l'aspiration des pompes de circulation d'huile chaude et le bouchage est détecté par l'indicateur de pression différentielle PDI 635I pour le nettoyage.

La boucle d'huile de chauffe se compose de :

#### **o Ballon d'expansion d'huile chaude**

Le circuit d'huile chaude est en boucle fermée. Le ballon d'expansion est installé dans le système en considérant l'expansion d'huile chaude par la température. Le volume d'huile de chauffe se dilate à la température de service.

Le gaz inerte alimenté au ballon d'expansion d'huile chaude par PIC6351 maintient également la pression de service (50 kPa) en injectant le gaz inerte pour la pressurisation par commande de partage.

Le ballon 410/6211 est équipé d'une soupape de sureté PSV qui est tarée à une pression de 1.6 kg/cm<sup>2</sup> afin d'éviter toute surpression du ballon.

Un détecteur de gaz LEL6503 B est prévu au point de décharge de gaz à l'atmosphère qui est destiné à détecter le gaz inflammable issu des tubes des rebouilleurs endommagés.

Une vanne d'arrêt de commande à distance HV 6401 permet d'actionner le système d'arrêt d'urgence pour arrêter l'alimentation d'huile vers les pompes en cas d'urgence.

#### o Pompe de circulation d'huile chaude

Il existe deux pompes de circulation d'huile chaude 425/6215D et 425/6215E de fabrication EBARA. Une seule pompe est mise en service pour véhiculer l'huile chaude vers les deux fours tandis que l'autre est en stand-by. Le débit nominal de chaque pompe est de 1200 m<sup>3</sup>/h et 957000 kg/h à la température de service.

#### o Four d'huile chaude

Le complexe GP2Z dispose de deux fours 401/6201 C et D dont les capacités nominales sont respectivement 900.000 kg/h et 957.000 kg/h. Ils peuvent être mis en marche en parallèle, à la sortie de chaque four, le débit d'huile chaude est contrôlé par les vannes de contrôle (FV 6216) et (FV6217).

Si le débit d'huile de chaque four détecté par les FIC 6216 ou FIC 6217 descend au-dessous de 100.000kg/h, le four est déclenché par le système ESD en fermant la vanne d'alimentation de gaz des brûleurs afin d'éviter un surchauffe des tubes.

La ligne de recyclage de débit minimum pour les deux pompes de circulation est utilisée uniquement pour le démarrage de la boucle d'huile. Le débit de calcul de l'orifice RO-6401 est de 400 m<sup>3</sup>/h [2].

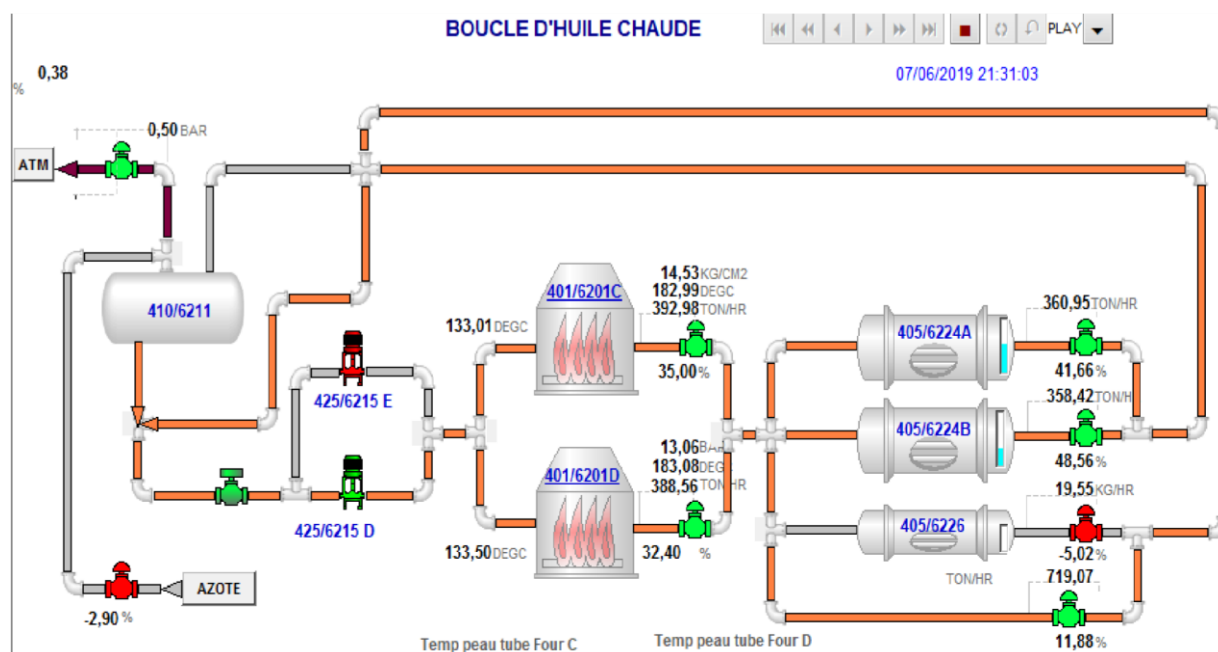


Figure I.5 : Schéma de la boucle d'huile chaude

**Chapitre II :**  
**Transfert de chaleur et**  
**fours**

## II. Rappels sur le transfert de chaleur

### II.1. Introduction

Le transfert de chaleur est une science étudie les différents processus de transmission de chaleur et liée intimement a la thermodynamique, pour construire un appareil équipement de processus.

Les problèmes de transfert de chaleur interviennent presque dans toutes les installations chimiques et de raffinage, tant à l'échelle industrielle qu'au laboratoire, ce phénomène est utilisé pour chauffer ou refroidir les matières premières, les produits finis ou les semi- finis et pour la séparation des mélanges d'hydrocarbures et condensation des vapeurs.

En optimisant la vitesse de transfert de chaleur dans les équipements, on peut réduire le coût des installations.

La chaleur est une forme d'énergie échangée entre deux corps, s'effectue sous forme mécanique microscopique, correspondant au degré d'agitation des molécules, ainsi lorsqu'un corps reçoit de la chaleur, l'agitation de ses molécules a tendance à s'intensifier, ce qui se traduit la plupart du temps par son augmentation de température.

Lorsqu'il existe entre deux corps ou parties d'un corps, une différence de température, il y a tendance à l'égalisation des températures par échange de chaleur, les mécanismes de transfert de chaleur sont complexes, on se contentera de donner ici quelques idées simples à propos des trois modes de transmission habituellement bien différenciés soient très imbriqués dans la plupart des cas [2].

### II.2. Modes de transmissions de chaleur

On distingue trois modes de transfert thermiques : la conduction thermique (ou diffusion thermique), la convection thermique et le rayonnement.

#### II.2.1. Conduction thermique :

L'énergie microscopique due à l'agitation moléculaire est transférée d'une région à une autre sous l'effet d'une différence de température, c'est-à-dire quand l'énergie moyenne d'agitation des molécules n'est pas la même en différents endroits du corps.

Dans les fluides, la conduction thermique résulte des chocs entre les molécules « rapides » qui viennent des régions chaudes et les molécules « lentes » des régions froides ; il y a un transfert d'énergie cinétique des plus rapides aux plus lentes. Dans les solides, le transfert thermique par

déplacement des molécules n'existe pas car leur seul mouvement possible est une vibration autour de leurs positions d'équilibre ; c'est en fait cette énergie vibrationnelle qui est transportée le long du réseau cristallin.

Dans tous les cas, il y a un transfert d'énergie des régions chaudes vers les régions froides sans aucun mouvement macroscopique de matière.

### **II.2.2. Convection thermique :**

Elle apparaît uniquement dans les fluides où il peut y avoir un transport macroscopique de matière dû aux différences de densités engendrées par des différences trop importantes de températures. On peut par exemple l'observer avec de l'eau chauffée dans une casserole : lorsque la différence de température entre le fond et la surface libre du liquide devient trop importante, le liquide du fond, plus chaud, se dilate et sa masse volumique devient plus petite ; il remonte alors vers la surface vers les zones moins chaudes. Il cède alors de la chaleur en se refroidissant au fur et à mesure et se contracte. Sa masse volumique diminue et il finit par redescendre.

### **II.2.3. Rayonnement thermique :**

C'est le troisième mode de transfert thermique et il est entièrement de nature électromagnétique. Tout corps peut absorber une partie du rayonnement électromagnétique ambiant (ce sont les atomes et les molécules qui absorbent les photons). Inversement, tout corps émet continuellement un rayonnement : sous l'effet de l'agitation thermique les atomes ou molécules entrent constamment en collision les uns avec les autres et une partie de l'énergie reçue lors d'une collision est rendue par émission de rayonnement électromagnétique (désexcitation des atomes ou molécules qui reviennent dans leur état fondamental) [3].

## **II.3. Définition des fours tubulaires**

Les fours constituant un équipement clef pour l'industrie de raffinage et de la chimie de pétrole et doivent, grâce à leur conception, répondre aux exigences nombreuses émissent par les utilisateurs comportant essentiellement une charge thermique déterminée, un rendement thermique minimum, un bon facteur de marche et une flexibilité d'opération satisfaisant avec le souci de respecter les impératifs de sécurité. Ces appareils élaborés doivent être conçus également en fonction de l'accroissement progressif de taille et d'une supervision confiée de plus en plus l'instrumentation automatique qui caractérise l'évolution technique de cette industrie de masse [3].

Dans la plupart des unités de raffinage ou de pétrochimie l'apport de l'énergie thermique requise par le procédé se fait par l'intermédiaire de fours à chauffage direct dans lesquels l'énergie



produite par la combustion est transmise directement au fluide à réchauffer qui circule dans un serpentin tubulaire ou un faisceau de tubes. Cela justifie l'appellation four tubulaire généralement donnée à ce type d'appareil.

Selon l'effet de l'apport de chaleur au fluide de procédé, on peut distinguer :

✚ **Les fours de réchauffage de fluide sans changement d'état physique** dans lesquels la charge liquide ou vapeur ne reçoivent que de la chaleur sensible.

C'est le cas par exemple :

Des fours des unités de reformage catalytique ou d'hydrotraitement de coupe de tête de distillation du pétrole brut dans lesquels la charge déjà vaporisée à l'entrée du four est portée à la température nécessaire au déroulement des réactions chimiques sur les lits de catalyseur

Des fours "à huile chaude" (encore appelés chaudières) où un liquide caloporteur reçoit l'énergie thermique qu'il cède ensuite dans des réchauffeurs

Des surchauffeurs de vapeur indépendants des fours de vapocraquage quand la vapeur produite dans les échangeurs de ligne de transfert n'est pas surchauffée dans la zone de convection

✚ **Les fours de réchauffage de liquide avec vaporisation partielle** : que l'on rencontre en particulier dans les unités de distillation four de distillation atmosphérique ou sousvide de pétrole brut, four de rebouillage. Dans ces fours, la charge reçoit de la chaleur latente pour atteindre le degré de vaporisation requis.

✚ **Les fours de réchauffage de fluide avec réaction chimique** : Le faisceau tubulaire du four peut alors être assimilé à un véritable réacteur chimique.

On rencontre ce type de four dans les unités de craquage thermique :

- ❖ craquage thermique de distillats
- ❖ viscoréduction de résidus
- ❖ vapocraquage (fabrication d'éthylène)
- ❖ reformage à la vapeur (fabrication d'hydrogène). Dans ce dernier cas un catalyseur est déposé à l'intérieur même des tubes du faisceau.

## II.4. Description des fours du complexe GP2Z

Le four de type tubulaire vertical est constitué d'une enveloppe métallique de forme cylindrique. Il comporte une zone dite « zone de radiation » où les tubes sont directement exposés à la flamme. La chaleur est principalement échangée par radiation des produits de la combustion.

La zone de convection est installée à la sortie des fumées de la chambre de combustion ; et l'enveloppe métallique du four doit être suffisamment renforcée pour résister aux actions du vent et supporter l'ensemble du faisceau tubulaire. Elle est constituée d'une ossature en charpente et de tôles boulonnées ou soudées sur cette charpente.

Les parois intérieures de four, particulièrement celles de la chambre de combustion, sont protégées contre les effets de la température par un garnissage réfractaire et isolant.

Le plancher de la zone de combustion constitue la sole du four.

Des portes d'accès à l'intérieur du four sont aussi ménagées dans les parois, ces regards et ces portes doivent être hermétiquement clos lorsque le four est en service

Les fumées quittent le four par l'intermédiaire d'une cheminée de forme cylindrique, son rôle est de conduire les fumées vers l'atmosphère à une hauteur telle qu'elle ne risque pas de gêner le voisinage.

Dans la cheminée, se trouve souvent un registre en acier résistant à la température des fumées qui permet de régler le tirage,

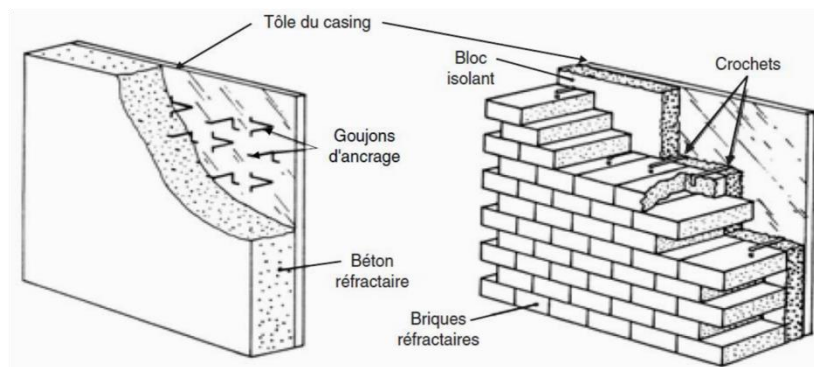
### II.4.1. Tubes et accessoires de four GP2/Z

#### 1°) Matériaux réfractaires et isolants

Les produits réfractaires sont, par définition des produits résistants aux températures élevées, ils constituent le revêtement interne des fours

Cette résistance « au feu » n'est pas cependant, la seule qualité demandée à un réfractaire, il est en effet soumis, en service, à des exigences diverses autre que thermique, contrainte mécanique, corrosion, etc.

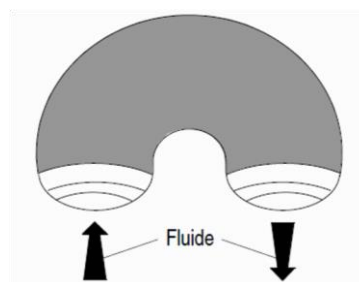
Les schémas ci-dessous montrent des exemples d'ancrage au casing de béton et briques réfractaires.



**Figure II.1 : Matériaux réfractaire (béton et brique)**

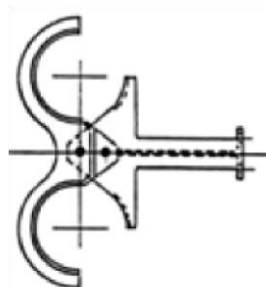
## 2°) Faisceau tubulaire

Le faisceau est constitué de tubes en acier parallèles reliés entre eux par des coudes à 180° soudés :



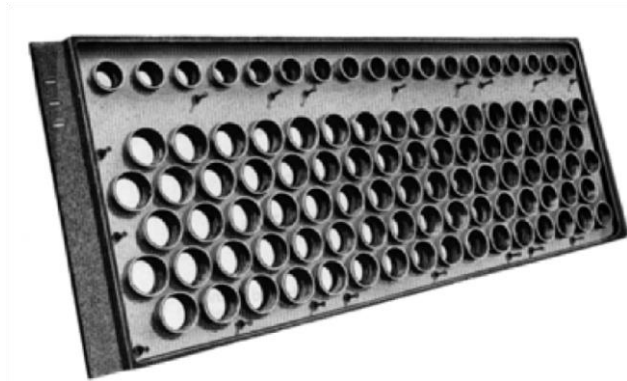
**Figure II.2 : Coude à 180°**

✚ **En zone de radiation** : les tubes disposés verticalement, les épingles supportées par leur extrémité supérieure sont simplement guidés pour conserver une libre dilatation. Le schémas ci-dessous présentent supports ou de guides de tubes en zone de radiation.



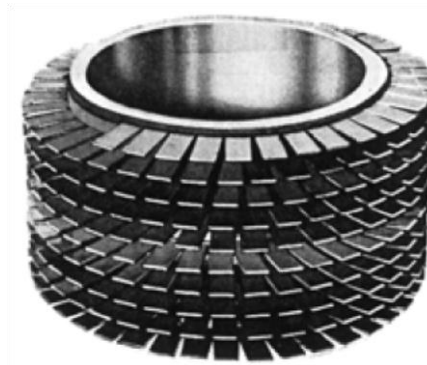
**Figure II.3 : Guide de tube vertical**

- ✚ **En zone de convection** : les tubes sont disposés horizontalement. Leur supportage est assuré par des plaques



**Figure II. 4** : Disposition des tubes

Ces tubes de la zone de convection sont ailetés ce qui augmente leur surface extérieure et améliore le transfert de chaleur. Usuellement la surface extérieure est multipliée par un facteur allant de 2,5 à 4 par rapport à celle du tube nu.



**Figure II.5** : Tube aileté

#### **II.4.2. Caractéristiques techniques des fours**

Les fours 401/6201C/D fournissent la chaleur nécessaire au rebouillage des fonds de colonnes au niveau des rebouilleurs 405/6224A/B. Ces fours sont conçus pour réchauffer la TORADA.TC utilisée comme fluide caloporteur pour les rebouilleurs des colonnes de séparation.

La TORADA.TC rentre en zone de convection pour être préchauffée par la chaleur des fumées montantes puis chauffée à la température requise au niveau des faisceaux de la zone de radiation.

La chaleur est fournie par les brûleurs utilisant un mélange de vapeur de propane non condensées récupérer de la section Boil off et de gaz naturel.

L'air de combustion est induit par tirage naturel et les fumées sont évacuées par tirage de la cheminée.

Les fours sont équipés des pilotes et des brûleurs, d'un ensemble de vannes manuelles, d'électrovannes, d'instruments de contrôle, de mesure et de sécurité.

**Tableau II.1** : Caractéristiques techniques des fours 401/6201/C/D (Annexe 4).

	Four 401/6201C		Four 401/6201D	
	Convection	Radiation	Convection	Radiation
Nombre de tube	36	72	36	84
Nombre de passe	6	6	6	6
Diamètre des tubes (pousse)	5	6	6	6
Nombre de pilot	10		12	
Nombre de brûleur	10		12	

Cette figure montre les deux fours 401 /6201 C/D de complexe GP2/Z.



**Figure II.6** : Les fours C et D de la boucle d'huile.

### **Circuit du fluide caloporteur**

Le circuit du fluide caloporteur TORADA TC se fait en boucle fermée. A partir du ballon tampon, le 410/6211, la TORADA TC est pompée vers les fours par l'une des pompes de circulation 425/6215/D/E.

La température à la sortie des deux fours est contrôlée à l'aide d'une vanne automatique de contrôle de débit du fuel gaz de combustion. Le débit du fluide caloporteur à travers le four est contrôlé à l'aide des vannes de débits FIC 6219 et FIC 6220 situées respectivement à la sortie du rebouilleur 405/6224/A de la colonne A et à la sortie du rebouilleur 405/6224/B de la colonne B.

LA TORADA TC cède sa chaleur au niveau des rebouilleurs 405/6224/A/B puis retourne au ballon tampon 410/6211.

Les Caractéristiques techniques et physico-chimiques d'huile TORADA TC se trouve dans l'annexe 1.

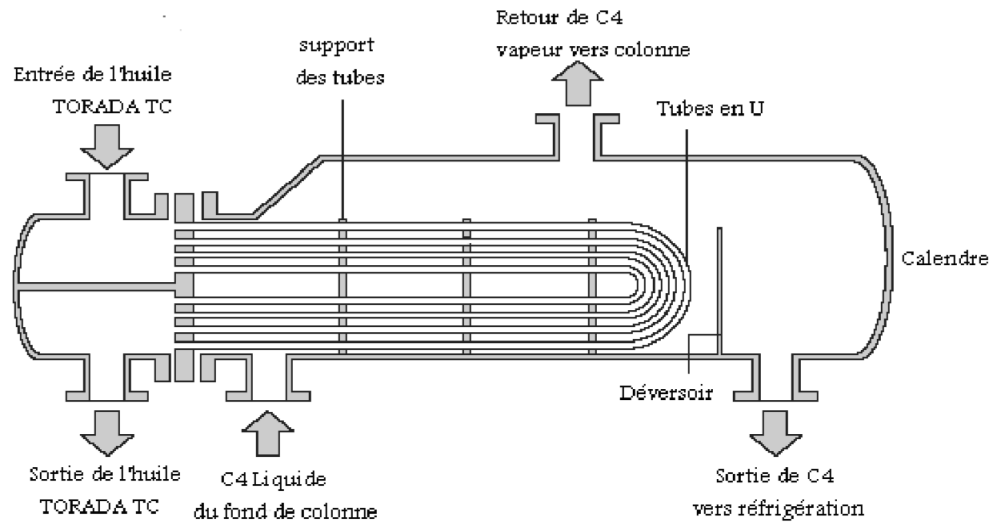
### **Rebouilleur de fond de colonne**

Le rebouilleur 405/6224 est un échangeur de type KETTLE ou type AKU selon les normes TEMA (standard of tubular exchangers manufactures association). Cet appareil s'impose pratiquement dès que la fraction vaporisée est de l'ordre de 40 à 50%. Il réalise un équilibre liquide-vapeur et fractionne l'alimentation en une vapeur plus riche en constituants volatiles et un liquide plus riche en constituants les moins volatiles.

Le liquide à vaporisé vient baigner le faisceau tubulaire à l'intérieur du quel circule le fluide chaud. Un déversoir où maintient le niveau liquide juste au-dessus du faisceau.

La calandre présente un diamètre nettement supérieur à celui du faisceau. Ce qui aménage une zone de désengagement de la vapeur et permet d'éviter les entraînements de liquide. La phase liquide en équilibre avec la vapeur générée est soutirée sous contrôle de niveau et la vapeur produite sort par les tubulaires situées à la partie supérieure de la colonne.

La figure II.7 montre le rebouilleur de type KETTLE utilisé :



**Figure II.7 :** Rebouilleur de type KETT

### ✚ Sécurité du four

Les sécurités mises en place pour le déclenchement du four sont listées comme suit :

L'arrêt général du four peut être causé par :

- ❖ Bouton d'arrêt d'urgence situé 15 mètres du four.
- ❖ Bouton d'arrêt d'urgence situé sur le panneau local.
- ❖ Très basse pression fuel gaz pilotes avec une temporisation de validation de 15 secondes.
- ❖ Shut-down du four à partir du DCS
- ❖ Absence de détection de trois flammes pilotes adjacentes.

L'arrêt des brûleurs peut être causé par :

- ❖ Pression très haute d'arrivée principale du fuel gaz.
- ❖ Pression très basse d'arrivée principale du fuel gaz.
- ❖ Débit très bas de fluide caloporteur.
- ❖ Température très haute sortie de fluide caloporteur du four (250°C).
- ❖ Température peau de tube très haute (égale ou supérieur à 360°C).
- ❖ Perte de flamme principale.

**II.4.3. Anomalies des fours et les causes probables :**

Les anomalies du four et les causes probables sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau II.2.** Anomalie du four et les causes probables

<b>Anomalie</b>	<b>Causes probables</b>
température de la chambre de combustion trop élevée	Chauffe trop importante Encrassement de la zone de convection
Léchage des flammes	Gaz combustible trop riche en lourds
Pulsation des flammes	Manque d'air
Température de fumées trop haute à la sortie de la convection	Faisceaux encrassés
Chambre de combustion sous pression	Chauffe trop importante Convection encrassée Défaut de registre des fumées Excès d'air trop important
Température de sortie du fluide caloporteur trop haute	Chauffe trop importante Débit trop bas (Torada TC)
Ecart de températures peaux de tubes important	Cockage différent sur chaque passe Mauvaise répartition du débit Contact de flamme sur certains tubes Défaut de thermocouple de peau



# Problématique

La nécessité d'assurer la production en permanence des deux produits C3 et C4 commerciaux est devenue très importante sur le plan économique au niveau du complexe GP2Z.

La charge traitée actuellement est de l'ordre de 175 t/h de GPL (1,4MT/an) avec une composition des produits finis en (97% Propane et 96% Butane).

Notre travail consiste à vérifier si la capacité actuelle du chaque four (401/6201C/D) du circuit d'huile chaude TORADA TC peut assurer le chauffage des deux splitter; ainsi que l'optimisation de débit de la charge à traiter en fonction de la quantité de chaleur assurée par chaque four en respectant toujours la qualité des produits finis (butane et propane commerciaux).

**Chapitre III :**  
**Calcul thermique du fours**  
**C et D**

### III. Calcul thermique du fours C et D

#### III.1. Introduction

Le Système d'huile chaude fournit la source de chaleur pour deux (02) rebouilleurs des Splitter A/B dans la section de séparation.

L'huile chaude (TORADA-TC) est employée comme milieu de chauffage (caloporteur) et chauffée par le four (réchauffeur d'huile chaude), et chauffe les rebouilleurs.

Les composants principaux du système d'huile chaude sont : ballon d'expansion d'huile chaude (410/6211), 02 Pompes de circulation d'huile chaude (425/6215D/E), le Filtre d'huile chaude (440/6204) et 02 Fours d'huile chaude (401/6201C/D).

**Tableau III.1** : Paramètres et conditions de service des fours (cas design) (Annexe 2)

		<b>Four C</b>	<b>Four D</b>
<b>Fluide</b>		Huile TORADA TC	Huile TORADA TC
<b>Débit (Max)</b>	kg/h	900	861
<b>Perte de pression</b>	MPa	0,3	0,3
<b>Perte de pression calculée</b>	MPa	0,28	0,26
<b>Densité flux chaleur moyenne calculée</b>	Kcal/h.m <sup>2</sup>	32.355	31.986
<b>Température maximum de film interne</b>	°C	300	300
<b>Facteur d'encrassement</b>	m <sup>2</sup> °C/W	0,0002	0,000215
<b>Rendement (design)</b>	%	86	85,5
<b>PCI (design)</b>	Kcal/kg	11106	11407,1
<b>Débit fuel gaz</b>	Kg/h	2800	2900

**Tableau III.2.** Caractéristique de fluide caloporteur huile TORADA TC (cas design)

		Four 401/6201C		Four 401/6201D	
		Condition entrée	Condition sortie	Condition entrée	Condition sortie
<b>Température</b>	°C	120	175	132	190
<b>Pression</b>	MPa	1,4	1,12	1,4	1,14
<b>Masse volumique</b>	Kg/m <sup>3</sup>	807	773	800	764
<b>Viscosité cinématique</b>	cSt	4,2	1,9	3,5	1,6
<b>Chaleur spécifique</b>	Kj/kg	0,54	0,59	0,55	0,60
<b>Conductivité thermique</b>	Kcal/hm°C	0,1078	0,1045	0,1071	0,1036
<b>Chaleur spécifique moy</b>	Kcal/kg°C	0,565		0,575	

$$1 \text{ cSt} = 10^{-2} \text{ St} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

### III.2. Quantité de chaleur absorbée par la charge

#### Rendement d'un four

La notion de rendement d'un four apparaît par le fait que le débit de chaleur libérée aux brûleurs par la combustion n'est pas intégralement transmis au fluide procédé. On constate en effet des pertes thermiques qui ont essentiellement deux origines :

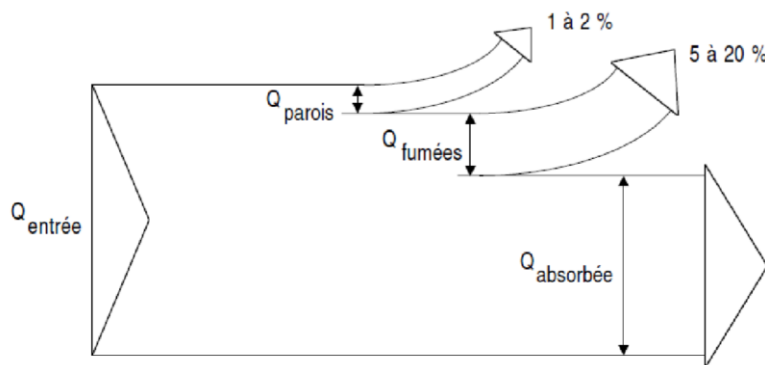
- ❖ les pertes par les parois du four ( $Q_{\text{parois}}$ ) sont dues aux imperfections de l'isolation thermique par les matériaux réfractaires. Dans le cas des fours récents de grande puissance thermique elles représentent 1 à 2 % de chaleur libérée aux brûleurs ( $Q_{\text{entrée}}$ ). Elles peuvent être beaucoup plus importantes dans le cas de fours anciens dont le réfractaire est défectueux.

- ❖ les pertes par les fumées ( $Q_{\text{fumées}}$ ) qui évacuent à l'atmosphère un débit de chaleur relativement important représentant en général entre 5 et 20 % de celui qui est libéré aux brûleurs.

Le bilan thermique du four s'exprime :

$$Q_{\text{entrée}} = Q_{\text{absorbée}} + Q_{\text{fumées}} + Q_{\text{parois}} \dots\dots\dots (III .1)$$

Le diagramme ci-dessous donne une représentation graphique du bilan thermique.



Le rendement d'un four  $\eta$  est défini comme le rapport du débit de chaleur absorbé par le fluide procédé au débit de chaleur fourni au four par la combustion ( $Q_{\text{entrée}}$ ).

$$\eta = \frac{Q_{\text{Absorbée}}}{Q_{\text{Libérée}}} \dots\dots\dots (III.2)$$

$Q_{\text{absorbée}}$  : Quantité de chaleur absorbée (Kcal/h)

$Q_{\text{Libérée}}$  : Quantité de chaleur libérée (Kcal/h) =  $Q_{\text{entrée}}$

En utilisant le bilan thermique du four, le débit de chaleur absorbée peut encore s'exprimer :

$$Q_{\text{absorbée}} = Q_{\text{entrée}} - Q_{\text{fumées}} - Q_{\text{parois}} \dots\dots\dots (III.3)$$

Tel que Q est la quantité de chaleur en (Kcal/h).

L'expression du rendement devient :

$$\eta = \frac{Q_{Entrée} - Q_{Fumée} - Q_{Paroi}}{Q_{Entrée}} * 100 \quad \dots\dots\dots (III.4)$$

Soit encore :

$$\eta = 100 \% - \% \text{ pertes fumées} - \% \text{ pertes parois}$$

### III.3. Vérification du rendement des fours

#### o Vérification du rendement des fours (Cas design)

On utilise la formule (III.2) tel que :

$$Q_{Abs} = m * C_{P\ moy} * (T_S - T_E) \quad \dots\dots\dots (III.5)$$

- ✓ m : Débit massique de l'huile TORADA TC dans le four (Kg/h)
- ✓  $C_{p\ moy}$  : Chaleur spécifique de l'huile TORADA TC dans le four (Kcal/kg °C)
- ✓  $T_S$  : Température de l'huile TORADA TC à la sortie de four (°C)
- ✓  $T_E$  : Température de l'huile TORADA TC à l'entrée de four (°C)

$$Q_L = D_{FG} * PCI \quad \dots\dots\dots (III.6)$$

- ✓ PCI : Pouvoir calorifique inférieur du fuel gaz (kcal/kg) (Voir annexe 1)
- ✓  $D_{FG}$  : Débit du fuel gaz (max) (Kg/h)

Les calculs concernant le cas de design sont résumés sur le tableau suivant :

**Tableaux III.3.** Récapitulatif des calculs design

	<b>Four 401/6201C</b>	<b>Four 401/6201D</b>
<b>Q<sub>abs</sub> (Mcal/h)</b>	27,72	28,26
<b>Q<sub>L</sub> (Mcal/h)</b>	32,24	33,1
<b>η (%)</b>	85,98	85,40

Les rendements calculés correspondent parfaitement à ceux des designs présentés dans le tableau III.1

o Vérification du rendement des fours (Cas actuel)

**Tableau III.4.** Paramètres et conditions de service des fours (cas actuel)

		<b>Four C</b>	<b>Four D</b>
<b>Fluide</b>		Huile TORADA TC	Huile TORADA TC
<b>Débit</b>	kg/h	335	340
<b>Pression relative entrée</b>	barG	15,16	15,27
<b>Pression relative sortie</b>	barG	13,34	13,45
<b>Température entrée prélevée</b>	C°	134	134
<b>Température sortie prélevée</b>	C°	183	183
<b>Chaleur spécifique moyenne</b>	Kcal/kg.C°	0,5625	0,5625
<b>Débit fuel gaz prélevé</b>	Kg/h	1049	1022

Ce tableau représente les paramètres et les conditions de service des deux fours ; ces paramètres sont donnés pour le bon fonctionnement de four et pour éviter la dégradation d'huile ; cette dernière cause citée influence sur la qualité de séparation.

**Remarque :** barg est l'unité de mesure de la pression relative il est important lors de la prise de mesures en présence de la pression atmosphérique tandis que bar est utile lors de la prise de mesures sous vide on utilisons pour mesurer la pression absolue

Pression absolue = pression relative + pression atmosphérique

**- Les Compositions du combustible :****Tableau III.5 :** Composition du combustible d'alimentation du four [7]

COMPOSTION	y <sub>i</sub> %(mol)	PM (kg/kmole)	y <sub>i</sub> *PM	W <sub>i</sub> %(mass)	PCI (kcal/kg)	W <sub>i</sub> *PCI(cal)
CH <sub>4</sub>	45,739	16	731,82	0,26	11960	3054,31
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	16,311	30	489,33	0,17	11355	1938,94
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	33,7525	44	1485,11	0,52	11080	5742,13
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,4365	58	25,32	0,01	10910	96,39
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,784	58	45,47	0,02	10940	173,59
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0	72	0,00	0,00	10820	0,00
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0	72	0,00	0,00	10840	0,00
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0	86	0,00	0,00	10900	0,00
N <sub>2</sub>	2,6485	28	74,16	0,03	-	0,00
CO <sub>2</sub>	0,3285	44	14,45	0,01	-	0,00
	100		2865,67	1,00		11005,35

Ce tableau représente les compositions du combustible d'alimentation du four qu'est composée de gaz provenant de la section boil-off du propane et de gaz naturel avec ses fractions molaires et massiques et de pouvoir calorifique inférieure, la masse molaire de chacune de compositions se sont 5copiées de laboratoire du complexe GP2/Z à partir d'analyses effectuées sur le combustible

**PCI = 11005,35 Kcal /Kg**

**- Calcul du rendement actuel****Tableaux III.6.** Récapitulatif du calcul actuel

	Four 401/6201C	Four 401/6201D
<b>Q<sub>abs</sub> (Mcal/h)</b>	9.230	9.370
<b>Q<sub>L</sub> (Mcal/h)</b>	11,54	11,24
<b>η (%)</b>	80,00	83,36



Ce tableau représente le rendement actuel à partir des quantités de chaleur fournies par les deux fours dans le cas de la charge minimum.

- **Quantité de chaleur maximale fournie par les deux fours :**

**Tableaux III.7.** Récapitulatif des calculs de chaleur fournie (max)

		<b>Four C</b>	<b>Four D</b>
<b>Débit fuel gaz (max)</b>	Kg/h	2800	2900
<b>PCI</b>	Kcal /Kg	11005,35	11005,35
<b>Q<sub>L</sub> (max)</b>	Mcal/h	30,81	31,92
<b>η</b>	(%)	80,00	83,36
<b>Q<sub>abs</sub> (max)</b>	Mcal/h	24,648	26,60

Ce tableau représente la quantité de chaleur fournie par les deux fours dans le cas de la charge maximum à 100% du traitement

- **Quantité de chaleur absorbée par la charge (cas 100% du traitement)**

**Tableau III.8.** Paramètres et conditions de service des rebouilleurs en charge maximale

	<b>Rebouilleur A</b>	<b>Rebouilleur B</b>
<b>Débit Kg/H</b>	362	355
<b>Température entrée C°</b>	180	181
<b>Température sortie C°</b>	130	131
<b>C<sub>p</sub> Kcal/kg.C°</b>	0.5625	0.5625

*Quantité de chaleur de rebouilleur :  $Q_{reb} = m * C_{p\ moy} * (T_S - T_E)$*

$$Q_{reb\ A} = 362 * 50 * 0.5625 = 10.181 \text{ Mcal/h.}$$

$$Q_{reb\ B} = 355 * 50 * 0.5625 = 9.984 \text{ Mcal/h.}$$

Pour assurer la chauffe des deux splitter A et B on doit fournir une quantité de chaleur :

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{rebA}} + Q_{\text{rebB}} = \mathbf{20.165 \text{ Mcal/h.}}$$

En comparant entre les deux quantités de chaleur calculées des fours C et D respectivement (24.648 Mcal/h et 26.60 Mcal/h) et celle requise du rebouilleur, on trouve qu'elles sont nettement supérieures et par suite on peut suggérer qu'un seul four peut répondre individuellement à son besoin.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Rappelons que l'objectif assigné à notre travail était de rechercher les charges optimales des splitters au niveau du complexe GP2/Z, correspondant à l'énergie fournie par chaque Four.

Pour mener à bien notre optimisation, nous avons :

- Assimilé le fonctionnement de la zone de procédé concernée (zone de séparation) ;
- Faire un suivi des paramètres exploitation, (Splitters407/6201A/Fours 401/6201C/D).
- Effectuer des calculs manuels du rendement des deux fours, et vérifier de leur flexibilité.

Nous avons montré dans notre étude que les fours D et C couvrent le réchauffage pour le traitement actuel des deux rebouilleurs.

Que pour assurer la chauffe des deux splitter A et B, on doit fournir une quantité de chaleur :

$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{rebA}} + Q_{\text{rebB}} = 20.165 \text{ Mcal/h}$ , sachant que les deux quantités de chaleur absorbées calculées des fours C et D (24.648 Mcal/h et 26.60 Mcal/h) respectivement, nous montrent qu'elles sont nettement supérieures à celle du rebouilleur citée ci-dessus. Et par suite on peut suggérer qu'un seul four peut répondre individuellement à son besoin.

# **Recommendations**

## Recommandations

Le but du complexe GP2Z est de garantir une meilleure qualité des produits finis C3 97% et C4 95% et un maximum de production (augmentation de la charge à traiter).

Les équipements industriels sont soumis à des changements continuels des conditions opératoires qui nécessitent une adaptation de la part des exploitants afin de fournir des produits répondant aux normes internationales.

Nous recommandons :

- ✚ De nettoyer la boucle d'huile de chauffage, le four et les rebouilleurs qui permettront d'augmenter la quantité de chaleur absorbée.
- ✚ D'envisager une étude technico-économique avec l'installation d'un nouvel échangeur, pour le préchauffage de l'air de combustion avec les gaz chaud émis par les turbines qui permettront l'augmenter le rendement des fours et réduire la consommation de fuel gaz.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- [1] : Manuel d'exploitation, section de séparation, projet de sécurisation et de fiabilisation du complexe GP2/Z, activité AVAL, Sonatrach 2007.
- [2] : P.WITHIER, raffinage et génie chimique, TOMI et TOMII, édition technipe 1972
- [3] : MATÉRIEL THERMIQUE, condition de fonctionnement et construction des fours tubulaires, 2005 ENSPM Formation Industrie - IFP Training
- [4] : Situation du complexe GP2.Z tech2.Z suite au projet de sécurisation fiabilisation, direction technique, complexeGP2.Z, activité aval, Sonatrach, 2009.
- [5] : Service planification
- [6] : S. Belbari, Réduction des Gaz torchés GP2/Z, Dpt Technique, Service Etudes
- [7] : analyse de laboratoire GP2/Z, Dpt Technique.



# **Les Annexes**

**Approuvé**  
*(Approved Issue)*


**ML (A)**

14-Jul-06	2
30-Jun-06	1
30-May-06	0

SONATRACH	3
環プPア	1
環プE部	
環プ設(架構)	
環プ電計(計装)	1
環プ電計(電気)	

PM	EM
<i>K. Sawa</i>	<i>M. Okumura</i>

Equip. Eng'g Dept. (IPEC)	
<i>D. Umeda</i>	-

土建部	2	18-Jul-06	Approved Issue	<i>I. A. / S. Tsutaki</i>	<i>K. Sawa</i>	<i>M. Okumura</i>
環プ調	1	1	6-Jun-06	For Approval	S. Tsutaki	K. Sawa N. Okumura
環プ調品	0	0	23-May-06	For Inquiry	S. Tsutaki / K. Sawa	- N. Okumura
環プ理予		NO.	DATE	DESCRIPTION	PREPED / CHECKED	CHECKED APPROVED
環プ建		<b>CAUTION</b> THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD. (IH). THE DOCUMENT ALWAYS REQUIRES PRIOR WRITTEN CONSENT OF IH FOR: (1) ITS REPRODUCTION BY ANY MEANS. (2) ITS DISCLOSURE TO A THIRD PARTY, OR (3) ITS USE FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE FOR WHICH IT IS SUPPLIED.		 <b>SONATRACH-Activité AVAL -Complexe GP2.Z</b> Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z  Fired Heater Data Sheet for 401/6201D		
IPEC 配管		IHI Engineering Dept. Environment & Plant				
IPEC 機器	1					
IPI						
控	1					
合計	8	JOB NO. <b>5011-112</b>				
配布先		DRAWING NO. <b>B0200-2502</b>				
発行元		REV. <b>2</b>				
環プE部		TEL <b>+81-3-6204-7612</b>				

## DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (2/9)

1 CUSTOMER	SONATRACH	ITEM NO.	401/6201D
2 LOCATION	Arzew Industrial Area, Algeria (Sea Front)		
3 SERVICE	Four d'Huile Chaude D (Hot Oil Heater D)		
4 NUMBER REQUIRED	1 Unit		
5 TOTAL DUTY PER HEATER			
6 TYPE	VERTICAL CYLINDRICAL		
7 MANUFACTURE			
8 CASE	GOVERNING CASE (100% NORMAL OPERATION (Winter))		

### PROCESS DESIGN CONDITIONS

10 HEATER SECTION	-	Radiation/Convection	
11 SERVICE		Hot Oil Heating	
12 HEAT ABSORPTION	GJ/h	130 (*1)	
13 FLUID		TORADA-TC Oil (*2)	
14 FLOW RATE (Maximum)	kg/h	861,000	
15 FLOW RATE, BPD	BPD		
16 PRESSURE DROP (ALLOWABLE)	MPa	0.3	
17 PRESSURE DROP (CALCULATED)	MPa	0.26	
18 AVERAGE FLUX DENSITY (ALLOWABLE)	kW/m <sup>2</sup>		
19 AVERAGE FLUX DENSITY (CALCULATED)	kW/m <sup>2</sup>	37.2	
20 MAXIMUM FLUX DENSITY	kW/m <sup>2</sup>		
21 VELOCITY LIMITATION	m/s	-	
22 MAXIMUM ALLOWABLE INSIDE FILM TEMPERATURE	°C	300	
23 FOULING FACTOR	m <sup>2</sup> °C / W	0.000215	
24 CORROSION OR EROSION CHARACTERISTICS		Organic Sulfur (0.45wt%)	
25			
26 INLET CONDITIONS :			
27 TEMPERATURE	°C	132.0	
28 PRESSURE	MPaG	1.4	
29 LIQUID FLOW	kg/h	861,000	
30 VAPOR FLOW	kg/h	-	
31 LIQUID DENSITY	kg/m <sup>3</sup>	800	
32 VAPOR MOLECULAR WEIGHT	-	-	
33 VISCOSITY (LIQUID/VAPOR)	mN-s/m <sup>2</sup>	2.57	
34 SPECIFIC HEAT (LIQUID/VAPOR)	KJ/Kg-C	2.25	
35 THERMAL CONDUCTIVITY (LIQUID/VAOR)	W/m-C	0.125	
36			
37 OUTLET CONDITIONS :			
38 TEMPERATURE	°C	190.0	
39 PRESSURE	MPaG	1.14	
40 LIQUID FLOW	kg/h	861,000	
41 VAPOR FLOW	kg/h	-	
42 LIQUID DENSITY	kg/m <sup>3</sup>	762	
44 VAPOR MOLECULAR WEIGHT	-	-	
45 VISCOSITY (LIQUID/VAPOR)	mN-s/m <sup>2</sup>	1.16	
46 SPECIFIC HEAT (LIQUID/VAPOR)	KJ/Kg-C	2.51	
47 THERMAL CONDUCTIVITY (LIQUID/VAOR)	W/m-C	0.121	

### Remarks

- 49 1. (\*1) 20-100% (26GJ/h -130GJ/h ) Operation shall be considered.  
 50 2. (\*2) Refer to Sheet-9

**IHI** Engineering Dept.  
 Environment & Plant

JOB NAME:  
 Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z

JOB NO. 5011-112

REV.

DWG NO. B0200-2502

2

# DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (3/9)

## COMBUSTION DESIGN CONDITIONS

1					
2	*TYPE OF FUEL		Natural Gas	Off Gas(Case-1)	Off Gas(Case-2)
3	*EXCESS AIR	%			Off Gas(Case-3)
4	GUARANTEED EFFICIENCY	% (LHV)	84%		
5	CALCULATED EFFICIENCY	% (LHV)	85.5%		
6	RADIATION LOSS	% OF HEAT RELEASE (LHV)	2.5%		
7	FLUE GAS TEMPERATURE (LEAVING RADIANT SECTION)	°C	800		
8	FLUE GAS TEMPERATURE (LEAVING CONVECTION SECTION)	°C	240		
9	FLUE GAS MASS VELOCITY THROUGH CONVECTION SECTION	kg/m <sup>2</sup> -s			
10					
11	DRAFT AT BRIDGE WALL	mmH <sub>2</sub> O	-2		
12	DRAFT AT BURNERS	mmH <sub>2</sub> O	-12		
13	*AMBIENT AIR TEMPERATURE	°C	4 ~ 38		
14	*ALTITUDE (ABOVE SEA LEVEL)	m	10		
15	CALCULATED HEAT RELEASE	J/hr (LHV)	152		
16	VOLUMETRIC HEAT RELEASE	J/hr m <sup>3</sup>			
17					

## FUEL CHARACTERISTICS

18					
19	*TYPE OF FUEL		Natural Gas	Off Gas(Case-1)	Off Gas(Case-2)
20	FLOW RATE	kg/hr (Min./Max.)	(*1)	0 / 1,100(*2)	0 / 1,550(*2)
21	*HEATING VALUE	HHV	45,600	66,200	68,700
22		LHV	41,600	61,100	63,500
23	*SPECIFIC GRAVITY	-	0.67	0.971	1.012
24	*H/C RATIO (by Weight)	-			
25	*TEMPERATURE AT BURNER	°C (Min./Max.)	4/38	4/40	4/40
26	*VISCOSITY@	25 °C	mPa-s	0.011	0.010
27		40 °C	mPa-s	0.011	0.010
28	*FUEL PRESSURE AVAILABLE AT BURNER	MPaG	0.3	0.3	0.3
29	*ATOMIZING STEAM PRESSURE	MPaG	None	None	None
30	*VANADIUM CONTENT (FOR LIQUID FUELS)	ppm	None	None	None
31	*SODIUM CONTENT (FOR LIQUID FUELS)	ppm	None	None	None
32	*SULFUR CONTENT	wt %	None	None	None
33	*GAS MOLECULAR WEIGHT	-	19.40	28.14	29.31
34	COMPOSITION	C1 [mol %]	84.21	24.13	17.34
35		C2 [mol %]	9.07	65.53	70.76
36		C3 [mol %]	3.36	10.34	11.90
37		iC4 [mol %]	0.76	0.00	0.00
38		nC4 [mol %]	0.82	0.00	0.00
39		iC5 [mol %]	0.20	0.00	0.00
40		nC5 [mol %]	0.11	0.00	0.00
41		C6+ [mol %]	0.05	0.00	0.00
42		CO2 [mol %]	0.61	0.00	0.00
43		N2 [mol %]	0.81	0.00	0.00
44			100.00	100.00	100.00

## MECHANICAL DESIGN CONDITIONS

45					
46	GENERAL				
47	*PLOT LIMITATIONS		*STACK LIMITATIONS		
48	*TUBE LIMITATIONS		OTHER LIMITATIONS		
49	*REQUIRED DRAWINGS				
50	*STRUCTURAL DESIGN DATA WIND LOAD		SEISMIC FACTOR		
51	*LIST OF APPLICABLE STANDARDS OR SPECIFICATIONS:				

### Notes

- 53 1. (\*1) Fuel Gas shall be used for short of Off Gas Duty.
- 54 Required flow rate of natural gas and required pressure at burner shall be specified by vender
- 55 2. (\*2) Flow rate of Off Gas changes from Minimum to Maximum Flow Rate.
- 56
- 57



**Engineering Dept.  
Environment & Plant**

JOB NAME:

Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z


JOB NO. 5011-112

REV.

DRAWING NO. B0200-2502

2

## DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (4/9)

1				
2	<b>COIL DESIGN</b>			
3	<b>*HEATER SECTION</b>		Radiant	Convection
4	<b>SERVICE</b>		TORADA	TORADA
5	<b>*DESIGN PRESSURE</b>	MPaG	2	2
6	<b>*DESIGN FLUID TEMPERATURE</b>	°C	250	250
7	<b>*CORROSION ALLOWANCE</b>	mm	1.6	1.6
8	TUBES FITTINGS	mm		
9	<b>HYDROSTATIC TEST PRESSURE</b>	MPaG	Per Code	Per Code
10	<b>NUMBER OF PASSES</b>	-	6	6
11	<b>OVERALL TUBE LENGTH,(m)</b>	m		
12	<b>EFFECTIVE TUBE LENGTH (m)</b>	m	15	7.5
13	<b>BARE TUBES: NUMBER</b>	-	84	36
14	TOTAL EXPOSED SURFACE	m <sup>2</sup>		
15	<b>EXTENDED SURFACE TUBES: NUMBER</b>	-		48
16	TOTAL EXPOSED SURFACE	m <sup>2</sup>		
17	<b>TUBE SPACING, CENTER TO CENTER, (STAGGERED)(IN LINE)</b>	mm	304.8	304.8
18	<b>TUBE CENTER TO FURNACE WALL, MIN.</b>	mm		
19	<b>*STRESS RELIEF</b>		No	No
20	<b>*WELD INSPECTION REQUIREMENTS, X-RAY OR OTHER</b>		100%	100%
21				
22	<b>TUBES</b>			
23	<b>*VERTICAL OR HORIZONTAL</b>		Vertical	Horizontal
24	<b>*TUBE MATERIAL(ASTM SPECIFICATION AND GRADE)(JIS)</b>		C.S.	C.S.
25	<b>OUTSIDE DIAMETER</b>	mm	168.3	168.3
26	<b>WALL THICKNESS</b>	mm	7.1	7.1
27	MINIMUM/ AVERAGE			
28	<b>MAXIMUM TUBE WALL TEMPERATURE (CALCULATED)</b>	°C		
29	<b>INSIDE FILM COEFFICIENT(CALCULATED)</b>			
30	<b>MAXIMUM TUBE WALL TEMPERATURE (DESIGN)</b>	°C	400	400
31	<b>DESIGN BASIS FOR TUBE WALL THICKNESS</b>		API 530	API 530
32	<b>DESCRIPTION OF EXTENDED SURFACE:</b>			
33	<b>TYPE</b>			Fin
34	<b>FIN OR STUD MATERIAL</b>			CS
35	<b>FIN OR STUD DIMENSION</b>			1.3t x 30H
36	<b>FIN OR STUD SPACING</b>			5 fins/25.4mm
37	<b>MAXIMUM FIN OR STUD TEMPERATURE</b>			
38	<b>EXTENDED RATIO</b>			
39				
40	<b>PLUG-TYPE HEADERS</b>			
41	<b>MANUFACTURER AND TYPE</b>		NA	NA
42	<b>*MATERIAL(ASTM SPECIFICATION AND GRADE)(JIS)</b>			
43	<b>NOMINAL RATING</b>			
44	<b>*LOCATION</b>			
45	<b>*WELDED OR ROLLED</b>			
46				
47	<b>RETURN BENDS</b>			
48	<b>MANUFACTURER AND TYPE</b>		U-bend	U-bend
49	<b>*MATERIAL(ASTM SPECIFICATION AND GRADE)(JIS)</b>		CS	CS
50	<b>NOMINAL RATING OR SCHEDULE</b>		sch40	sch40
51	<b>*LOCATION (F.B. = FIRE BOX, H.B. = HEADER BOX)</b>		F.B.	H.B.
52	<b>Remarks</b>			
53	1. Hydraulic test pressure shall be corrected in accordance with the ambient temperature at testing.			
54				
55				
 <b>Engineering Dept. Environment &amp; Plant</b>			JOB NAME: Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z <hr/> JOB NO. <span style="float: right;">5011-112</span> DRAWING NO. <span style="float: right;">B0200-2502</span>	
			REV.	2

# DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (5/9)

Client Doc. No.

1				
2	<b>TERMINALS</b>			
3	MANUFACTURER AND TYPE	Flange		
4	*MATERIAL (ASTM SPECIFICATION AND GRADE)(JIS)	CS		
5	NOMINAL RATING	14"/14"		
6	*LOCATION	IN/OUT		
7	*WELDED OR ROLLED			
8	FLANGE: SIZE AND RATING	14" x 300#		
9	LOCATION			
10				
11	<b>CROSSOVERS</b>			
12	*WELDED OR FLANGED	welded		
13	*PIPE MATERIAL(ASTM SPECIFICATION AND GRADE)(JIS)	same as tube		
14	PIPE SIZE AND WALL THICKNESS	same as tube		
15	LOCATION	FB(internal X-over)		
16	FLANGE RATING			
17				
18	<b>TUBE SUPPORTS</b>			
19	ENDS, TOP, BOTTOM:	Radiant	Convection	
20	MATERIAL	Top	both ends	
21	THICKNESS	25Cr-12Ni	CS	
22	TYPE AND THICKNESS OF INSULATION		Castable(75t)	
23	INSULATION REINFORCEMENT			
24				
25	<b>INTERMEDIATE:</b>			
26	MATERIAL	25Cr-20Ni	25Cr-12Ni	
27	SPACING		3750	
28	TYPE AND THICKNESS OF COATING			
29				
30	<b>GUIDES:</b>			
31	LOCATION	Bottom		
32	MATERIAL	25Cr-20Ni		
33				
34	<b>HEATER BOXES</b>			
35	LOCATION	Conv.		
36	MATERIAL	C.S.	THICKNESS	mm
37	INSULATION: MATERIAL	Ceramic Fiber Blanket#6	THICKNESS	50 mm
38	ANCHORING MATERIAL			
39	HEADER BOX DOORS ARE	(BOLTED / HINGED)	Bolted	
40				
41	<b>BURNERS</b>			
42	MANUFACTURER AND TYPE	gas burner	SIZE	NUMBER 12
43	LOCATION	Floor		
44	SIZE AND TYPE OF PILOTS			
45	HEAT RELEASE PER BURNER AT DESIGN EXCESS AIR AND DRAFT:			
46	NORMAL	12.7 GJ/hr	MAXIMUM	14.6 GJ/hr
47	MINIMUM DISTANCE BURNER CENTERLINE TO TUBE CENTERLINE:			
48	HORIZONTAL		VERTICAL	
49				
50	Remarks			
51				
52				
53				
54				
<b>IHI</b>		Engineering Dept. Environment & Plant		JOB NAME: Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z  JOB NO. 5011-112 DRAWING NO. B0200-2502
				REV. 2

	<b>DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (6/9)</b>	Client Doc. No.
--	---	-----------------

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54

<b>SETTINGS</b>						
<b>EXPOSED VERTICAL WALLS:</b>						
THICKNESS (mm)		HOT-FACE TEMPERATURE(°C):	DESIGN		CALCULATED	
WALL CONSTRUCTION						
OUTSIDE CASING:	THICKNESS	mm	MATERIAL	C.S.	CALCULATED	
TIEBACK MATERIAL						
SUPPORT MATERIAL						
METHOD OF FASTENING TIEBACKS TO STRUCTURE						

<b>SHIELDED VERTICAL WALLS:</b>						
THICKNESS (mm)	125mm	HOT-FACE TEMPERATURE(°C):	DESIGN		CALCULATED	
WALL CONSTRUCTION	Ceramic Fiber Blanket #8 (25t) + #6 (100t)					
OUTSIDE CASING:	THICKNESS	mm	MATERIAL	C.S.	CALCULATED	
TIEBACK MATERIAL	Stud bolt&nut					
SUPPORT MATERIAL	TP310S					
METHOD OF FASTENING TIEBACKS TO STRUCTURE      Weld						

<b>ARCH:</b>						
THICKNESS (mm)	150mm	HOT-FACE TEMPERATURE(°C):	DESIGN		CALCULATED	
ARCH CONSTRUCTION	Ceramic Fiber Blanket #8 (50t) + #6 (100t)					
OUTSIDE CASING:	THICKNESS	mm	MATERIAL	C.S.	CALCULATED	
TIEBACK MATERIAL	Stud bolt&nut					
SUPPORT MATERIAL	TP310S					
METHOD OF FASTENING TIEBACKS TO STRUCTURE      Weld						

<b>FLOOR:</b>						
THICKNESS (mm)	250mm	HOT-FACE TEMPERATURE(°C):	DESIGN		CALCULATED	
FLOOR CONSTRUCTION	Castable (150t) + Light Weight Castable (100t)					
MINIMUM FLOOR ELEVATION		2500				
OUTSIDE CASING:	THICKNESS	mm	MATERIAL	C.S.	CALCULATED	


<b>CONVENTION SECTION:</b>						
THICKNESS (mm)	125mm	HOT-FACE TEMPERATURE(°C):	DESIGN		CALCULATED	
CONSTRUCTION	Ceramic Fiber Blanket #8 (25t) + #6 (100t)					
OUTSIDE CASING:	THICKNESS	mm	MATERIAL	C.S.	CALCULATED	
TIEBACK MATERIAL	Stud bolt&nut					
SUPPORT MATERIAL	TP310S					
METHOD OF FASTENING TIEBACKS TO STRUCTURE      Weld						

<b>INTER WALL:</b>						
TYPE	NA		DIMENSIONS		MATERIAL	

Remarks

<b>IHI</b>	<b>Engineering Dept. Environment &amp; Plant</b>	<b>JOB NAME:</b> Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z	
		<b>JOB NO.</b> 5011-112	<b>REV.</b>
		<b>DRAWING NO.</b> B0200-2502	2

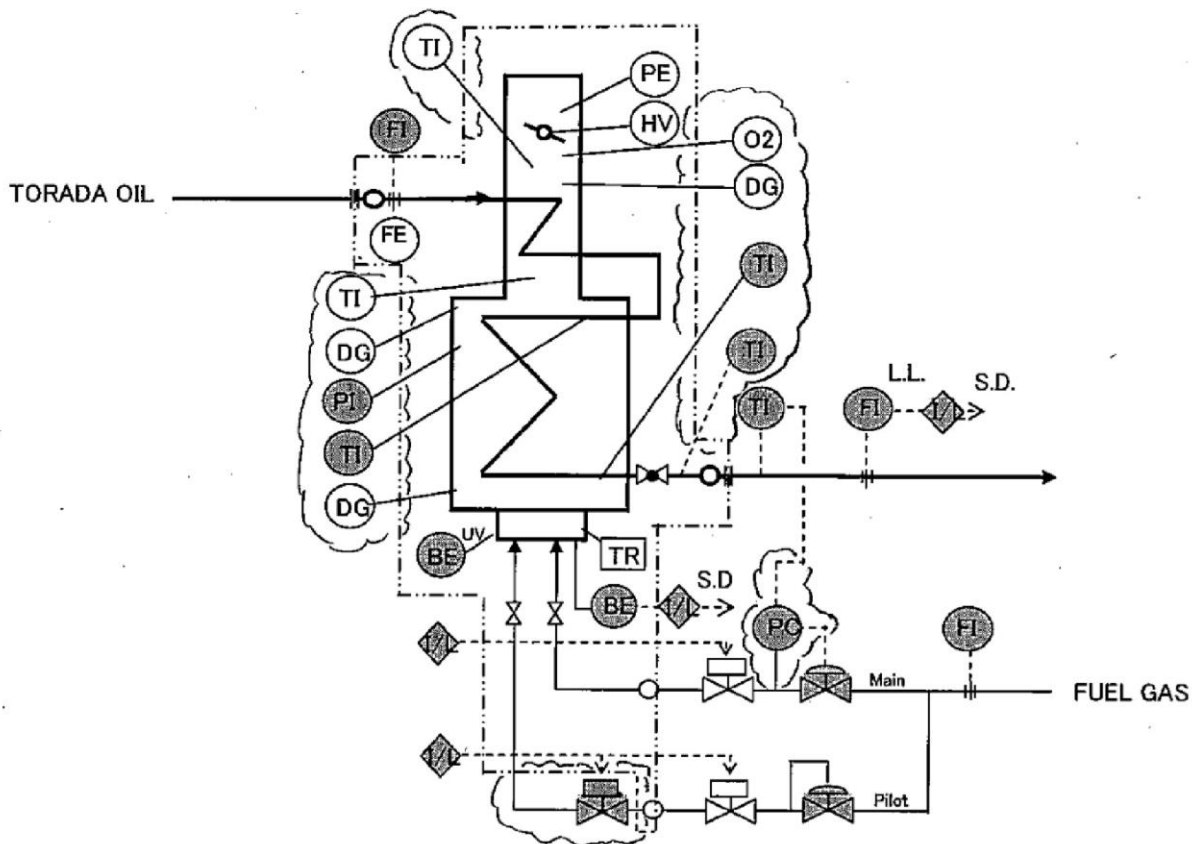
## DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (7/9)

1					
2	<b>STACK</b>				
3	NUMBER	1	SELF-SUPPORTING OR GUYE	Self.	LOCATION Top of Conv.
4	MATERIAL	C.S.	THICKNESS	mm	MINIMUM THICKNESS mm
5	INSIDE METAL DIAMETER		2100	mm	
6	HEIGHT ABOVE GRADE		m	STACK LENGTH	20 m
7	LINING : MATERIAL	Castable (40t)			
8	TYPE OF MATERIAL OR REINFORCEMENT		Chain Link (C.S.)		
9	EXTENT OF LINING		Full		
10					
11	<b>DAMPERS</b>				
12	LOCATION	( STACK / BOTTOM AIR PLENUM )		Stack	
13	MATERIAL	( MULTIPLE / SINGLE LEAF )		Multiple	
14	DESCRIPTION OF PROVISION FOR OPERATION FROM GRADE:			damper actuator	
15					
16					
17	<b>BREECHING</b>				
18	MATERIAL	C.S.	JIS SPECIFICATION	SIZE	
19	INSULATION : TYPE		Ceramic Fiber Blanket	THICKNESS	50 mm
20	TYPE OF ANCHORING MATERIAL		Stud bolt&nut / Wire mesh (TP304)		
21	SIZE OF ACCESS DOOR INTO BREECHING				
22					
23	<b>COLD-AIR DUCTS AND PLENUM</b>				
24	MATERIAL	JIS SPECIFICATION		SIZE	
25					
26	<b>MISCELLANEOUS</b>				
27	<b>OVERALL DIMENSIONS OF FURNACE</b>				
28	PLATFORMS : LOCATION	Floor, Arch, Top of Conv.			
29	WIDTH				
30	TYPE OF FLOOR	Grating			
31	STAIRS : LOCATION	Ground-Floor,			
32	LADDERS : LOCATION	Floor-Arch, Arch-Top of Conv.			
33					
34	ACCESS DOORS :	LOCATION		SIZE	
35	OBSERVATION DOORS :	LOCATION		SIZE	
36	MISCELLANEOUS CONNECTIONS	NUMBER	SIZE		
37	DRAFT			FLUE GAS SAMPLE	
38	TEMPERATURE			SMOTHERING STEAM	
39	HEADER BOX DRAIN			STACK DRAIN	
40	COIL DRAINS			OTHER	
41					
42	<b>PAINTING AND GALVANIZING REQUIREMENTS</b>				
43					
44					
45					
46	ARE PAINTER'S TROLLEY AND RAIL INCLUDED?				
47	EXTENT OF TUBE - HANDLING FACILITIES				
48	EXPLOSION DOORS : LOCATION AND SIZE				
49					
50	SPECIAL EQUIPMENT ( SOOT BLOWERS, AIR PREHEATERS, NOISE SUPPRESSORS, FANS ETC.)				
51	ACCESSORY : EARTH LUG				
52					
53					
54					
 <b>Engineering Dept. Environment &amp; Plant</b>			JOB NAME: <b>Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z</b>		
			JOB NO.	5011-112	REV.
			DRAWING NO.	B0200-2502	2



DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (8/9)

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58



**NOTE: Instruments**

- TI at the outlet tube of each path as shown by the colored marks
- FE at the inlet tube of each path as shown above schema flow drawing.
- Tube Skin Temperatures with a Transmitter for each path as shown by the colored marks (Measuring points (each path shall have 2 measuring points) shall be developed by the vendor)
- Pressure Transmitter at 1 points shown as PI.
- Draft Gauges at 3 points shown as DG and Spare Nozzle for Draft Gauge at 1 Point shown as PE.
- Furnace Temperatures with Transmitters at 2 Points
- A Remotely Controlled Draft Dumper
- Flame Rods for each pilot flame and UV scanners for each main flame shown as BE.
- Shut Off Valve for each pilot burner as shown by the colored marks
- Electric Ignition and Transformer shall be provided for each burner shown as TR.
- Local control panel and box for panel mounted instrument etc. shall be provided.
- All instrument including panel/box shall be used Explosion proof type.

Remarks

**IHI** Engineering Dept.  
Environment & Plant

JOB NAME: Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z		REV.  2
JOB NO.	5011-112	
DRAWING NO:	B0200-2502	

DIRECT FIRED HEATER DATA SHEET (9/9)

ANNEXURE-II  
SHEET 1 OF 2

HOTOIL (TORADA TC) PROPERTIES  
DATA

1. DENSITY (kg/l)

0.873	.....	at 15.5° C
0.819	.....	at 100° C
0.758	.....	at 200° C
0.699	.....	at 300° C

2. SPECIFIC HEAT (kcal/kg·°C)

0.48	.....	at 50° C
0.52	.....	at 100° C
0.61	.....	at 200° C
0.69	.....	at 300° C

3. THERMAL CONDUCTIVITY (kcal/m·hr·°C)

0.113	.....	at 50° C
0.109	.....	at 100° C
0.103	.....	at 200° C
0.097	.....	at 300° C

4. KINEMATIC VISCOSITY (cST)

63.8	.....	at 25° C
34.4	.....	at 37.8° C
5.49	.....	at 98.9° C
2.40	.....	at 150° C
1.39	.....	at 200° C
0.90	.....	at 250° C
0.67	.....	at 300° C

5. POUR POINT (°C)

-9

Remarks



Engineering Dept.  
Environment & Plant

JOB NAME:  
Projet de Sécurisation et de Fiabilisation du Complexe GP2.Z

JOB NO. 5011-112

REV.

DRAWING NO. B0200-2502

2