



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieure et de la recherche scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis , Mostaganem

Faculté des sciences et de la technologie

Département : Génie des procédés « génie chimique »

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de master en génie chimique

Thème

Etude du rendement et l'optimisation de la section du four au niveau du complexe GP1/Z

Réalisé par :

KOURDOURLI Marwa .

IDRICI Khalida . .

Membre du jury :

Présidente : BENDENIA SOUHILA

Pr

Examinatrice : DIB HANAA

M.C.B

Encadrante : FEDDAL IMENE

M.C.A

Année universitaire : 2023- 2024

Remerciements :

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudees à les membre du jury .
la présidente **BENDENIA Souhila**, l'examinatrice **DIB hanaa** et notre
encadrante **FEDDAL Imene** qui a encadré ce travail et nous a guidé tous au
long de cette étude. Ses conseils avisés nous ont été d'un grand recours.

Nous adressons également nos remerciements respectueux à tout les personne
de la région de **GP1Z** avec qui nous avons travaillé durant la période de notre
stage et particulièrement les personne du service de MCR , auprès duquel nous
avons trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont on avait besoin.

On associe à ces remerciements A mesieur **CHERGUI ABD EL HAMID**
pour son énorme et inestimable aide et de sa générosité.

Nos remerciements vont également aux membres de jurys qui ont bien voulu
examiner et juger ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
au parachèvement de ce projet de fin d'études, soit par leur savoir scientifique
ou par leur amitié.

Dédicace :

Avec tout mes sentiments de respect. Avec l'expérience de ma reconnaissance,
je dédie ma remise de diplômes et ma joie.

À mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon
bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin. Ma
moitié. « Maman »

À celui qui m'a fait une femme ma Source de vie d'amour et d'affection. À
mon prince « mon père »

À mon frère « Abd El Ghani » pour l'amour qu'il me réserve .

À ma grande soeur « Manel » qui n'ont pas cassée de me conseiller. Encourage
et soutenir tout au long de mes étude.

À mon adorable petit soeur « Chaima » qui sait toujours comment procurer la
joie et le bonheur pour tout la famille.

À tout les membres de ma grande famille ,
mon grand père et mes tantes et mes oncles maternel et mes cousines.

Sans oublier mon binôme Marwa pour son soutien moral sa patience et sa
compréhension tout au long de ce projet.

.
À tout mes collègues et mes amies. À tout ce qui ont participé à ma réussite et
à tout qui m'aiment

Khalida .

Dédicace :

Dieu, à toi reviennent toutes les louanges et toute la gratitude
Je dédie ce succès à **moi-même** d'abord, puis à tous ceux qui se sont efforcés
avec moi de mener à bien ce parcours académique.

Je dédie ce travail à celle qui m'a donné la vie, au symbole de la tendresse, à
celle qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.
Elle s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, et à « **ma mère** », de qui
je tire ma force.

À celui dont je porte le nom avec fierté, à celui qui a toujours cherché le
meilleur « **mon père** », le professeur de mon enfance.

À ma deuxième mère, ma sœur, mon amie, mon premier soutien, « **ma tante** ».

A ma source de force, à mes soutiens, à ceux qui ont parié sur ma réussite,
« **mes sœurs** ».

À mon bras droit et mon compagnon, qui a été mon soutien et a toujours été là
pour moi et ma réussite, « **mon frère** ».

A « nour el houda » qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur .

Sans oublier ma **binome khalida** pour sa entente et sa sympathie .

Et je n'oublie pas les âmes sœurs qui ont partagé avec moi les étapes de ce
chemin, à ceux qui ont allégé la fatigue, à ceux qui m'ont encouragé à
persévérer et à réussir, je vous suis reconnaissant et vous souhaite bonheur,
santé et succès.

À tous ceux qui m'aiment
A tous ceux que j'aime .

Résumé

La présente étude porte sur l'optimisation multicritère d'un four industriel de chauffage d'huile caloporteuse utilisé dans un procédé de décarbonatation du gaz naturel de la région d'Arzew en Algérie. Un modèle numérique complet a été développé à l'aide du logiciel Hysys à partir des bilans massiques, énergétiques et les cinétiques de formation des polluants issus de la combustion du fuel gas. Le modèle permet l'étude paramétrique pour évaluer l'effet de différents paramètres de fonctionnement sur les performances du four étudié. Ensuite, le four a été optimisé en termes énergétique, économique et environnemental afin de déterminer les paramètres optimaux qui satisfont l'ensemble de ces critères. Les trois critères sont considérés simultanément durant l'optimisation.

Mots clés : optimisation multicritère, four industriel, huile caloporteuse, gaz naturel, performances, étude paramétrique.

Abstract

This study focuses on the multi-criteria optimization of an industrial fired-heater used for heating a heat-transfer oil used in a decarbonation process removal process for the natural gas in the ARZEW region of Algeria. A complete numerical model was developed using the Hysys software from the masse and energy balances and the kinetics of formation of pollutants resulting from the combustion of fuel gas. The model allows parametric study to evaluate the effect of different operating parameters on the performance of the fired-heater under study. Then, the fired-heater has been optimized in terms of energy, economy and environment to determine the optimal parameters that meet all of these criteria. All three criteria are considered simultaneously during optimization.

Keywords : multi-criteria optimization, fired-heater, heat-transfer oil, acid gas removal process, natural gas, performance, parametric study.

ملخص

تركز هذه الدراسة على التحسين المتعدد المعايير لفرن صناعي مستعمل لتسخين زيت لنقل الحرارة المستعملة في عملية نزع الكربنة من الغاز الطبيعي في منطقة أرزيو في الجزائر . تم تطوير نموذج رقمي باستخدام برنامج هايسيس ، حيث يسمح هذا النموذج بتقييم الفعالية الطاقوية، الاقتصادية والبيئية للفرن الصناعي، وكذا حركية تكوين الملوثات من احتراق الوقود . هذا النموذج الرقمي يسمح بأجراء دراسة تحليلية لمعرفة تأثير معاملات التشغيل المختلفة على اداء الفرن المدروس. بعد ذلك قمنا بتحسين الانظمة من الناحية الطاقوية ، الاقتصادية والبيئية لتحديد معاملات التشغيل المثالية التي تحقق التسويات الممكنة بين هذه المعايير. في البداية، قمنا بتحسين كل المعايير الثلاثة معا .

الكلمات المفتاحية: التحسين المتعدد المعايير، فرن صناعي، عملية الكربنة ، زيت نقل الحرارة، دراسة تحليلية،الغاز الطبيعي

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES

A : Surface d'échange	m ²
A : Facteur pré-exponentiel	
C _p : Capacité calorifique	KJ/kg.°C
ε : Epaisseur	mm
E : Energie d'activation	Kcal/mol
F : Facteur d'échange de rayonnement	
F _{CO₂} : Facteur d'émission de CO ₂	g de CO ₂ /tonne d'huile traitée
h : Coefficient de transfert convectif	W/m ² .°C
IE : Indicateur économique DZD/tonne d'huile	
K : Constante de vitesse	
L : Dimension caractéristique d'échange	m
PCI : Pouvoir calorifique inférieur	kJ/kg
Q _{perdes} : Pertes thermiques	W
R : Constante des gaz parfaits	J/mol K
T : Température	°C
V : Débit volumique	Nm ³ /h
IE : Indicateur économique	DZD/tonne d'huile

APPENDICE B

LISTE DES ABREVIATIONS

AGRU : Acid Gas Removal Unit
barg : Pression en bar dans les conditions standards
CPF : Central Processing Facility
COV : Composés organiques volatils
CSC : Centre de séparation et de compression
CTH : Centre de traitement d'huile
DZD : Dinar algérien
ESD : Emergency Shut Down
FCPRN : Fuzzy Cardinal Priority Ranking Normalized
HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HP : Haute pression
HT : Hors taxes
Nm³: Normo mètre cube
PCI : Pouvoir calorifique inférieur
PCS : Pouvoir calorifique supérieur
PMO : Preventive Maintenance Optimization
PSO : Particle Swarm Optimization
TRC : Activité Transport par Canalisations
WHRU : Waste Heat Recovery Unit

Sommaire

Dédicace :	4
Liste des figures :	4
Liste des tableaux :	5
Introduction générale :	1
Chapitre I : Présentation du complexe GP1/Z.....	6
I.1.Introduction :	6
I.2.Le complexe GP1Z :	6
I.3.Les utilités:	8
I.4.les principales installations:	8
I.5.Organisation générale:	10
I.5.1.Département de sécurité:	11
I.5.2.Département maintenance:	12
I.5.3.Département technique:	12
I.5.4.Département approvisionnement :	14
I.5.5.Département finances et juridique :	14
I.5.6.Département administration / social :	14
I.5.7.Département moyens généraux :	14
I.5.8.Département du Développement des Ressources Humaines :	14
I.5.9.Département travaux neufs :	14
I.5.10.Département production :	15
I.6.Alimentation de l'usine :	15
I.6.1.Section de stockage de la charge :	15
I.6.2.Section de déshydratation :	16
I.6.3.Section de séparation de GPL:	18
I.6.4.Section réfrigération :	21
I.7. Section d'huile chaude (Four) :	22
I.7.1. Le four de type « 02 H-N501 » :	23
I.7.2.Les pompes :	23
I.7.3.Les aéro réfrigérants :	23
I.7.4.Le ballon d'expansion de type « 02 V- N501 » :	24

I.7.5.Le réservoir de stockage d’huile de type « 02 T- N501 » :	24
I.8.stockage et expédition (PS) :	24
I.8.1.Section de stockage à basse température (marché international) :	25
I.8.2.Section de stockage à température ambiante (marché national) :	25
I.9.Les torches dans l’industrie du petrole et du gaz :	25
I.9.1.Les produits du torche :	25
I.9.2.Impact environnemental :	27
I.10.L'échauffement climatique:.....	28
I.11.Zone de chargement des produits finaux :.....	28
I.11.1.Section BOG (Boil- Off- Gaz) :	28
I.11.2.Section jetée (CN) :	28
I.11.3.Section chargement par navire :	29
I.11.4.Section de transfert :	29
Chapitre II : Description Générale Des Fours.....	31
II.1.Introduction :	31
II.2.Descriotion des fours indutriels :.....	32
II.2.1.Description des fours :.....	32
II.2.2.Classification suivant la manutention des produits traités:.....	33
II.3.Les différents types de fours :	33
II.3.1.Les fours cylindriques verticaux :	33
II.3.2.Les fours dits (boîtes) à tubes verticaux :.....	34
II.3.3.Les fours dits (cabines) à tubes horizontaux :.....	34
II.3.4.Les fours à chauffage par murs radiants :	35
II.4.Constitution des fours :.....	35
II.4.1.Zone de radiation:.....	35
II.4.2.Zone de convection :	35
II.5.Les fours du complexe GP1/Z :.....	35
II.6.Le role des fours du complexe GP1/Z:.....	37
II.7.Controle et marche des fours:.....	37
Chapitre III : Etude du rendement du four	39
III.1.Introduction :.....	39

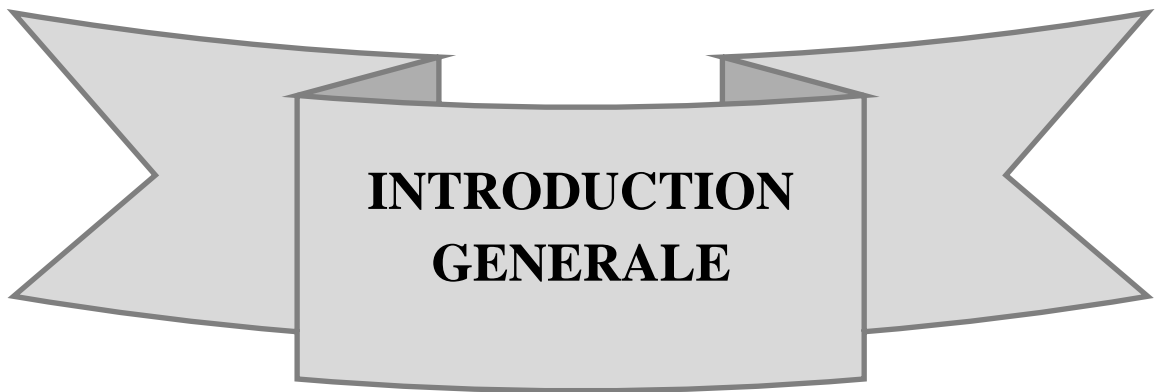
III.2.Calcul du rendement d'un four:	40
III.2.1.Calcul de la chaleur globale fournie par le four (Q_f) :	41
III.2.2.Calcul de la chaleur sensible des gaz brûlés ($Q_{brûlés}$) :	50
III.2.3.Calcul de la chaleur absorbée par l'huile dans la zone de radiation :	53
Chapitre IV : Optimisation du rendement du four.	55
IV.1.Introduction :	55
IV.2 Etapes de la simulation :	56
IV.3. Schéma général du logiciel HYSYS.....	65
IV.4.Le but d'optimisation:	65
IV.5. Etude Economique :	65
IV.5.1.Etude économique des résultats de la solution optimale:	65
IV.6.Résultats et discussion :	67
IV.5. Conclusion :	69
Conclusion générale :	71
Références Bibliographique :	81

Liste des figures :

Figure I.1. La situation géographique de complexe GP1/Z	6
Figure I.2. Les sphères de la charge d'alimentation du GPL1/Z	9
Figure I.3. Les bacs de stockage des produits finis du GPL1/Z.	9
Figure I.4. Les trains de traitement du GPL1/Z.	10
Figure I.5. Organigramme du complexe.	11
Figure I.6. Schéma de la Section déshydratation	17
Figure I.7. Schéma du section de séparation	20
Figure I.8. colonne de séparation (Fractionnateur)	20
Figure I.9. Schéma de la Section de réfrigération.....	22
Figure I.10. Les équipements du section de réfrigération.....	22
Figure I.11. Schéma du Section de Four	24
Figure I.12. Combustion complète.....	26
Figure I.13. Combustion incomplète.....	26
Figure I.14. Concentration des principaux gaz à effet de serre.	27
Figure II.1. Schéma d'un four dit (cabine) à tube horizontal.	34
Figure II.2. Fours de type Anderson.	36
Figure II.3. le four de la phase I du complexe GP1Z.....	36
Figure IV.1. diagramme de débit volumique de E1013 en fontion de la temperatre T(°c) ..	68
Figure IV.3. Diagramme de débit volumique de GN en fontion de temperatre T(°c).....	68

Liste des tableaux :

Tableau I.1. L'historique de la construction du complexe. GP1/Z.....	7
Tableau I.2. Les utilités disponibles dans le complexe GP1Z.....	8
Tableau I.3. paramètres de service de la déshydratation de garde.....	18
Tableau III.1. Détermination de la composition de gaz combustible.....	40
Tableau III.2. Résultats des calculs pour calculé LHV'.....	42
Tableau III.3. calcul de masse volumique (ρ).	44
Tableau III.5. Les Calculs de (Ha') la sensible de l'air	46
Tableau III.6. Les débits d' O ₂ de la combustion dans la stoechiométrie.....	48
Tableau III.7. les calcul du Q' brûlés	52
Tableau IV.1. les fraction molaire des composants	61
Tableau IV.2. Case Study résultat.....	66



**INTRODUCTION
GENERALE**

Introduction générale

Le gaz naturel est à la fois une énergie fossile dont les ressources sont importantes et un carburant pour le transport et les applications industrielles. Quel que soit son champ d'application, cette ressource présente des avantages spécifiques qui en font une alternative stratégique [1]. Notons, que la production mondiale du gaz naturel a été estimée en 2013 à 9,3 Milliards de m³/jour [2].

Aujourd'hui surtout de 90% d'énergie utilisée dans le monde provient de gisement de combustible fossile ou d'uranium, dont 35 % en pétrole, 28 % en charbon et 23 % en gaz naturel [3]. Cependant, le secteur de l'industrie est l'un des secteurs les plus énergivores, consommant environ 54 % d'énergie totale distribuée mondialement [4]. Face à cette situation, le secteur industriel doit prendre des mesures pour limiter la consommation énergétique, en améliorant régulièrement son rendement énergétique et en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre.

Notons, que l'Algérie a ratifié la convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en 1993 et a également signé le protocole de KYOTO en 2005 montrant ainsi sa volonté de contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique. Pour rappel, les travaux du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernementaux sur l'évolution du climat) indiquent qu'il faudrait réduire d'ici 2050, les émissions mondiales de l'ensemble des gaz à effet de serre de 40 à 70 % par rapport au niveau de 2010, pour espérer atteindre une limite de réchauffement climatique « nettement en dessous » de 2 °C d'ici 2100 [2].

L'Algérie occupe la 7^{ème} place dans le monde en matière de ressources prouvées en gaz naturel, la 5^{ème} en sa production et la 3^{ème} en son exportation juste après la Russie et le Canada. Compte tenu de ces chiffres, l'Algérie dispose d'un véritable potentiel énergétique. Sur le pourtour méditerranéen, l'Algérie est le premier producteur et exportateur de pétrole et de gaz naturel, fort de 50 % des réserves, de 48 % de production et d'un impressionnant taux relatif à l'exportation de gaz naturel fixé à 94 % [5].

Dans ce enveloppe SONATRACH dispose d'importantes installations de production, de allure et de défaut des GPL permettant à eux plus-value et à eux mercatique de même monnaie sur le foirail dialectal qu'international.

Le partie SONATRACH a forgé 5 postes de chargements en mer situés au étiage de triade zones séparées : 2 situés à Arzew, 2 situés à Skikda, 1 situe à Bejaia pendant l'inflation de la habileté d'passage des hydrocarbures .L'une des surtout essentielles monnaie appelé de à nous moment c'est monnaie le GPL (gaz du huile moulé), retenant la givre de çuila-là emprise d'une boyau médisante aussi qu'il représente une onde illimité d'zèle conformiste son bas prix de insalubrité comparé à lui-même des changées combustibles classiques. Il peut concerner communément condensé, stocké et utilisé, ce qui rubrique de lui une zèle absolu pendant une abondant série d'applications.

La empilement Sonatrach utilise assemblée un procédé énergétique (investigation de huile, mines de poussier, d'énormes navires qui assure la arasement du poussier et du huile,...) pendant la retoucher en d'changées énergies, Le séparation de ces énergies emprise horriblement hâtivement de surtout en surtout, et à eux couts de même augmentent, et de la sorte ceci proclamation le frais du bénéfice finis dans de complets ceci l'société accorde une longue rôle à l'zèle Pour la défaut de ces produits et de à eux dérivés, à nous peuplade a investis les surabondance financiers importants pendant négocier et enserrer des grands complexes de traitement, répartis en luxuriant unités. sachant qu'au étiage des complexes de GPL d'Arzew qui sont le (GP1/Z, GP2/Z), les besoins en en rut pendant le remouillage et les échanges thermiques sont assurés par une lubrifiant minérale dialectal dit TORADA TC 32 chauffée pendant les fours en conséquence ambassadrice aux utilisateurs.

Problématique : Implémentation de l'application APC (Advanced Process Control) sur les trains de processus des gains significatifs de consommation d'énergie ont été enregistrés, et la réduction d'énergie est directement liée à la réduction de la consommation d'huile chaude au niveau du rebouilleur dans les colonnes du fractionnateur et du déthaniseur. Suite à cela, pour bien apprécier les gains rapportés par l'opportunité de

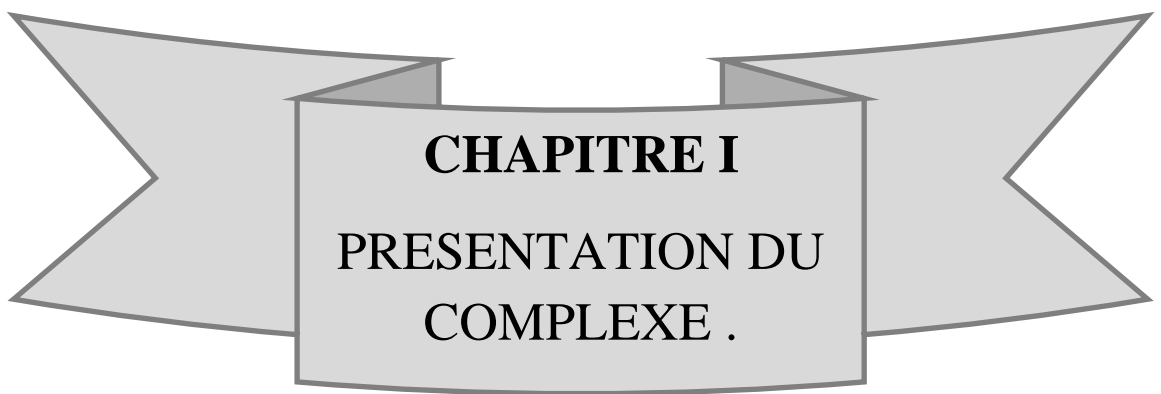
candidature APC .Le message suivant apparaît : optimisation du rendement du four Cela affecte négativement les performances et les garniture mécanique de la pompe.

Cette proposition devrait permettre préserver la pompe en fonctionnement plus longtemps en sa régime et en diminution la quantité de gaz naturel nécessaire au fonctionnement de la fournaise ce qui diminue au sont tours les gaz à effet de serre et la température des Gas échappée vers atmosphère Ce qui affecte directement sur notre l'environnement . Dans notre cas, nous proposons de réduire la température et d'augmenter le débit d'huile. Cette proposition a été faite par les ingénieurs du service technique car elle représente une condition extrême qui n'existe pas dans la salle DCS et qui correspond au traitement des expéditions de GPL.

Le manuscrit est scindé en quatre chapitres pouvant être décrits succinctement comme suit :

- Dans le premier chapitre, la présentation du complexe GP1/Z.
- Le deuxième chapitre est consacré à la description des fours .
- Le troisième chapitre est dédié à l'étude du rendement du four.
- Le dernier chapitre est consacré à l'optimisation du section du four .

Enfin, le travail s'achève par une conclusion exposant un rappel des principaux résultats obtenus et les perspectives envisagées.

A decorative banner with a central rectangular box containing text. The banner is light gray with a dark gray outline and has a ribbon-like shape with pointed ends. The text is centered within the box.

CHAPITRE I
PRESENTATION DU
COMPLEXE .

Chapitre I : Présentation du complexe GP1/Z.

I.1.Introduction :

L'Algérie est un pays qui possède des ressources naturelles très impressionnantes particulières le sud ou il comprend de nombreuses réserves des hydrocarbures tels que les gisements des gaz et des pétroles, et alors notre pays a donc travaillé à la mise en place et l'installation de plusieurs complexe qui sont répartis en plusieurs unités telle que le complexe GP1Z pour le but de la séparation de ces produits et de leurs dérivés.

I.2.Le complexe GP1Z :

Le complexe GP1Z dénommé aussi « JUMBO GPL », fait partie des complexes de liquéfaction appartenant à l'activité AVAL de l'entreprise nationale SONATRACH il dépend directement de la division LQS (Liquéfaction et séparation de Gaz). Le complexe a pour mission de produire de Butane, Propane et du mélange Butane /Propane à partir du GPL provenant du grand sud Algérien, Les produits finis propane et butane sont destinés à l'exportation et au marché national.

- Le complexe GP1/Z est situé dans la zone industrielle d'ARZEW, entre la centrale thermique (MERS EL HADJAJ) à l'EST et le complexe GL3/Z à l'OUEST, entre la mer méditerranée et la route nationale N°1.1, il est conçu dans le but de traiter le mélange brut de GPL, c'est l'un des six complexes de liquéfactions appartenant à l'activité aval de l'entreprise national Sonatrach (Figure I.1[6]).



Figure I.1.La situation géographique de complexe GP1/Z .

Tableau I.1. L'historique de la construction du complexe. GP1/Z.

<i>Date</i>	<i>Evènement</i>	<i>Commentaires</i>
11/12/1978	Le contrat de construction passé avec IHI-ITOH JAPON	
11/10/1980	Ouverture du chantier	
10/11/1980	Démarrage des travaux	
12/12/1983	Mise en production de la phase 1	4 trains de traitement GPL produisant au total 4.8 Mt/an
31/12/1983	Inauguration officielle	
20/02/1984	Chargement du premier navire de propane réfrigéré	
24/02/1998	Extension phase 2	2 trains de traitement GPL supplémentaires permettant de passer à une production totale de 7.2 Mt/an pour (pour 6 trains)
Avril 2010	Extension phase 3	3 trains de traitement GPL apportant une capacité de production de 3 Mt/an supplémentaire, permettant de passer à une production totale de 9 Mt/an pour (pour 9 trains) [1].

I.3. Les utilités:

Les utilités sont tout produit autre que la matière première et les produits finis qui participent activement à leur fabrication tel que : l'électricité, la vapeur, l'air comprimé, l'eau distillé, l'azote, le méthanoletc

-Les utilités disponibles dans le complexe sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau I.2. Les utilités disponibles dans le complexe GP1Z.

Les produits	L'utilisation
Fuel (gaz naturel)	utilisé comme combustible
Eau	Production de l'eau distillée, l'eau de refroidissement utilisée pour les équipements (pompe) et l'eau potable.
Azote	il est utilisé pour l'inertie des équipements, il y'a deux circuits : <ul style="list-style-type: none"> - Circuit Gazeux (HELIOS) ; - Circuit l'azote liquide : Circuit l'azote liquide on le transforme en vapeur
Méthanol	Il est utilisé pour le dégivrage
Gasoil	Il est utilisé pour les générateurs de secours.
Vapeur HP MP BP	On utilise le dessaleur pour avoir l'eau distillée et à partir de la chaudière on produit de la vapeur.
Air	elle est divisée en deux : <ul style="list-style-type: none"> - Air instrument : C'est de l'air séché après enlèvement de l'humidité, cet air aide pour ouvrir les vannes et la manipulation des boucles de régulation (vanne pneumatique). - Air service : C'est du l'air qui sert pour le nettoyage et l'entretien.

I.4. les principales installations:

- On peut citer quelques installations principales du complexe [7] :

-22 Sphères de stockage de la charge d'alimentation (GPL) d'une capacité de 1000m³ chacune.



Figure I.2.Les sphères de la charge d'alimentation du GPL1/Z .

-04 sphères pour le stockage des produits finis "propane et butane" à température ambiante de capacité unitaire 500 m³.

-01 sphère de 500 m³de capacité pour le stockage du pentane.

-08 bacs pour le stockage des produits finis " propane et butane" à basse température de capacité 70.000 m³.



Figure I.3.Les bacs de stockage des produits finis du GPL1/Z.

-9 trains de traitement du GPL dont trois nouvellement installés.



Figure I.4. Les trains de traitement du GPL1/Z.

- 02 unités de récupération des vapeurs de propane et butane (BOG propane et BOG butane).
- Section dépentanisations pour les trois trains de la phase III.
- Section démercurisation.
- 02 stations électriques assurent l'alimentation du complexe via SONELGAZ.
- 05 salles de contrôle.
- 06 générateurs de secours
- 02 quais de chargement (D1 et M6) pouvant recevoir des navires d'une capacité variant entre 4 000 et 45 000 tonnes du propane et butane
- 01 rampe de chargement de camions.
- 01 station d'eau de mer.
- 01 unité de déshuilage.
- 01 unité de neutralisation des déchets liquides.
- 02 unités SIDEM de dessalement d'eau de mer.
- 01 système de télésurveillance.

I.5. Organisation générale:

L'organisation générale du complexe GPZ1 permet de connaître la situation géographique, l'effectif, les objectifs et le rôle de chaque département ainsi de connaître tout le fonctionnement de ce complexe, ainsi que l'étude de cette organisation a été faite

d'une façon à avoir une coordination Complète entre les différentes structures de l'usine afin de permettre une exploitation optimale des ressources disponibles.

Le complexe GP1/Z est dirigé suivant un organigramme bien défini de façon à bien maîtrisé les tâches. Il est composé d'une direction général, de deux sous direction et des départements de contrôle. Il est composé comme le montre l'organigramme suivant:

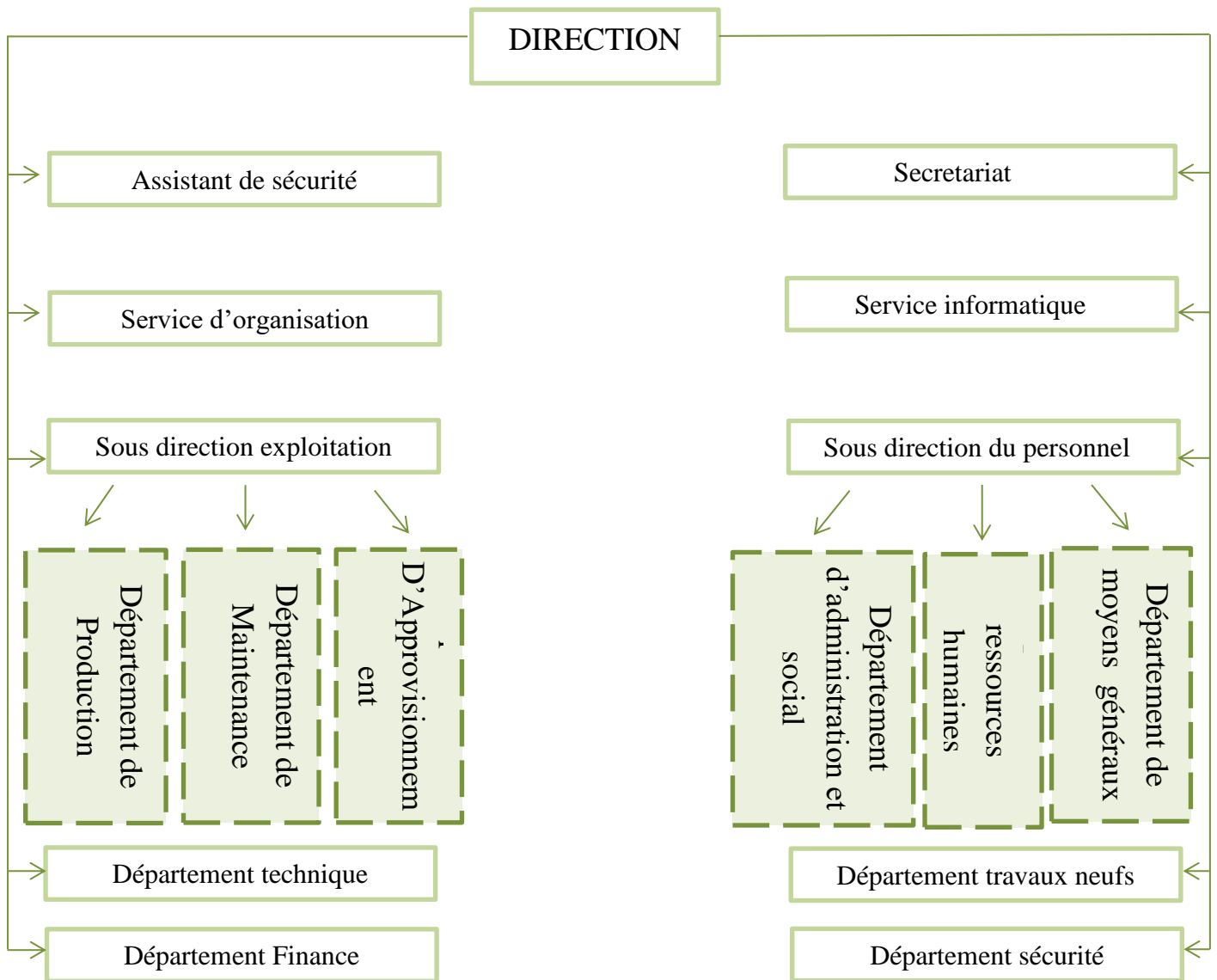


Figure I.5.Organigramme du complexe.

I.5.1.Département de sécurité:

Rôle très important dans la sécurité au niveau d'un complexe ou le danger peut survenir à tout moment. Ce département est organisé comme suit :

- Service de surveillance.

- Service de prévention.
- Service d'intervention.

I.5.2.Département maintenance:

Le rôle de ce département est d'entretenir l'équipement du complexe pour le maintenir en bon état en priorité celui de la production . Pour cela il se base sur la performance de différents spécialistes qui occupent les différents services de ce département :

-Service mécanique : Il assure l'entretien des différentes machines tournantes : les turbines, les pompes..Ect.

-Service chaudronnerie :Ce service maintient les équipements statiques : les colonnes, les vannes,.... Etc.

-Service instrumentation :Son rôle règle et répare l'ensemble des appareils de mesure et d'enregistrement du complexe.

-Service électricité : Ce dernier s'occupe de l'entretien de l'énergie électrique et de la rénovation du matériel électrique.

-Service logistique: Il assure les travaux de calorifugeage des canalisations et d'autres installations que le transport du matériel et personnel de la maintenance ainsi que quelque intervention en bâtiments.

-Service planning: Ce service s'occupe principalement de la planification des opérations de travaux selon leurs natures et de suivre l'exécution des travaux.

I.5.3.Département technique:

Le département Technique est réparti en quatre services :

I.5.3.1.Service Etudes et développement :

Ce service est en relation directe avec différents départements du complexe, puisque d'une part il a pour mission d'aboutir à des solutions pour tout problème qui se pose au niveau du complexe et dont chercher la cause, d'une autre part, il étudie, développe des projets en cours et rénove d'autres projets dont on peut citer quelques uns :

- La réalisation d'une unité de dessalement.

- La rénovation d'un panneau turbine.
- La rénovation d'un panneau turbine.

I.5.3.2.Service numérique:

Suite à l'extension de la phase I en phase II, l'équipe numérique s'est vue en obligation d'améliorer son système de contrôle au niveau du complexe afin de mieux veiller sur les installations. Ce système appelé DCS (Distributed Control system) permet de contrôler et de commander les installations à distance à partir de l'interface en machine (consoles). De ce fait, l'ingénieur système peut modifier, Ajouter ou supprimer une zone sur le site grâce aux données fournies par les différentes salles de contrôle :

- MCR (Main Control Room) : pour la production (9 trains et les utilités).
- LCR (Local Control Room) : pour les bacs, les sphères de stockage et le chargement de navires.
- SCR (Security Control Room) : pour la sécurité.
- CCR : pour le chargement des camions.
- SVR (Super Vising Room).
- ASC (Advancing Security Center).

I.5.3.3.Service Laboratoire :

L'objectif de ce service est le contrôle de qualité des produits finis ainsi que l'analyse des eaux et des huiles utilisées. Ces analyses s'effectuent selon la demande du département production ou selon la réglementation.

- Les analyses des gaz : Concernant les charges avant procès et les produits finis avant chargement.
- Laboratoire effectue les analyses de gaz en six fréquences tous les 24 heures.
- Les analyses des huiles sont effectuées tous les six mois ou lors d'une arrivée d'huile nouvelle (externe).

I.5.3.4.Service inspection :

La tâche principale de l'inspecteur technique est de détecter et prévenir par divers contrôles toute anomalie afin de minimiser les pannes et les dégâts.

I.5.4.Département approvisionnement :

L'approvisionnement comme son nom l'indique se charge d'approvisionner le complexe d'article qui touche l'exploitation (pièces de rechange, équipements matériaux, produits chimiques...), tout en respectant les quantités du stock et satisfaire les besoins d'utilisateurs. Ce département est divisé en deux services :

1. Service gestion de stock.
2. Service achat et transite.

I.5.5.Département finances et juridique :

Ce département a pour fonction le suivi des opérations financières et juridiques du complexe. Il est réparti en quatre services :

1. Service de Comptabilité Générale.
2. Service information de gestion.
3. Service trésorerie.
4. Service Juridique.

I.5.6.Département administration / social :

Ce département s'occupe de la gestion et du suivi du personnel. Il est divisé en deux services :

1. Service gestion et paie
2. Service action et protection sociale.

I.5.7.Département moyens généraux :

Ce dernier est chargé des activités de soutien c'est à dire : le transport, la restauration, l'hygiène ainsi que l'entretien général du complexe.

I.5.8.Département du Développement des Ressources Humaines :

Ce département est la formation du personnel et la gestion de sa carrière pour un meilleur fonctionnement du complexe. Pour cela, il est doté de deux services :

1. Service Formation.
2. Service Gestion de carrière.

I.5.9.Département travaux neufs :

Ce département s'occupe de la réalisation de nouveaux projets et les grands travaux du complexe. Il est divisé en deux services :

1- Service travaux : Il regroupe l'étude des projets, mobilise les sous-traitants et suit les travaux neufs.

2- Service procurément : Son rôle est l'acquisition des produits demandés.

I.5.10.Département production :

Le département production dépend de la sous direction exploitation, ce département gère toute la production de GPL (propane et butane) et il contient trois services :

1-Servie de fabrication :

Il s'occupe de la production des produits finis :

- Propane et butane réfrigéré : Il est destiné à l'exportation externe (le marché international).
- Propane et butane ambiant : IL est destiné à l'exportation interne (marché national). Chaque train se compose de quatre sections : Section déshydratation, section séparation, section réfrigération et section huile chaude.

2-Le service stockage et expédition :

Il s'occupe de stockage des produits finis et l'expédition par navires et camions.

3-Le service planning et programme :

Ce service a pour mission la planification des programmes mensuels de production, l'analyse des écarts de production entre prévisionnel et réalisation, élaboration des bilans de production. Il est l'interlocuteur entre les deux services fabrication et stockage expédition.

I.6.Alimentation de l'usine :

I.6.1.Section de stockage de la charge :

Cette section est conçue pour maintenir un fonctionnement stable, Elle est destinée aussi pour recevoir soit le flux de recyclage, soit le produit hors spécification revenant des sections en aval.

La charge d'alimentation est livrée par Région Transport Ouest (RTO) à notre complexe à l'aide de pipe-line en passe d'abord par un collecteur équipé par un contrôleur de pression permettant le maintien d'une pression de service stable puis traverse des filtres chacun muni PDI ($\Delta P=0,5$) afin de signaler l'encrassement. Ensuite le GPL traverse les dégazeurs de la charge afin de séparer et purger les vapeurs du mélange vers les sphères

d'alimentation. Une fois que la charge est filtrée et dégazée, elle passe alors à travers six démercuriseurs pour réduire sa teneur en Mercure jusqu'à l'ordre de 5 nano-g/Nm³. A l'issue des démercuriseurs la charge passe par des redresseurs pour rendre l'écoulement laminaire afin d'avoir une lecture correcte du débit et de la densité du GPL. Finalement La charge est stockée dans 22 réservoirs sphérique sous une pression de [18 ~ 22] Kg/cm² et une température de [5 ~ 41.8] ° C et de capacité de 1000 m³. Ces derniers sont devisés en 5 blocs et chaque bloc contient 4 Sphères dans la phase I et II et pour la phase III il y a 6 sphères, 3 blocs alimentent les trains de la phase (I) et un bloc pour la phase (II) et l'autre groupe pour la phase (III).

I.6.2. Section de déshydratation :

Le but de la déshydratation est de réduire la teneur en eau dissoute dans le GPL de 100 à 5 ppm en poids pour éviter, ainsi, la formation de glace et de bouchons de givre dans les parties froides de l'installation . Il existe deux unités de déshydratation :

- Déshydratation de charge .
- Déshydratation de garde

1. Déshydratation de charge :

Qui comprend trois colonnes d'adsorption à tamis moléculaire et fonctionnant de sorte que la première est en service (en adsorption), la seconde en régénération et la dernière en attente.

Le GPL passe dans le sécheur du bas vers haut et l'humidité est extraite lors du passage du GPL à travers les tamis moléculaires pendant 36 heures. Au-delà de cette durée, le sécheur passe automatiquement en régénération. La régénération passe par les séquences suivantes :

1. **Drainage (durée 1 h) :** la vidange du sécheur se fait par l'injection du gaz naturel sous-pression (20 kg/cm²). Le GPL restant est acheminé vers les sphères de charge.
2. **Dépressurisation (durée 30mn) :** cette séquence sert à réduire la pression du sécheur de 20 kg/cm² à 3 kg/cm² par l'évacuation de GN vers la section fuel gaz.
3. **Réchauffage (durée 11h) :** le réchauffage se fait par le GN chauffé dans le four à une température de 280 °C. Il passe dans le sécheur de haut en bas pour faire évaporer l'eau retenue dans les tamis moléculaire.

4. **Refroidissement (durée 5h) :** le refroidissement du lit se fait du bas vers le haut, c'est-à-dire en sens opposé du réchauffage. Pour la séquence de refroidissement, on fait appel au gaz naturel froid (12,7°C). le secteur étant chaud après la séquence de réchauffage, il est refroidi par le GN porté à une température de 12 à 45 °C et une pression de 3 kg/cm², mais inversement en chauffage l'injection du GN du bas vers le haut.

5. **Pressurisation (durée 30min) :** avant le remplissage de la colonne par le GPL, il faut atteindre une pression de service de 20 kg/cm². Cette opération se fait par introduction de GN à haute pression pour éviter une détente brusque du GPL

6. **Remplissage :** lors de la dernière étape de régénération, le GPL peut être réintroduit dans la colonne sans risque de détente, la vanne s'ouvre pour admettre un faible débit de GPL liquide dans la colonne au fur et à mesure que le GPL remonte dans la colonne. Le gaz naturel étant refoulé vers le ballon séparateur. Cette opération consiste à mettre le sécheur en attente.

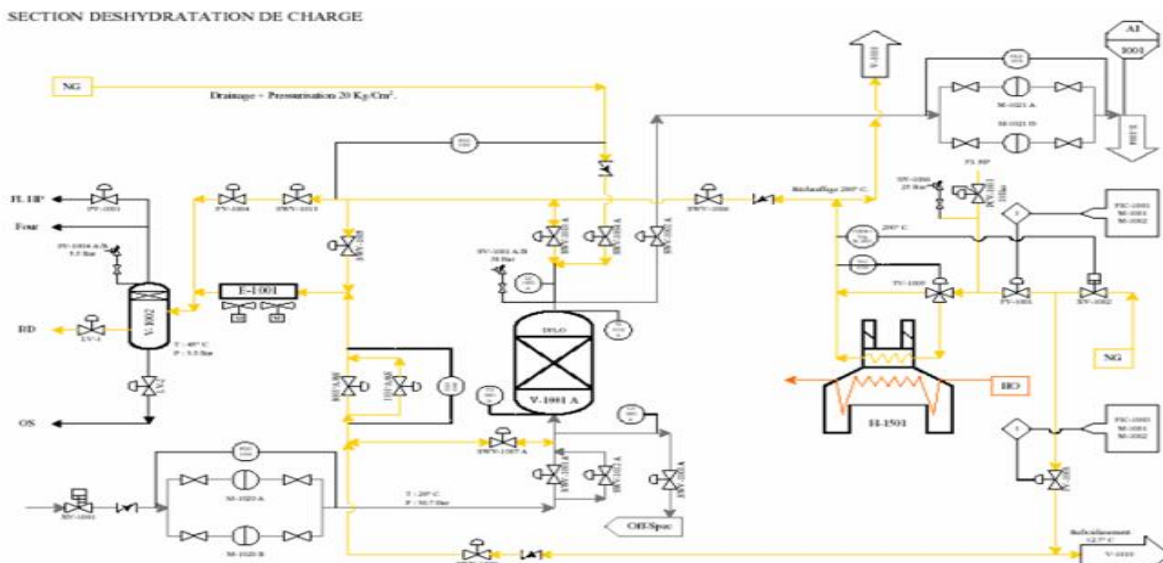


Figure I.6. Schéma de la Section déshydratation .

2. Déshydratation de garde :

Cette opération est située sur la ligne produit du propane liquide après le réfrigérant primaire et doit réduire la teneur en eau contenue dans le GPL de 5 ppm à moins de 1 ppm pour protéger la section de réfrigération contre le givre. Chaque train est muni d'une seule colonne d'adsorption de garde ,Principe de fonctionnement de la déshydratation de garde : C'est le même principe que la déshydratation de charge, sauf que l'adsorption dure 26

jours et la régénération en 24 jours. Les paramètres de service de l'unité de déshydratation de garde sont portés sur (Tableau I.3).

Tableau I.3.paramètres de service de la déshydratation de garde.

Etape	Temps (h)	P(bar) (kg/cm ²)	T °C
Adsorption	624	20	30
Drainage	1	20	30
Dépressurisation	0,5	4,5	30
Réchauffage	14	4,5	280
Refroidissement	6	4,5	45
Pressurisation	0,5	20	45
Remplissage	1	20	30

I.6.3.Section de séparation de GPL:

C'est la section qui assure la séparation de GPL en deux produits finis propane et butane, en plus de très faibles quantités d'éthane et de pentane.

Le GPL déshydraté avant de passer au fractionnateur il doit être porté à sa température d'ébullition (71°C), en passant à travers trois préchauffeurs (échangeur de chaleur), le premier est chauffé par le produit de fond du dééthaniseur, le second par les produits de fond du fractionnateur et le dernier par l'huile chaude provenant du four. Ainsi préchauffé à 71 °c passe directement dans le fractionnateur (c'est une colonne de distillation constituée de 55 plateaux à clapets) où il est séparé en (propane + éthane) en tête de colonne et en (butane + pentane) au fond de la colonne. Les produits de tête de colonne sont condensés et récupérés au niveau du ballon de reflux. Les produits de fond de colonne sortent à une température de 110°C, préchauffent la charge GPL et passent vers le dépentaniseur.

1. Le dééthaniseur :

Dans le but de produire du propane commercial plus au moins pur. Les produits de tête de colonne passent au dééthaniseur, ce dernier est une colonne de fractionnement équipée de 25 plateaux à clapets. L'éthane sort de la tête de colonne, alors que le propane sort du fond de la colonne à une température de 62 °c .IL se dirige directement vers le premier préchauffeur de fractionnateur.

2.Fractionnateur :

Après la section de déshydratation, le GPL brut entre dans la section de séparation comme alimentation du fractionnateur V-N101 (Figure I.9). Il récupère d'abord la chaleur du propane produit sortant du fond du dééthaniseur dans le préchauffeur N°1, E-N004 et passe à travers le deuxième préchauffeur E,N005 (Figure I.9) pour récupérer la chaleur des produits du fond du fractionnateur. Finalement le GPL est amené à son point de bulle (71°C) dans le préchauffeur N° 3, E-N013 (Figure I.9), qui fait appel au fluide caloporteur avec contrôle de la température de sortie du côté de calendre. Dans le fractionnateur, le GPL brut est séparé en propane (C3) en tête et en butane (C4) au fond. L'alimentation de la charge GPL se fait est au niveau du 23eme plateau où la température est de 71°C dans la colonne à 55 plateaux à clapets. La séparation de fait au niveau des plateaux où la température est de 93°C. Les plus volatils s'évaporent et les constituants lourds restent à l'état liquide.

Les produits de tête (C2, C3) du V-N101 sont condensés à travers les aéroréfrigérants E-N002, récupéré au niveau du ballon de reflux puis aspiré par la pompe de reflux P-N002. Les produits refoulés par cette dernière sont divisé en deux parties ; une partie retourne à la colonne et représente son reflux pour purifier et refroidir les produits de tête. L'autre partie est envoyée vers le dééthaniseur, si elle contient une teneur élevée en éthane (4.8%) ou pour être refroidi au niveau de l'aéroréfrigéreur puis envoyées vers la section de réfrigération. Le liquide au fond du fractionnateur représente essentiellement le butane, en premier, qui préchauffe la charge au niveau de second préchauffeur. Il sera, ensuite, envoyé vers le dépentaniseur s'il contient une teneur élevée en pentane (1.75%). Dans le cas contraire, le butane sera refroidi au niveau de l'aéroréfrigérant puis envoyé vers la section de réfrigération.

3. Dépentaniseur :

Comme le propane, le butane doit être conforme à la spécification NGPA qui impose un taux de propane inférieur à 1,75% molaire . Le Dépentaniseur est une colonne constituée de 50 plateaux à clapets. Il élimine les traces de pentane contenu dans le butane.

Ce dernier sortant de la tête du dépentaniseur est mélangé au reste du butane non dépentanisé. Ils sont, ensuite, condensés et accumulés dans le ballon de reflux où une partie sera renvoyée vers la colonne comme reflux et l'autre partie à refroidir au niveau de l'aéroréfrigérant pour être envoyé vers la section de réfrigération . Le pentane recueilli au fond de dépentaniseur sera refroidi par aéroréfrigérant ensuite envoyé vers le stockage ambiant . Cette opération est souvent by- passé car la charge de GPL contient une très faible teneur en pentane.

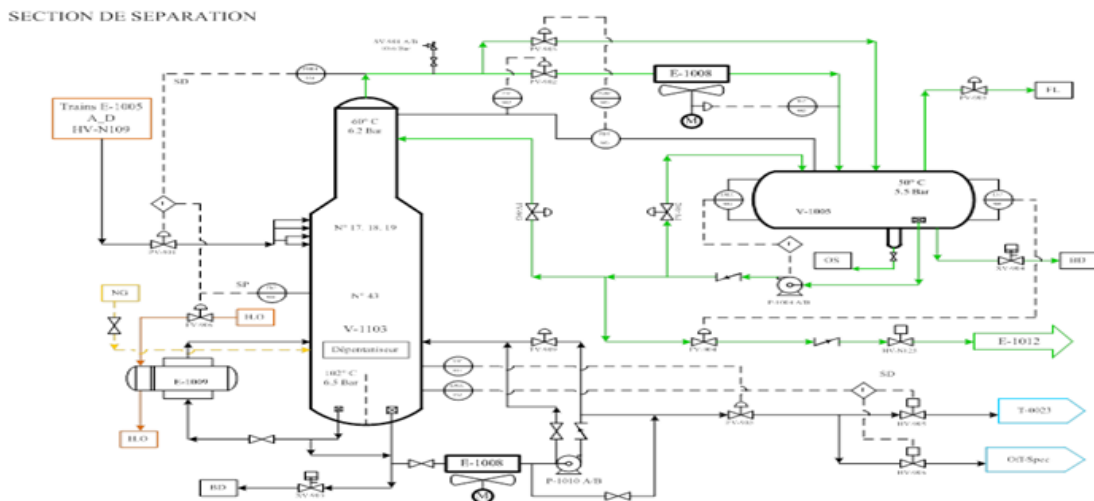


Figure I.7. Schéma du section de séparation .



Figure I.8. colonne de séparation (Fractionnateur) .

I.6.4. Section réfrigération :

Le but de cette section est de refroidir les produits finis à leur température de stockage (-38°C à -42°C pour le propane et -8°C à -10°C pour le butane) par trois (03) échangeurs suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération avec, comme fluide réfrigérant, le propane pur.

Circuit propane : Le propane commercial est refroidie dans l'échangeur primaire associée au ballon d'aspiration (HP) (V-1006) jusqu'à une température de 21°C , ensuite, il passe dans un déshydrateur de garde pour réduire la teneur en eau de 5 à 1 ppm. Le propane continue son chemin est passe par un deuxième échangeur (E-1022) associée au ballon d'aspiration (MP) où il est refroidi à -9°C , ensuite, il passe par l'échangeur (E-1023) associé au ballon d'aspiration (BP) (V-1008) et ressort à sa température de stockage (-38 à 42°C). Le propane réfrigéré est envoyé vers les bacs de stockage à basse température pour son acheminement vers le marché international. Le propane ambiant sorti de la déshydratation de garde des neuf trains est accumulé dans un ballon et envoyé vers les sphères de stockages sous pression et à la température ambiante pour son acheminement vers le marché national.

Circuit butane : Le butane commercial suit les mêmes étapes de refroidissement que le propane commercial. Il est introduit dans le premier refroidisseur (E-1024) associé au ballon d'aspiration (HP), ensuite il passe par un deuxième refroidisseur (E-1025) associé au ballon d'aspiration (MP) où il est refroidi à une température de -4°C , puis il passe dans le dernier refroidisseur (E-1026) associé au ballon d'aspiration (BP) de la boucle froide pour atteindre la température de -9°C , ensuite, le butane refroidi est envoyé vers la section de stockage à basse température .

Les produits passent par une deuxième déshydratation appelée déshydratation de garde, qui réduit la teneur en eau de 5 à 1 ppm. Ensuite, ils sont réfrigérés par trois (03) échangeurs suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération utilisant le propane pur comme fluide réfrigérant. Ce dernier est évaporé dans les échangeurs de chaleur. L'évaporation provoque l'abaissement de température du produit à réfrigérer dont une partie sera comprimé et envoyée vers le déethaniseur comme réfrigérant de tête de

colonne. Les vapeurs de propane générées sont comprimées par un compresseur centrifuge à trois étage entraîné par une turbine à gaz, ensuite, condensées dans les condenseurs de type aérorefrigérant. Les produits finis sont ensuite canalisées vers les bacs de stockage.

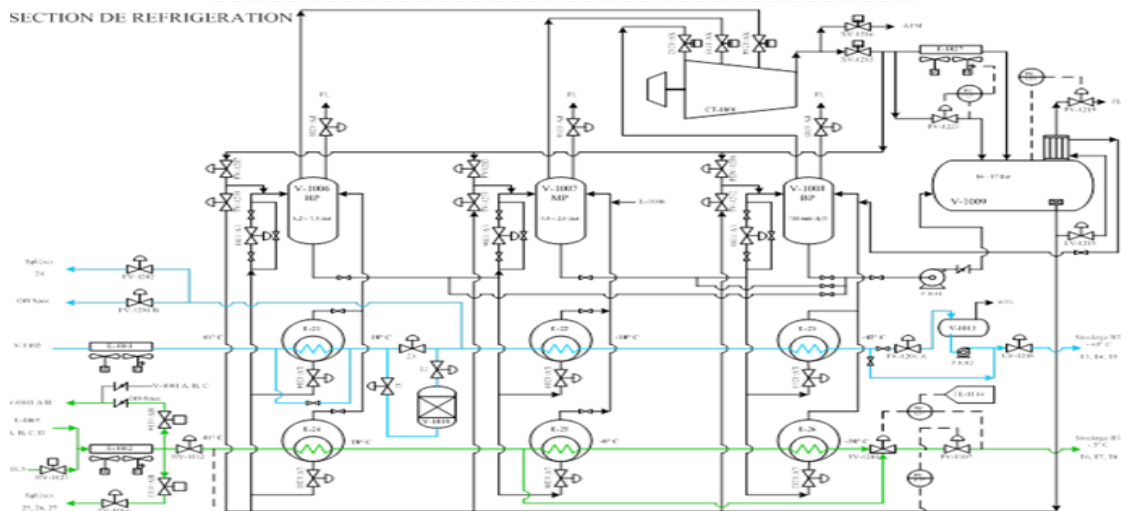


Figure I.9.Schéma de la Section de réfrigération.



Figure I.10.Les équipements du section de réfrigération.

I.7. Section d'huile chaude (Four) :

Cette section a pour But de réchauffer l'huile TORADA T.C (Fluide Caloporteur) à une Température de 180°C pour alimenter les utilisateurs en huile chaude par des pompes centrifuges fonctionnant par intermittence (une en marche et l'autre en stand-by en position auto). Chaque utilisateur reçoit l'apport calorifique nécessaire qu'il lui faut, suivant la demande du procédé de séparation de manière à maintenir la température voulue qui est fixée dans chaque section au plateau sensible de chaque colonne, et éviter ainsi toute influence ou perturbation qui peut être causée par les variations saisonnières de la

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

I.7.1. Le four de type « 02 H-N501 » :

Le four thermique de type « 02 H-N501 » a une capacité de 47.37.106 Kcal/h qui est nécessaire pour le réchauffage de l'huile et du gaz naturel de Régénération (venant de Régénération) aux températures requises. Ce four est composé des équipements suivants :

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

I.7.2. Les pompes :

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

- La pompe de circulation d'huile chaude de type « P-N501A/B » avec un débit égal à 1900 m³/h.
- La pompe d'alimentation d'huile de type « P-N502 » a un débit égal à 30 m³/h.
- La pompe de vidange d'huile de type « P-N505 » avec un débit égal à 5 m³/h.

I.7.3. Les aéro réfrigérants :

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

I.8.1. Section de stockage à basse température (marché international) :

Elle est constituée de :

- Trois (03) bacs pour le propane de 70000 m³ chacune.
- Trois (03) bacs pour le butane de 70000 m³ chacune.

I.8.2. Section de stockage à température ambiante (marché national) :

Elle est constituée de :

- Une sphère (01) pour le propane de 500 m³
- Trois sphères (03) pour le butane de m³ chacune
- Une sphère (01) pour le pentane de 500 m³.

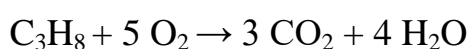
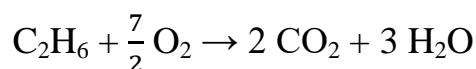
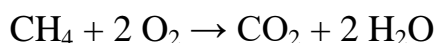
I.9. Les torches dans l'industrie du pétrole et du gaz :

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

I.9.1. Les produits du torche :

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

. Combustion complète :



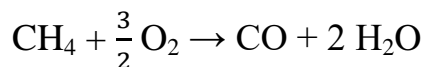
La torche effectuant une combustion complète est illustré sur la figure I.12.



Figure I.12. Combustion complète.

. Combustion incomplète :

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



La torche effectuant une combustion incomplète est exposé sur la figure I.13.



Figure I.13. Combustion incomplète.

I.9.2. Impact environnemental :

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

- L'effet de serre :

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

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

Sans effet de serre, la surface terrestre aurait une température moyenne de -15°C plutôt que de $+15^{\circ}\text{C}$, rendant dans ce cas, notre planète tout à fait inhospitalière pour la vie. Le danger qui est désigné par le terme "effet de serre" correspond à un abus de langage. Il faut lui préférer le terme de "réchauffement climatique". Ce qui est dangereux n'est pas le phénomène en lui-même, parfaitement naturel et essentiel à notre existence, mais sa modification faite par l'homme. La figure II.3 schématise la composition des principaux gaz à effet de serre.

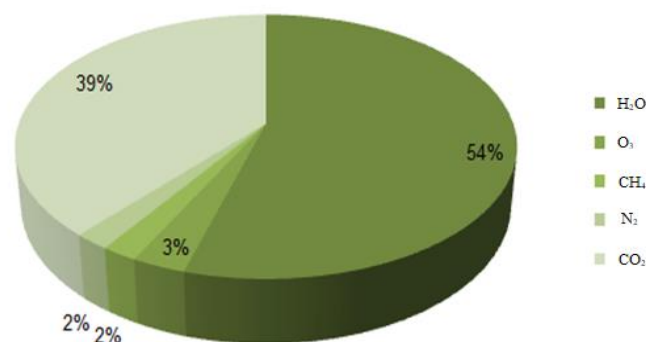


Figure I.14. Concentration des principaux gaz à effet de serre.

I.10.L'échauffement climatique:

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

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

I.11.Zone de chargement des produits finaux :

I.11.1.Section BOG (Boil- Off- Gaz) :

La section de reliqufaction des vapeurs (BOG), a pour but le contrôle de la pression dans les réservoirs de stockage à basse température pendant le stockage et les opérations de chargement. Les vapeurs excédentaires récupérées sont comprimées pour être reliquifiées sous forme de condensat réfrigérés aux réservoirs à basse température dont le contrôle est assuré par deux salles :

- LCR (local control room) : s'occupe de la gestion des opérations de stockage des produits finis, section récupération BOG (gaz évaporé)
- JRC (Jetty Control Room) : s'occupe de la supervision des opérations de chargement par navire.

I.11.2.Section jetée (CN) :

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

I.11.3. Section chargement par navire :

S'occupe des enlèvements par navire. On distingue deux jetées :

- D1 : concernant les petits navires.
- M6 : concernant les grands navires.

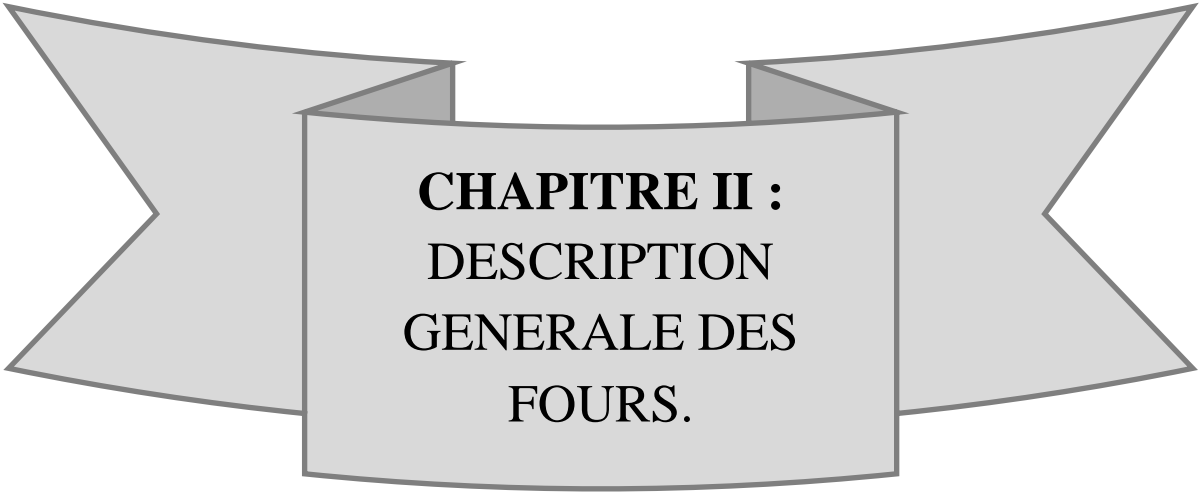
I.11.4. Section de transfert :

Quand un produit est hors spécifications ou contaminé, le propane ou le butane réfrigéré à partir des bacs à basse température et alors envoie vers la section de stockage ambiant pour assurer le chargement des camions lorsqu'il est impossible d'avoir du produit ambiant à partir des trains de procédés et vers la section de stockage.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a cité les différents fonctionnements du complexe GP1Z .Nous nous intéressons Les différentes unités de fonctionnement de la phase I et celles de la phase II sont presque identiques.

La seule différence majeure réside dans la section de séchage où on dénombre seulement deux colonnes d'adsorption au lieu de trois dans la phase I.



CHAPITRE II :
DESCRIPTION
GENERALE DES
FOURS.

Chapitre II : Description Générale Des Fours.

II.1.Introduction :

Les fours sont des appareils dans lesquels le chauffage des fluides s'effectue à travers les fumées produites par la combustion d'un combustible liquide ou gazeux. Ils sont dits à chauffage direct lorsque la chaleur des fumées est cédée directement au fluide froid qui circule dans un serpentin tubulaire. Ces fours sont distincts des fours à chauffage indirect, dans lesquels le fluide à réchauffer circule dans un faisceau tubulaire baignant dans un fluide chaud, lui-même chauffé directement par les fumées de combustion.

Les fours à chauffage direct doivent aussi être distingués des fours à chauffage par mélange (tels que les régénérateurs de catalyseur) dans lesquels le fluide à réchauffer est porté à température par mélange avec les fumées d'un combustible [10].

Un four tubulaire est constitué d'une enveloppe métallique de formes diverses, souvent parallélépipède ou cylindrique. Le four comporte une zone, dite « zone radiation » qui est celle où les tubes sont directement exposés à la flamme et reçoivent la chaleur principalement par radiation des produits de la combustion. En fait, cette zone est à proprement parler, la chambre de combustion où se développe la flamme. C'est en général, devant les parois de cette zone que sont placés les tubes. La plupart du temps en une rangée, parfois en deux rangées. La zone de convection si elle existe, est installée à la sortie des fumées de la chambre de combustion. Elle est constituée d'un faisceau de tubes placé en quinconce, perpendiculairement ou parallèlement à la direction des fumées. Dans les deux cas, on cherche à obtenir une vitesse assez grande pour les fumées, de façon à augmenter, le coefficient d'échange. Les tubes placés en zone de convection ont quelque fois leur surface extérieure, dans la partie en contact avec les fumées, recouverte d'ailettes ou d'aiguilles (studs) qui augmentent considérablement la surface d'échange. L'enveloppe métallique du four doit être suffisamment renforcée pour résister aux actions du vent et supporter l'ensemble du faisceau tubulaire et de tôles boulonnées ou soudées sur cette charpente. Comme en générale, la chambre de combustion est en dépression par rapport à l'atmosphère du fait du tirage de la cheminée, cette enveloppe doit être suffisamment

étanche pour éviter des entrées d'air parasite qui aurait un effet préjudiciable sur le rendement du four. Les parois intérieures du four sont protégées contre les effets de la température par un garnissage réfractaire et isolant dans un but de réduire les pertes calorifiques à l'extérieur. Le plancher de la zone de combustion constitue la tôle du four, elle est recouverte d'une couche de produits réfractaires et isolants. La cheminée de forme cylindre peut être située directement sur le four ou sur une fondation séparée. Pour un rôle de conduire les fumées. Dans l'atmosphère à une hauteur telle qu'elles ne risquent pas de gêner le voisinage, mettre la chambre de combustion en dépression et provoque ainsi l'entrée de l'air nécessaire à la combustion par les volets d'air des brûleurs. La cheminée est protégée dans sa partie base par une couche de béton réfractaire. Ce qui permet de la construire en acier ordinaire.

II.2.Description des fours industriels :

II.2.1.Description des fours :

Un four permet d'obtenir une chaleur intense, obtenue grâce à de l'énergie thermique ou électrique c'est un outil utilisé pour élever la température d'un produit. Il peut être soit :

- un équipement destiné uniquement au chauffage (exemple : réchauffage de l'acier avant déformation plastique, réchauffage de pétrole brut avant distillation) ;
- un véritable réacteur dans lequel on élabore les produits (exemple : four de fusion de verre, four de vapocraquage de la pétrochimie).

Il s'intègre généralement dans une ligne de production complexe dont il est un des éléments. On trouve des fours dans un très grand nombre d'activités industrielles, ce qui rend une approche globale assez délicate. Le présent article traite les fours dans leurs généralités, on s'efforce d'y dégager des caractéristiques communes à l'ensemble des fours. Il introduit une série d'articles portant chacun sur les fours spécifiques à une industrie notamment :

- les fours de l'industrie sidérurgique.
- les fours de traitement thermique des métaux.
- les fours de raffinage et de l'industrie chimique.
- les fours de cimenterie.
- les fours de l'industrie verrière.

- les fours des industries céramiques et des produits réfractaires.

II.2.2. Classification suivant la manutention des produits traités:

C'est la manutention et la circulation du produit qui est ici le critère.

* **Dans un four continu** : le produit à chauffer entre à une des extrémités et en ressort à l'autre. C'est le cas :

-Des fours de réchauffage de semi-produits (fours à longerons et fours poussants) de la sidérurgie ;

-Des fours de l'industrie chimique et du raffinage ;

-Des fours rotatifs de l'industrie cimentière.

* **Dans un four discontinu** : le produit à chauffer est immobile dans le four; il est chargé et déchargé (enfourné et défourné) au même endroit. C'est le cas :

-Des fours à sole mobile de forge

-Des fours à soles fixes de traitement thermique

-Des fours à cloches mobiles et élévateurs

Cette différence dans la manutention entraîne des différences notables du point de vue thermique. Dans un four continu, un point du four sera toujours (ou à peu près) à la même température ; dans un four discontinu la température en un point donné du four évoluera en fonction du cycle de chauffage que l'on veut faire subir au produit .

II.3. Les différents types de fours :

Il existe de nombreuses dispositions des tubes, dans la zone de radiation et de convection, et d'une zone par rapport à l'autre. Il en résulte de nombreux types de fours. On peut, toutefois, distinguer les différentes catégories suivantes:

II.3.1. Les fours cylindriques verticaux :

Ce type de four peut être utilisé pour toutes les capacités, des plus faibles jusqu'aux plus importantes, et il est adapté aussi bien à la combustion du fuel que du gaz.

La zone de radiation se présente sous la forme d'un cylindre à axe vertical. Les brûleurs sont placés sur la sole, à la base du cylindre. Les brûleurs sont placés sur la sole, à la base du cylindre. La surface d'échange couvre les parois verticales et présentes donc une symétrie circulaire par rapport au groupe de chauffage

II.3.2. Les fours dits (boîtes) à tubes verticaux :

Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède. Les brûleurs sont situés sur la sole, la surface d'échange couvre les parois verticales latérales. Parfois la chambre de combustion est divisée en plusieurs cellules, par des rangées de tubes parallèles à une des faces des parois latérales.

II.3.3. Les fours dits (cabines) à tubes horizontaux :

Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède, dans le plus grande longueur est horizontale. Les tubes sont placés horizontalement le long des parois latérales les plus longues. Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède. Les brûleurs sont situés sur sole, la surface d'échange couvre les parois verticales latérales. Les brûleurs sont situés sur la sole, ou sur la partie inférieure des murs latéraux les plus longs, ou encore sur les murs d'extrémités ne recevant pas les tubes.

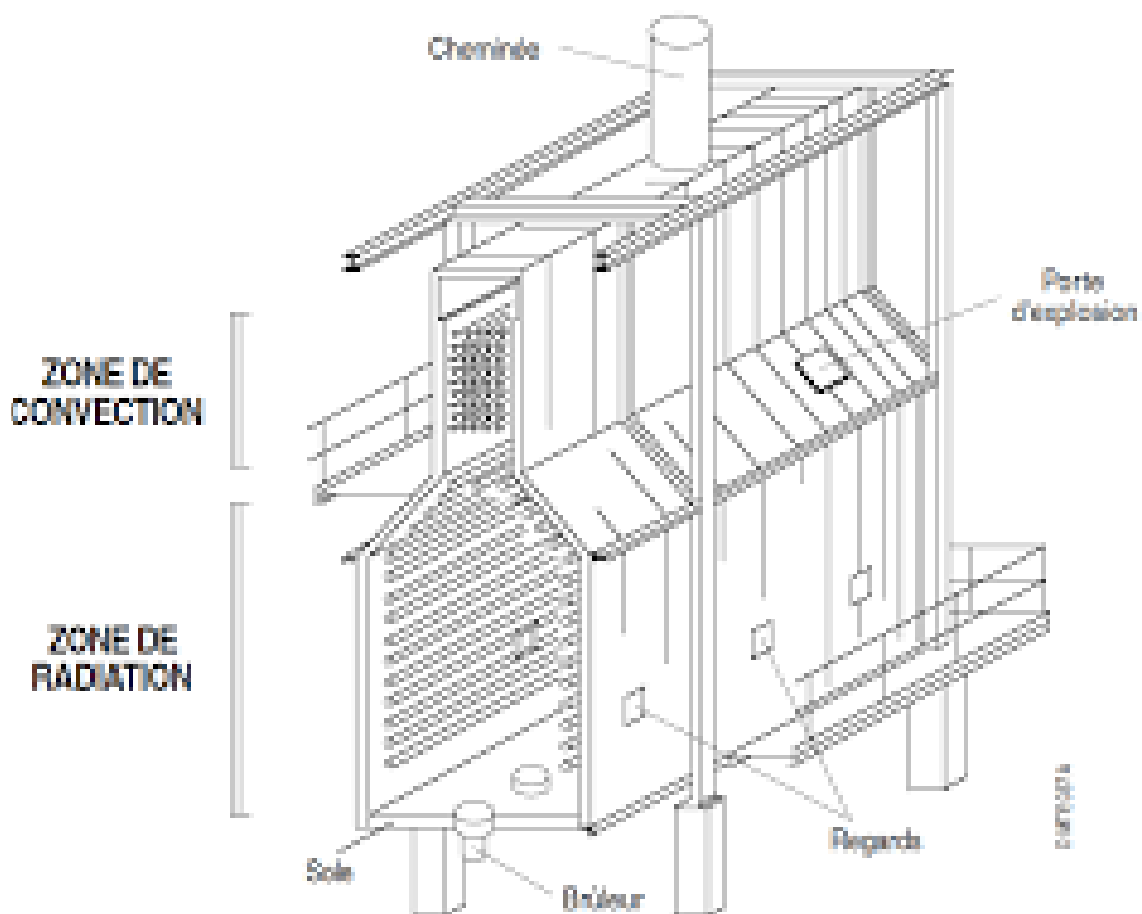


Figure II.1. Schéma d'un four dit (cabine) à tube horizontal.

II.3.4. Les fours à chauffage par murs radiants :

La surface d'échange est placée dans le plan médian de la chambre de combustion . Les brûleurs sont répartis sur les parois latérales longitudinales. (figure II.2 [11])

II.4. Constitution des fours :

Un four tubulaire est constitué d'une enveloppe métallique de formes diverses, souvent parallélépipède ou cylindrique . Les fours en général se composent de deux principales zones :

II.4.1. Zone de radiation:

Cette zone est constituée principalement d'une chambre de combustion où se développe la flamme, et des tubes sont directement exposés à cette flamme et ils sont placés devant les parois de cette zone en une rangée et parfois fois en deux rangées . Le fluide à chauffer circule à l'intérieur de ce faisceau de tubes. La transmission de chaleur s'effectue principalement par radiation. Une fraction de l'échange se fait également par convection entre les fumées et les tubes.

II.4.2. Zone de convection :

C'est une chambre intermédiaire elle est installée à la sortie des fumées de la chambre de combustion elle est constituée d'un faisceau de tubes, à fin de récupérer la chaleur sensible des fumées, ces derniers circulent à vitesse élevée à travers ce faisceau. Ces tubes peuvent être garnis d'aiguilles, afin d'augmenter la vitesse des fumées et alors la surface d'échange.

II.5. Les fours du complexe GP1/Z :

Les fours du complexe GP1Z (phase I et phase III) sont de types « Lummus, Anderson », ces fours se fonctionnent à avec un taux de transfert élevé et régulier et ils sont adaptés pour des capacités moyenne et importantes . Le four utilisé dans le complexe GP1/Z est à huit passes, il comprend deux chambres de combustion là où le fluide caloporteur passe, une zone de radiation transfert de chaleur par rayonnement équipée par 15 pilotes et 15 brûleurs utilisant comme gaz combustible un mélange entre le gaz naturel et l'éthane récupéré au niveau du dééthaniseur du train. Une deuxième chambre dite zone de convection elle est alimentée par les gaz brûlés de la zone de radiation . Les deux fours

des deux phases (I et III) sont utilisés pour Le chauffage du fluide caloporteur qui est l'huile utilisée comme source de chaleur pour les rebouilleurs les colonnes de la section de séparation où on sépare le C4, C3 et C2, Le chauffage du gaz naturel utilisé pour la régénération des déshydrateurs, Le gaz naturel récupéré de la section de déshydratation et l'éthane extrait de la section de séparation sont utilisés comme combustible pour le four ; en cas de besoin supplémentaire de carburant ; le gaz naturel frais est automatiquement injecté au four.

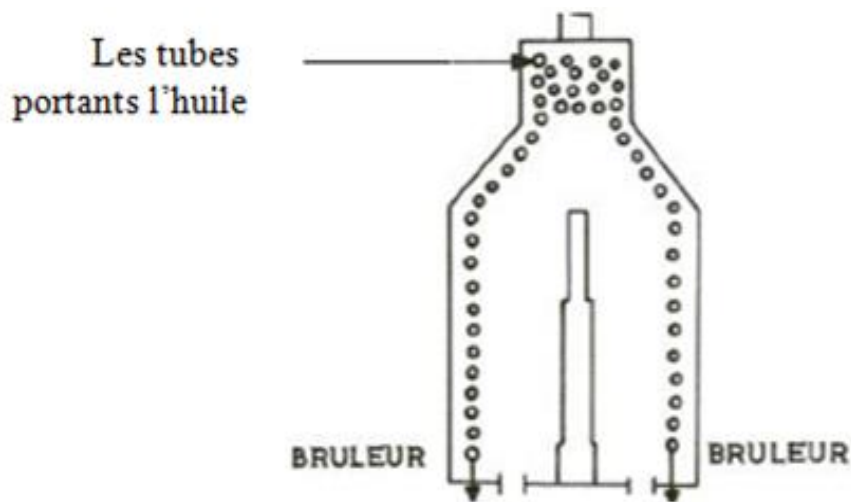


Figure II.2.Fours de type Anderson.

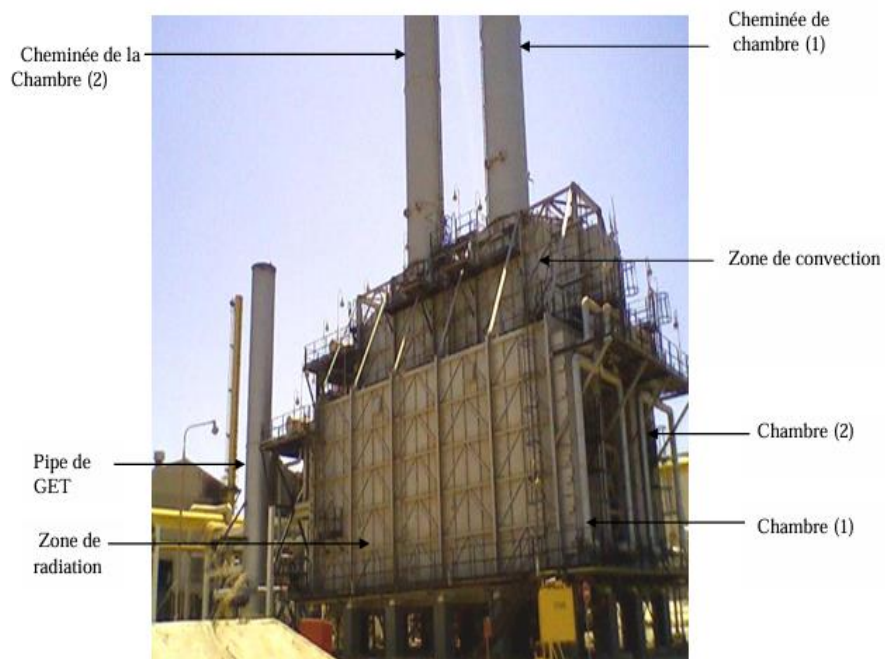


Figure II.3.le four de la phase I du complexe GP1Z.

Le four du complexe GPL1/Z est à huit passes ; l'huile TORADA-TC passe d'abord à travers la zone de convection puis par la zone de radiation. La chaleur est donnée au four par trente (30) brûleurs utilisant comme gaz combustible un mélange entre le gaz naturel et l'éthane récupéré au niveau du dééthaniseur du train.

II.6.Le role des fours du complexe GP1/Z:

Les deux fours : celui de la phase I et celui de phase II sont utilisés pour : Le chauffage du fluide caloporteur qui est l'huile utilisée comme source de chaleur pour les rebouilleurs, les colonnes de la section de séparation où on sépare le C4, C3 et C2 . Le chauffage du gaz naturel utilisé pour la régénération des déshydrateurs. Le gaz naturel récupéré de la section de déshydratation et l'éthane extrait de la section de séparation sont utilisés comme combustible pour le four ; en cas de besoin supplémentaire de carburant ; le gaz naturel frais est automatiquement injecté au four.

II.7.Controle et marche des fours:

La plupart des fours sont équipés d'une régulation automatique de la température de sortie du fluide réchauffé. Le débit de combustible étant asservi à cette température, les installations ont toutes un contrôle automatique poussé. Les variations de température de sortie sont faibles et n'est pas nécessaire de prévoir un réglage automatique de la combustion et en particulier de l'excès d'air. Cependant, dans le cas d'une variation importante du débit de combustible, il faut procéder au réglage manuel de l'excès d'air. Le point important à considérer est la nécessité d'arrêter les brûleurs en cas d'arrêt de la circulation dans les tubes ; en effet, si le débit de fluide à réchauffer devient nul étant que l'alimentation des brûleurs soit coupée, les tubes risquent d'être surchauffés car il ne sont plus refroidis par la circulation du fluide et cette surchauffe peut provoquer des dégâts importants. Donc il faut prévoir une alarme de débit bas sur le débit de fluide à réchauffer, un système coupant l'arrivée de combustible .



CHAPITRE III :
ETUDE DU
RENDEMENT DE
FOUR .

Chapitre III : Etude du rendement du four .

III.1.Introduction :

On se propose, à fin de vérifier l'état d'un four de phase II, et de calculer la chaleur échangée. Nous avons choisi le train 500 qui est le plus représentatif . Tous nos calculs sont basés sur 100 kmols de combustible brûlés . Suite à l'indisponibilité du chromatographe en ligne, nous avons été dans l'obligation de calculer la composition du gaz combustible, sachant qu'il est le mélange d'un gaz naturel et d'un gaz venant du dééthaniseur. Pour nos différents calcul au niveau de la phase II, nous avons choisi le train 500 car toutes les informations techniques sur ce train étaient disponibles.

Détermination de la composition de gaz combustible « **Train500** »:

La détermination de cette composition sera faite par la méthode suivante en prenant compte que les débits de GN et celui du dééthaniseur sont relevés du DCS.

Tableau III.1.Détermination de la composition de gaz combustible.

Composant	X _i % (molaire) GN	X _i % (molaire) dééthannisé	Débit dans le GN	Débit dans l'éthane	Débit dans gaz combustible	X _i % (massique)
N ₂	5,66	0	7,075	0	7,075	4,5566
H ₂	0	0	0	0	0	0
CO ₂	0,23	0	0,2875	0	0,2875	0,1851
H ₂ O	0	0	0	0	0	0
CH ₄	83,56	15,76	104,45	4,7702	109,2202	70,3430
C ₂ H ₆	7,7	73,7	9,625	22,3074	31,9324	20,5660
C ₃ H ₈	1,92	10,54	2,4	3,1902	5,5902	3,6003
IC ₄ H ₁₀	0,27	0	0,3375	0	0,3375	0,2173
nC ₄ H ₁₀	0,43	0	0,5375	0	0,5375	0,3461
IC ₅ H ₁₂	0,09	0	0,1125	0	0,1125	0,0724
nC ₅ H ₁₂	0,09	0	0,1125	0	0,1125	0,0724
C ₆ H ₁₄	0,05	0	0,0625	0	0,0625	0,0402
TOTAL	100	100	125	30,2678	155,2678	100
Débit GN Nm ³ /hr		2800				
Débit ETHA Nm ³ /hr		678				

III.2.Calcul du rendement d'un four:

Le rendement d'un four au niveau de la zone de radiation est un rapport énergétique, de quantité de chaleur absorbée par l'huile dans la zone de radiation sur sa quantité de chaleur fournie dans cette zone.

Le calcul de rendement dans la zone de radiation sera bien détaillé sur le train500.

$$N = \frac{(Q_{\text{abs huile rad}})}{(Q_f - Q_{\text{brûlés}})}$$

$Q_{\text{abs huile rad}}$: chaleur absorbée par l'huile dans la zone de radiation .

Q_f : chaleur globale fournie par le four .

$Q_{\text{brûlés}}$: chaleur des gaz brûlés dans la zone de radiation .

$Q_f - Q_{\text{brûlés}}$: chaleur fournie par le four dans la zone de radiation.

III.2.1. Calcul de la chaleur globale fournie par le four (Q_f) :

La chaleur fournie par le four a été calculée selon la formule suivante :

$$Q_f = \text{LHV} + H_f + H_a$$

LHV : PCI, Pouvoir calorifique inférieur de gaz combustible en Kcal/h.

H_f : La chaleur sensible de gaz combustible en Kcal/h.

H_a : La chaleur sensible d'air en Kcal/h.

Pour déterminer cette chaleur Q_f , on doit calculer LHV, H_f , H_a .

III.2.1.1. Calcul du pouvoir calorifique inférieur du gaz combustible (LHV):

Le pouvoir calorifique (LHV) sera calculé comme suit :

$$\text{LHV} = \text{LHV}' \times (\text{Débit massique de combustible})$$

Où :

LHV' : pouvoir calorifique spécifique de gaz combustible par rapport à 1Kg de ce gaz en Kcal/Kg.

Calcul de LHV' :

$$\text{LHV}' = \sum X_i (\text{massique}) \text{PCI}_i$$

$X_i (\text{massique})$: Composition massique de chaque composant de gaz combustible .

PCI_i : Pouvoir calorifique de chaque composant de gaz combustible à 0° C en kcal/Kg.[5]

M_i : Masse molaire de chaque composant en Kg/Kmole. [6]

$$X_i (\text{massique}) = \frac{X_i (\text{molaire}) M_i}{\sum X_i (\text{molaire}) M_i}$$

$X_i (\text{molaire})$: Composition molaire de chaque composant de gaz combustible.

Tableau III.2. Résultats des calculs pour calculé LHV'.

composant	Xi% (molaire)	Mi (kg/kmol)	Xi(molaire). Mi	Xi % (massique e)	PCi (kcal /kg)	Xi (massique) .PCi
Methane CH4	83,0000	16,0000	13,2800	69,6996	11957,00 00	8333,9785
Ethane C2H6	7,1000	30,0000	2,1300	11,1792	11355,00 00	1269,4009
Propane C3H8	2,2500	44,0000	0,9900	5,1960	11075,00 00	575,4545
i-Butane iC4H10	0,4000	58,0000	0,2320	1,2176	10890,00 00	132,6013
n-Butane nC4H10	0,6000	58,0000	0,3480	1,8265	10940,00 00	199,8153
i-Pentane iC5H12	0,1200	72,0000	0,0864	0,4535	10797,00 00	48,9608
n-Pentane n C5H12	0,1500	72,0000	0,1080	0,5668	10825,00 00	61,3598
n-Hexane nC6H14	0,1800	86,0000	0,1548	0,8125	10825,00 00	87,9490
CO2	0,2100	44,0000	0,0924	0,4850		
Nitrogen	5,8000	28,0000	1,6240	8,5235		
Oxygen	0,0000	32,0000	0,0000	0,0000		
Helium	0,1900	4,0000	0,0076	0,0399		
H2S	0,0000	34,0000	0,0000	0,0000		
H2O	0,0000	18,0000	0,0000	0,0000		
Hydrogen	0,0000	2,0000	0,0000	0,0000		
total	100,0000		19,0532	100,0000	88664,00 00	10709,5202

100Kmole de combustible brûlés à 0 °C libèrent une chaleur de combustion égale à 10909kcal.

$$\text{LHV}' = \sum X_i (\text{massique}) \text{PCI}_i = 10709,5202$$

$$\text{LHV}' \cong 10710 \text{ Kcal/Kg.}$$

III.2.1.2. Calcul du débit massique du combustible :

Correction de débit de combustible : Le débit du combustible donné au niveau du DCS par le FI2301_NG est le débit pour un combustible de composition de gaz naturel de masse volumique de 3.305Kg/m³ . Le combustible brûlé au niveau du four étant un mélange de gaz naturel et d'éthane, une correction du débit de ce gaz lu au du FI2301_NG s'impose [12]. Le débit pour un élément deprimogène est donné par : [15]

$$Q = K * A \left(\frac{\Delta P_0}{\rho} \right)$$

Q : débit du gaz combustible (m³/h) .

K : coefficient de l'orifice de l'élément de mesure .

A : surface de l'orifice en m².

ΔP_0 : perte de charge à travers l'orifice .

ρ : masse volumique (Kg/m³) .

Les paramètres K, A, ΔP_0 étant constants, la variation du débit en fonction de la masse volumique se fait comme suit :

$$\frac{Q (\text{comb})}{Q (\text{GN})} = \frac{\rho (\text{GN})}{\rho (\text{comb})}$$

La masse volumique du gaz combustible est égale à :

$$\rho_{\text{comb}} = \frac{PM}{RTZ}$$

P : pression du combustible en Kpa .

M : masse molaire du combustible en Kg/Kmole .

R : constante des gaz parfaits est égale à de 8.314 Kj/Kmole °K .

T : température du combustible à l'entrée du four en °K .

Z : coefficient de compressibilité du combustible à P et à T.

Tableau III.3.calcul de masse volumique (ρ).

Variables de gaz combustible	Train 500
P (Kpa)	395,53
M (Kg/Kmol)	20,83
T(°K)	292,75
Z	0,98
ρ (Kg/m ³)	3,4615

Sachant que le débit donné par (FI2301_NG) au niveau du train500 est égal à :

$$Q_{GN} = 2800 \text{Nm}^3/\text{h.}$$

$$Q_{\text{comb}} = 2544,4397 \text{ Kg/h.}$$

$$\text{LHV} = \text{LHV}' \times (\text{Débit massique de combustible})$$

Application de calcul :

$$\text{LHV} = 10710 * 2544,4397$$

$$\text{LHV} = 27250949,19 \text{ Kcal/h.}$$

III.2.1.3.Calcul de la chaleur sensible de gaz combustible (H_f) :

La chaleur sensible est la quantité de chaleur emmagasinée dans le combustible avant de subir une quelconque transformation ou réaction, elle dépend de la température du combustible .Elle est calculée comme suit :

$$H_f = H_f' * (\text{débit massique du combustible})$$

➤ Calcul de la chaleur sensible (H_f') :

C'est la chaleur sensible de gaz combustible par rapport à 1Kg de ce gaz, et sera calculée par la formule suivante :

$$H_f' = \sum X_i (\text{massique}) * H_i$$

X_i massique : composition massique de chaque constituant dans le gaz combustible

H_i : Enthalpie de chaque constituant entre 0°C et la température du combustible à l'entrée du four (T).

$$H_i = C_{p_i} dT$$

$$C_{p_i} = B_i + 2 C_i T + 3D_i T^2 + 4E_i T^3 + 5F_i T^4$$

On aura :

$$H_i = (B_i + 2 C_i T + 3D_i T^2 + 4E_i T^3 + 5F_i T^4) dT.$$

$$H_i = B_i (T - T_1) + C_i (T^2 - T_1^2) + D_i (T^3 - T_1^3) + E_i (T^4 - T_1^4) + F_i (T^5 - T_1^5).$$

H_f : Chaleur sensible de gaz combustible .

Cp_i : Capacité calorifique de chaque constituant en $\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$.

B_i, C_i, D_i, E_i, F_i : Des constantes pour chaque constituant i .

T_1 : Température de référence est de $0\text{ }^\circ\text{C}$.

T : Température de gaz combustible à l'entrée du four.

$$X_i (\text{massique}) = \frac{X_i (\text{molaire}) . M_i}{\sum X_i (\text{molaire}) . M_i}$$

Tableau III.4. Calcul de H_f .

composant	$X_i\%$ (molaire)	M_i (kg/kmol)	$X_i(\text{molaire}).M_i$	$X_i \%$ (massique)	H_i (kJ/kg)	H_i , X_i
Methane CH4	83,0000	16,0000	13,2800	69,6996	44,1448	30,7687
Ethane C2H6	7,1000	30,0000	2,1300	11,1792	33,9327	3,7934
Propane C3H8	2,2500	44,0000	0,9900	5,1960	32,2545	1,6759
i-Butane iC4H10	0,4000	58,0000	0,2320	1,2176	32,1748	0,3918
n-Butane nC4H10	0,6000	58,0000	0,3480	1,8265	32,9261	0,6014
i-Pentane iC5H12	0,1200	72,0000	0,0864	0,4535	31,5013	0,1428
n-Pentane n C5H12	0,1500	72,0000	0,1080	0,5668	32,0519	0,1817
n-Hexane nC6H14	0,1800	86,0000	0,1548	0,8125	31,6756	0,2574
CO2	0,2100	44,0000	0,0924	0,4850	16,6347	0,0807
Nitrogen	5,8000	28,0000	1,6240	8,5235	--	--
Oxygen	0,0000	32,0000	0,0000	0,0000	--	--
Helium	0,1900	4,0000	0,0076	0,0399	--	--
H2S	0,0000	34,0000	0,0000	0,0000	--	--
H2O	0,0000	18,0000	0,0000	0,0000	--	--
Hydrogen	0,0000	2,0000	0,0000	0,0000	--	--
Total	100,0000		19,0532	100,0000	--	37,8938

$H_f = 37,8938 \text{ KJ/kg}$ de combustible.

$$H_f' = 9,057 \text{ Kcal /Kg .}$$

Au niveau du train 500, 100 Kmole de combustible brûlé, libèrent une chaleur sensible de 9,057 kcal/kg de combustible. En prenant compte que le débit massique de combustible a été déjà calculé avant.

On aura :

$$H_f = 9,057 \times 2544,4397$$

$$H_f = 23044,99036 \text{ Kcal/h .}$$

III.2.1.3. La chaleur sensible d'air sera calculée suivant cette formule :

$$H_a = H_a' * (\text{débit massique d'air}) .$$

Où H_a' représente la sensible de l'air par rapport à 1 Kg d'air.

$$H_a' = \sum X_i (\text{massique}).H_i$$

Avec :

$X_i (\text{mass})$: fraction massique de composant dans l'air .

H_i : enthalpie des composés de l'air entre la température de référence 0°C et la température à l'entrée du four (T).

On note que les H_i ont été déjà calculés (Tableau III.5) .

$$H_a' = X_{O_2} H_{O_2} + X_{N_2} H_{N_2}$$

Tableau III.5. Les Calculs de (H_a') la sensible de l'air .

Composants	$X_i\%$ (molaire)	M_i (Kg/Kmole)	X_i (molaire) M_i	$X_i\%$ (massique)	H_i (Kj/Kg)	$X_i H_i$ (Kj/Kg)
N2	79	28	22,12	0,766990	19,7112	15,1183
O2	21	32	6,72	0,2330	17,3501	4,04274
Total	100		28,84	1		19,161

$$H_a' = 19,161 \text{ Kj / Kg d'air .}$$

$$H_a' = 4,58 \text{ Kcal/kg d'air.}$$

Calcul du débit massique de l'air:

Le débit massique d'air est déterminé par la formule suivante:

$$\text{Le débit massique d'air} = \frac{Q_v \text{ air} * M_{\text{air}}}{22,4}$$

$Q_{v \text{ air}}$: débit volumique d'air(Nm³/h).

M_{air} : masse molaire d'air.

$Q_{v \text{ air}} = \text{débit volumique d'air entrant dans le four} + \text{l'humidité d'air entrant en (Nm}^3/\text{h)}$.

Calcul du débit volumique d'air entrant dans le four :

Pour ce calcul du débit il faut déterminer la quantité d'oxygène entrante dans le four. le débit d'air sera calculé par cette méthode :

$$\text{Débit volumique d'air entrant} = (\text{débit molaire d'air}) * V_m$$

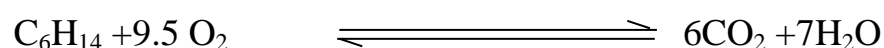
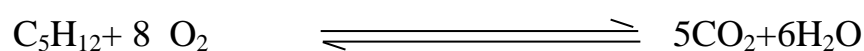
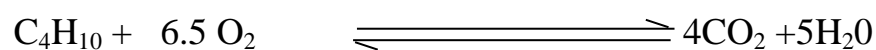
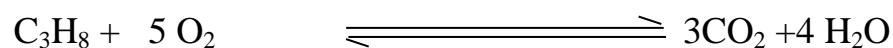
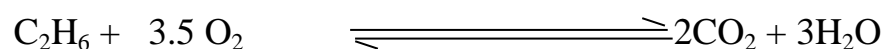
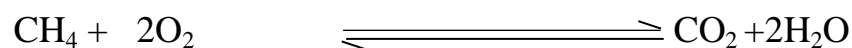
Avec:

V_m : volume molaire.

$$\text{Débit molaire d'air} = \frac{\text{débit molaire de O}_2}{0.21}$$

Calcul du débit molaire d'oxygène :

Les principales réactions chimiques intervenant lors de la combustion au niveau du four sont:



Pour 100Kmole de combustible brûlé avec un excès d'air de 15% et un pourcentage en oxygène dans l'air de 21% on aura :

Tableau III.6. Les débits d' O₂ de la combustion dans la stoechiométrie.

composant	Xi% (molaire)	O ₂ de la combustion dans la stoechiométrie
Methane CH ₄	83,0000	140,686
Ethane C ₂ H ₆	7,1000	71,981
Propane C ₃ H ₈	2,2500	18,0015
i-Butane iC ₄ H ₁₀	0,4000	1,41124
n-Butane nC ₄ H ₁₀	0,6000	2,2496
i-Pentane iC ₅ H ₁₂	0,1200	0,5792
n-Pentane n C ₅ H ₁₂	0,1500	0,5792
n-Hexane nC ₆ H ₁₄	0,1800	0,3819
CO ₂	0,2100	2
Nitrogen	5,8000	0
Helium	0,1900	0
Total	100,0000	237,86964

En considérant un excès d'air de 15% en oxygène (valeur admissible), pour avoir une combustion complète on aura besoin alors d'un débit d'oxygène supplémentaire de :

$$\text{débit d'oxygène} = 0.15 \times 237.86964 = 35,680446 \text{ mole/h.}$$

La quantité totale d'oxygène nécessaire pour brûler 100Kmoles/h de combustible sera donc égale à :

$$237,86964 + 35,680446 = 273,55 \text{ Kmole/h.}$$

Ce qui est équivalent à une quantité d'air dont le débit molaire sera :

$$\text{débit molaire d'air} = \frac{273,55}{0,21}$$

$$\text{Débit molaire d'air} = 1302,61905 \text{ Kmole/h.}$$

Au niveau du train 500, pour 100Kmole de combustible nous avons besoin de 1302,61904 Kmole d'air.

$$\text{Débit volumique d'air entrant} = 1302,61904 \times 22.4$$

$$\text{Débit volumique d'air entrant} = 29\,178,666496 \text{ Nm}^3/\text{h.}$$

Calcul de la quantité d'eau due à l'humidité de l'air de la combustion :

D'après l'équation d'Antoine :

$$\ln P_{\text{sat}} = 11.960884 - \left(\frac{3970.5981}{T + 232.92492} \right)$$

$$P_P(\text{H}_2\text{O}) = \frac{H P_{\text{sat}}}{100}$$

La quantité d'eau en Nm³ dans 1Nm³ d'air = $\frac{PP(H_2O)}{P(amb) - PP(H_2O)}$

P_{sat} : pression de saturation Kg/cm².

T : Température ambiante en °C .

$P_P (H_2O)$: Pression partielle de l'eau en Kg/cm² .

P_{amb} : Pression atmosphérique .

H: Humidité en %.

Avec :

$$T = 19^\circ C$$

$$H = 80\%$$

$$P_{amb} = 1.0322 \text{ Kg/cm}^2$$

Application numérique :

$$\ln P_{sat} = 11.960884 - (3970.5981 / (19 + 232.92492)) = -3,8$$

$$P_{sat} = 0,02237 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_p H_2O = H.P_{sat} / 100 = 80 \times 0,02237 / 100 = 0,017896 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{La quantité d'eau en Nm}^3 \text{ dans 1Nm}^3 \text{ d'air} = (0,017896 / (1,0322 - 0,017896))$$

On obtient 0,01764 Nm³/Nm³d'air.

$$\text{L'humidité dans l'air entrant} = 0,01764 \times 29178,666 = 514,71167 \text{ Nm}^3/\text{h}.$$

L'humidité contenue dans l'air entrant est égale à 514,71167 Nm³/h.

$$Q_v \text{ air} = \text{débit volumique d'air entrant dans le four} + \text{l'humidité d'air entrant en (Nm}^3/\text{h)}.$$

$$\text{Débit volumique d'air} = 514,71167 + 29178,666 = 29693,37767 \text{ Nm}^3/\text{h}.$$

$$\text{Débit volumique d'air} = \frac{29693,37767}{22,4} = 1325,60 \text{ Kmole/h}$$

Ce débit molaire d'air a été calculé pour 100 Kmole de combustible. Pour 122.1411 Kmole de combustible, on obtiendra 1619,08784 Kmole/h d'air.

$$\text{Débit d'air en (Kg/h)} = 1619,08784 \times 28,84 = 46694,49331 \text{ Kg/h}.$$

Suite à les calculs de Ha' et le débit massique d'air il résulte la valeur de Ha :

$$H_a = 4,58 \times 46694,49331 = 213860,7794 \text{ Kcal/h}.$$

Ce qui donne une quantité de chaleur fournie par le four :

$$Q_f = LHV + H_a + H_f$$

$$Q_f = 27250949,19 + 213860,7794 + 23044,99036$$

$$Q_f = 27487854,96 \text{ Kcal/h} .$$

III.2.2.Calcul de la chaleur sensible des gaz brûlés ($Q_{brûlés}$) :

$$Q_{brûlés} = Q'_{brûlés} * (\text{débit massique des gaz brûlés}) .$$

$Q_{brûlés}$: la chaleur des gaz brûlés en Kcal/h .

$Q'_{brûlés}$: la chaleur des gaz brûlés calculée par rapport à 1Kg des gaz brûlés .

III.2.2.1.Calcul de la chaleur sensible des gaz brûlés ($Q'_{brûlés}$) :

C'est la chaleur des gaz brûlés calculée par rapport à 1Kg des gaz brûlés :

$$Q'_{brûlés} = \sum X_i \text{ massique} * H_i$$

$X_i \text{ massique}$: fractions massiques des gaz brûlés .

H_i : enthalpie de composant des gaz brûlés calculée entre la température T_g et la température de référence.

Calcul les H_i :

Les H_i seront calculées par l'équation intégrée dans les chapitres précédents :

$$H_i = B_i (T_g - T_1) + C_i(T_g^2 - T_1^2) + D_i (T_g^3 - T_1^3) + E_i (T_g^4 - T_1^4) + F_i (T_g^5 - T_1^5)$$

T_1 : température de référence est de 0°C .

T_g : température du combustible dans la zone de radiation .

B_i, C, D_i, E_i, F_i : constantes pour chaque constituant i .

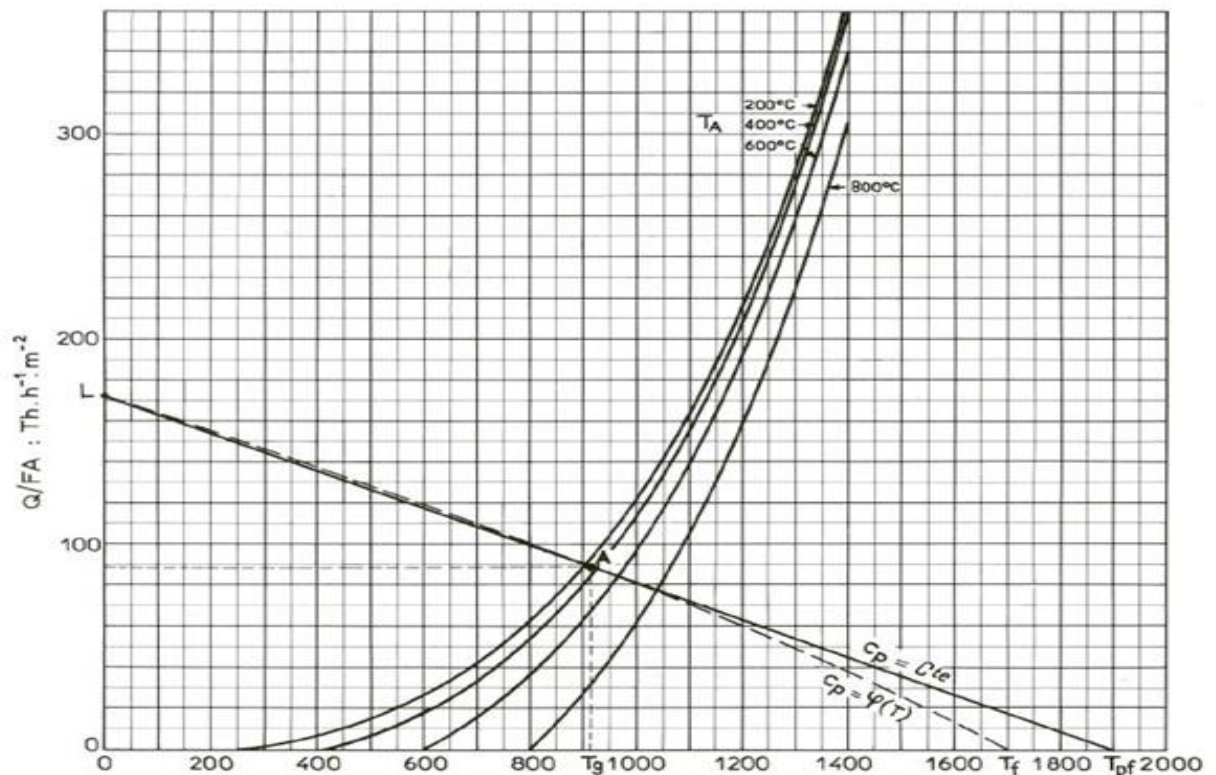


Figure III.1.température de radiation du combustible T_g °C.

On tire la température T_g de gaz combustible au niveau de la zone de radiation en fonction de T_{pf} et du rapport Q_f / F_A et de la température des tubes du four T_{tube} . Elle devrait être égale à celle qui a été supposée, en acceptant à l'écart de 25°C [16].

Calcul du rapport $Q_f / F * A$:

Calcul du F :

Le facteur d'échange F_A sera calculé suivant l'équation suivante :

$$F = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon A} + \frac{A}{A + A_R} \left(\frac{1}{\varepsilon_f} - 1 \right)}$$

Où :

ε_A : Facteur d'absorption des rangées de tubes avec $\varepsilon_A = 0,86 \text{ m}^2$

A: Surface du corps noir équivalent à la surface d'absorption des tubes, $A = 254,81 \text{ m}^2$.

A_R : Surface des réfractaires nus , $A_R = 273,4 \text{ m}^2$.

ε_f : Facteur d'émission de la flamme, $\varepsilon_f = 0,57$.

$$F = \frac{1}{\frac{1}{0,57} + \frac{254,81}{254,81 + 273,4} \left(\frac{1}{0,57} - 1 \right)} = 0.6558$$

Le rapport

$$Q_f / F * A = 8565403,947 / 0,472 \times 254,81 = 71217,93595 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h} .$$

Calcul de la température de pseudo flamme (T_{pf}) :

La température de pseudo flamme a été déterminée par la formule proposée par Lobo et Evans :

$$T_{pf} = \frac{LHV' + Hf' + Ha' \left(\frac{\text{débit massique d'air}}{\text{débit massique combustible}} \right)}{Cp \left(\frac{\text{débit massique d'air}}{\text{débit massique de combustible}} \right)}$$

Où :

Cp : capacité calorifique des gaz brûlés entre la température de référence 0°C et la température estimée T_g sans tenant compte la quantité d'eau entrante dans l'air .

$$T_{pf} = 2086 \text{ °C}$$

Vérification du T_g supposée:

La vérification de T_g se fait suivant la (fig.III.1) après plusieurs itérations la température on obtient:

$$T_g = 920^\circ\text{C}$$

➤ Calcul des H_i :

$$T_1 = 273.15^\circ\text{K} ; T_g = 920^\circ\text{C} = 1193.15^\circ\text{K}$$

$$H_{i\text{ O}_2} = 945,2722 \text{ Kj/Kg}$$

$$H_{i\text{ N}_2} = 1021,8240 \text{ Kj/Kg}$$

$$H_{i\text{ CO}_2} = 1053,9198 \text{ Kj/Kg}$$

$$H_{i\text{ H}_2\text{O}} = 1948,9851 \text{ Kj/Kg}$$

Tableau III.7. les calcul du $Q'_{\text{brûlés}}$.

gaz brulé	x_i molaire	M_i (kg/kmole)	$X_i M_i$	X_i massique	H_i kj/kg	$X_i H_i$ kj/kg	Débit (K mole/h)
O ₂	2,4765	32	0,79248	0,02850451	945,2726	26,9445345	35,3806
N ₂	71,6796	28	20,070288	0,72190310	1021,824	737,657917	1024,0221
CO ₂	8,7973	44	3,870812	0,13922825	1053,9198	146,735416	125,6804
H ₂ O	17,0463	18	3,068334	0,11036413	1948,9851	215,098041	243,5259
Total	100		27,801914			1126,43591	1428,6091

$$Q'_{\text{brûlés}} = 1126,4 \text{ Kj/Kg des brûlés}$$

$$Q'_{\text{brûlés}} = 269,48 \text{ Kcal/Kg des brûlés}$$

III.2.2.2. Calcul du débit des gaz brûlés:

Considérant une combustion complète, 100 Kmole de combustible libèrent 1428.6091 Kmole de brûlés, et pour 122.4751 Kmole de combustible (pris de DCS) on aura 1749.6907 Kmole de brûlés.

Débit des brûlés en Kg/h = (débit des brûlés en Kmole/h) * (masse molaire des brûlés en Kg/Kmole)

Débit des brûlés en Kg/hr = 1749,6970 * 27,8020

Débit des brûlés = 48645,07599 Kg/h.

Il résulte donc:

$$Q_{\text{brûlés}} = Q'_{\text{brûlés}} * (\text{débit massique des gaz brûlés}).$$

$$Q_{\text{brûlés}} = 269,48 \times 48645,07599 = 13108824,89 \text{ Kcal / h.}$$

III.2.3. Calcul de la chaleur absorbée par l'huile dans la zone de radiation :

La quantité de chaleur absorbée par l'huile TORADA est donnée par l'expression suivante :

$$dQ_{\text{abs}} = Q_m \text{ Cp huile } dT$$

$$dQ_{\text{abs}} = P_{\text{huile}} Q_v \text{ Cp huile } dT$$

$$dQ_{\text{abs}} = P_{\text{huile}} Q_v (0.435 + 0.000866 T) dT$$

$$Q_{\text{abs}} = P_{\text{huile}} Q_v \int_{T_e}^{T_s} 0.435 T + 0.000433 T^2$$

Où :

P_{huile} : Masse volumique d'huile en g/cm³ qui sera calculée à la température de sortie du four car la mesure du débit volumique d'huile a été prise à la sortie du four et elle sera déterminée par une régression linéaire à partir du graphe P_{huile} = f(T)

Q_v : Débit volumique d'huile en m³/h.

Q_m: Débit massique d'huile en Kg/h.

Cp: Capacité calorifique d'huile en Kcal/Kg °C .

Avec Cp (Kcal/Kg°C) = 0.435 + 0.000866 T (°C).

T_e_{huile}: température d'huile à l'entrée du four.

T_s_{huile}: température d'huile à la sortie du four.

P(g/cm³) = 0.8825 - 0.00063 T (°C).

P = 769.1 Kg/m³.

Ces valeurs ont été prises du DCS :

T_e = 154°C

T_s = 180°C

Q_v = 1101 m³/ h.

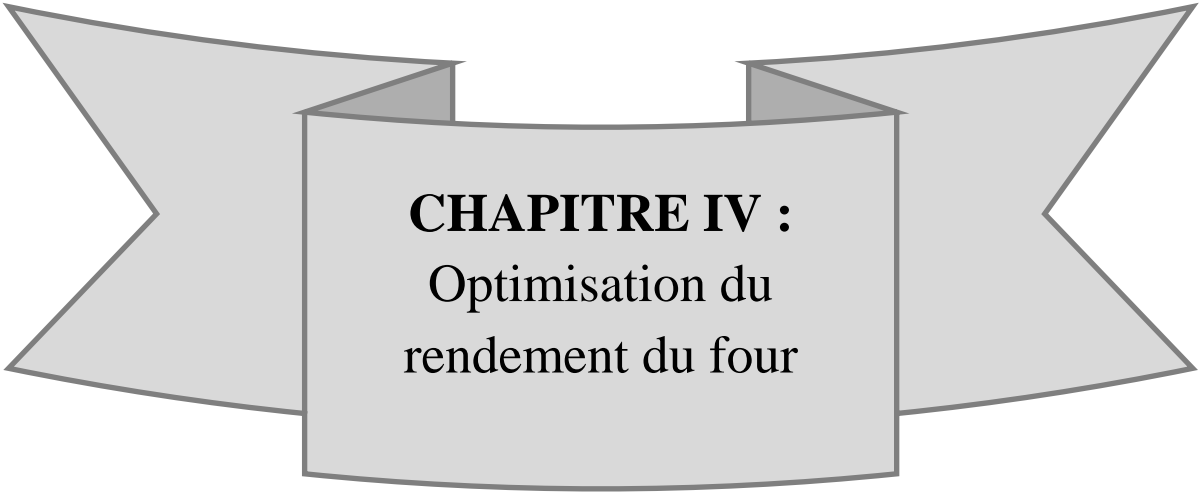
Q_m = 8.471 105 kg/h.

$$Q_{\text{abs}} = 12.76 \text{ Mcal/h.}$$

Calcul du rendement :

$$N = \frac{12,76 * 10^6}{27487854,96 - 13108824,89} = 0,8874$$

$N = 88,74 \%$



CHAPITRE IV :
Optimisation du
rendement du four

Chapitre IV : Optimisation de la section du four.

IV.1.Introduction :

La conception d'une unité de production chimique est une opération complexe qui demande des moyens financiers et humains très importants. Ainsi, lorsqu'un nouveau procédé est développé, le rôle de l'ingénieur consiste à trouver le système le plus adapté non seulement en termes d'efficacité et de sécurité, mais aussi de coût et de rentabilité pour fabriquer le produit. A ce titre, la simulation peut être d'une aide très précieuse en prenant en charge et en traitant ces problèmes. Surtout lorsque de nombreuses variables sont en jeu (diversité des composantes, complexité des interactions, non linéarité des phénomènes, ... etc.).

Le simulateur HYSYS est l'un des plus performants logiciels de simulation.

Le simulateur HYSYS peut être utilisé lors de la conception d'un procédé industriel afin d'établir des bilans de matière et d'énergie d'un procédé industriel et de dimensionner les équipements de ce procédé ou bien dans le suivi des procédés qui sont déjà installés A a fin de réajuster les paramètres de fonctionnement dans le cas de changement de compositions de l'alimentation ou des conditions de fonctionnement de certains.

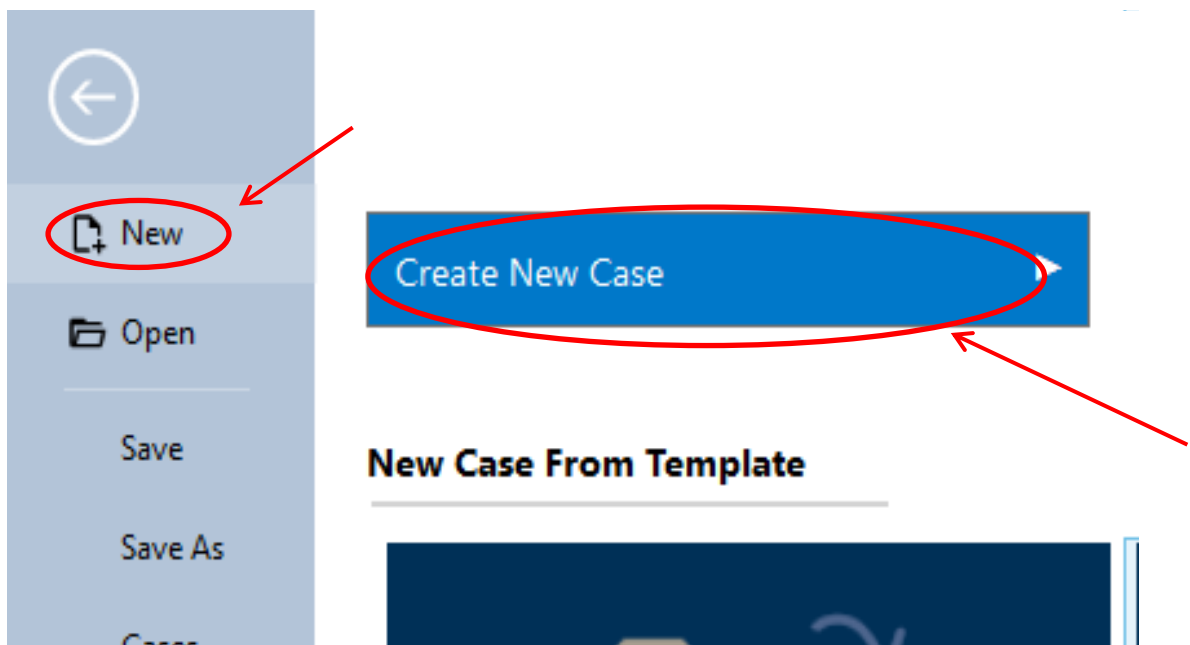
Le but de ce travail est de simuler un procédé composé de plusieurs équipements tels que le ; le séparateur ; le four ; la pompe ; vanne ; le mixeur ; le recycle ; la simulation a pour but de maîtriser la création d'un procédé complet par le simulateur HYSYS.

optimisation du rendement du four Cela affecte négativement les performances et les garniture mécanique de la pompe. Cette proposition devrait permettre préserver la pompe en fonctionnement plus longtemps en sa régime et en diminution la quantité de gaz naturel nécessaire au fonctionnement de la fournaise ce qui diminue au sont tours les gaz à effet de serre et la température des Gas échappée vers atmosphère Ce qui affecte directement sur notre environnement. Pour ce faire, nous devons :

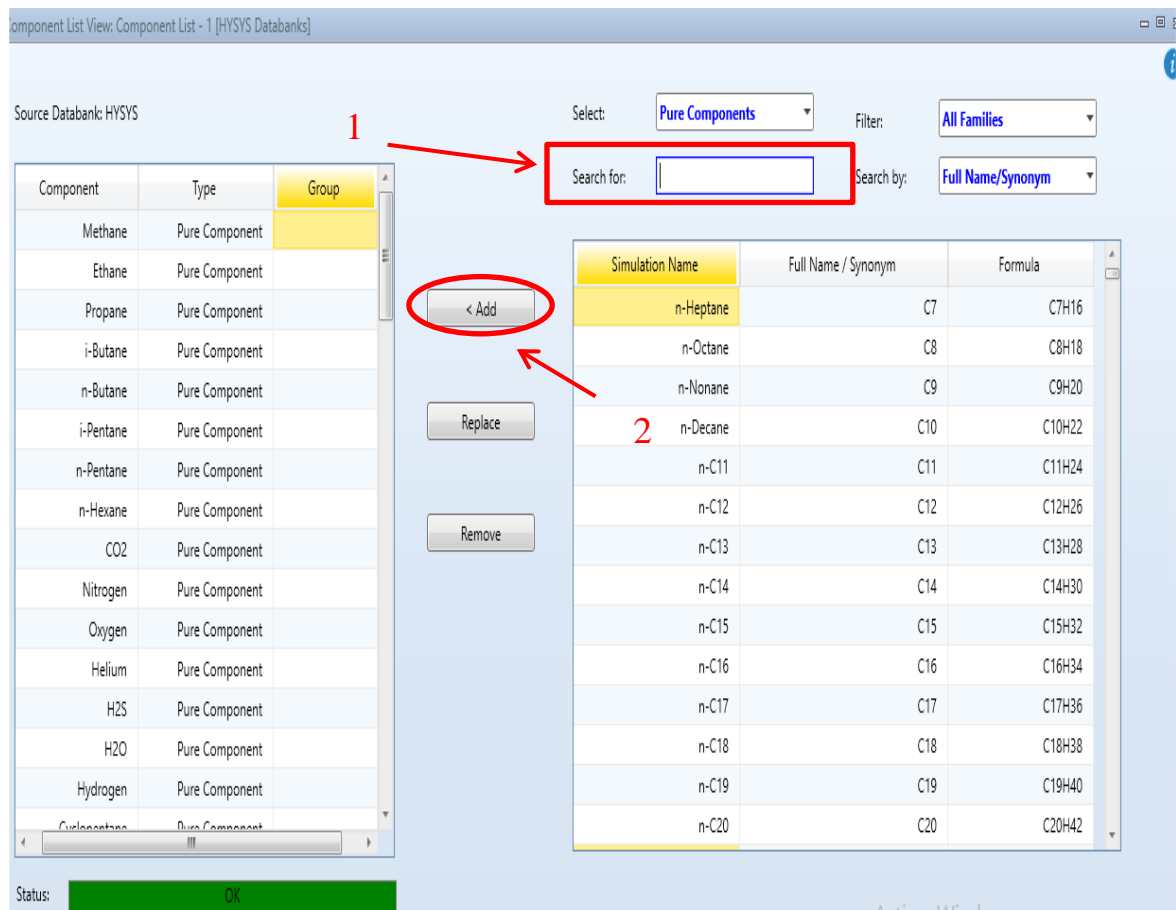
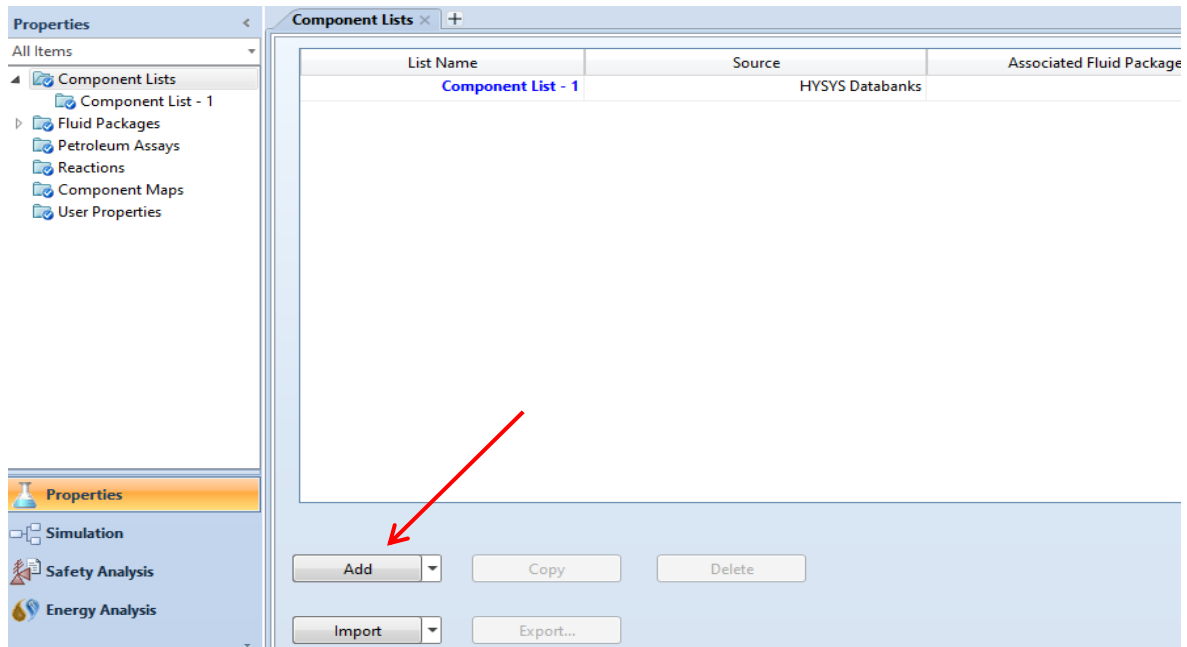
- 1. Contrôle du circuit d'huile :** Le circuit comprend : un circuit d'huile chaude ainsi qu'un circuit de réchauffage GN. Dans cette étape il faut S'assurer d'existence du circuit par
- 2. Vérifier les chemins empruntés par les deux fluides (pétrole et gaznaturel)** pour faire fonctionner le train. S'il existe des obstacles lors du trading liquide, des solutions appropriées doivent être trouvées.
- 3. Contrôle de la pompe à huile :** Il faut s'assurer que la pompe peut faire circuler le flux de l'huile étudiée.
- 4. Inspection du four :** Vous devez vous assurer que le four peut fournir la quantité de chaleur nécessaire à son fonctionnement.
- 5. Vérifiez le réchauffage GN :** Il faut s'assurer que le flux de réchauffage GN d'un four puisse régénérer les tamis Entraînez les particules plus sèches, sans aucune perturbation.

IV.2 Etapes de la simulation :

1. Accéder à Hysys ; crée un nouveau cas : File → New → Case



2. Ajouter les composants : Add → Composants



Component	Type	Group
Methane	Pure Component	
Ethane	Pure Component	
Propane	Pure Component	
i-Butane	Pure Component	
n-Butane	Pure Component	
i-Pentane	Pure Component	
n-Pentane	Pure Component	
n-Hexane	Pure Component	
CO2	Pure Component	
Nitrogen	Pure Component	
Oxygen	Pure Component	
Helium	Pure Component	
H2S	Pure Component	
H2O	Pure Component	
Hydrogen	Pure Component	
Cyclopentane	Pure Component	

d

Component	Type	Group
Cyclopentane	Pure Component	
NBP[0]30*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]40*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]50*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]60*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]70*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]80*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]90*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]100*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]110*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]120*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]130*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]140*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]150*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]160*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1
NBP[0]170*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1

Status: OK

1

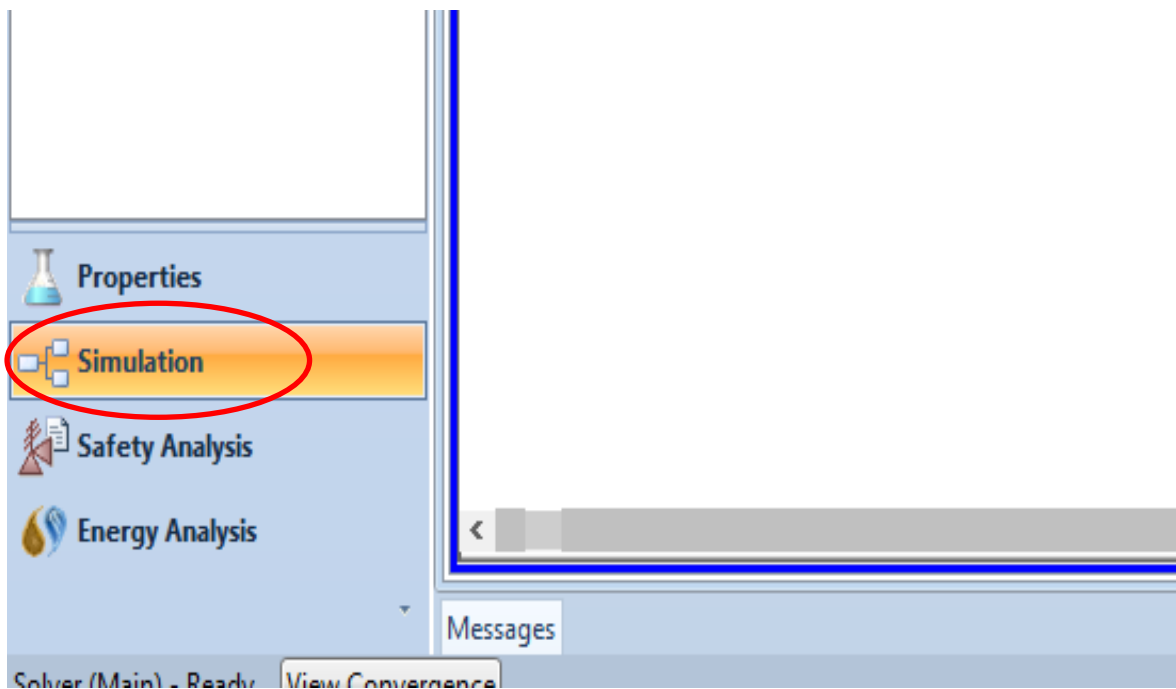
2

Property Package Selection

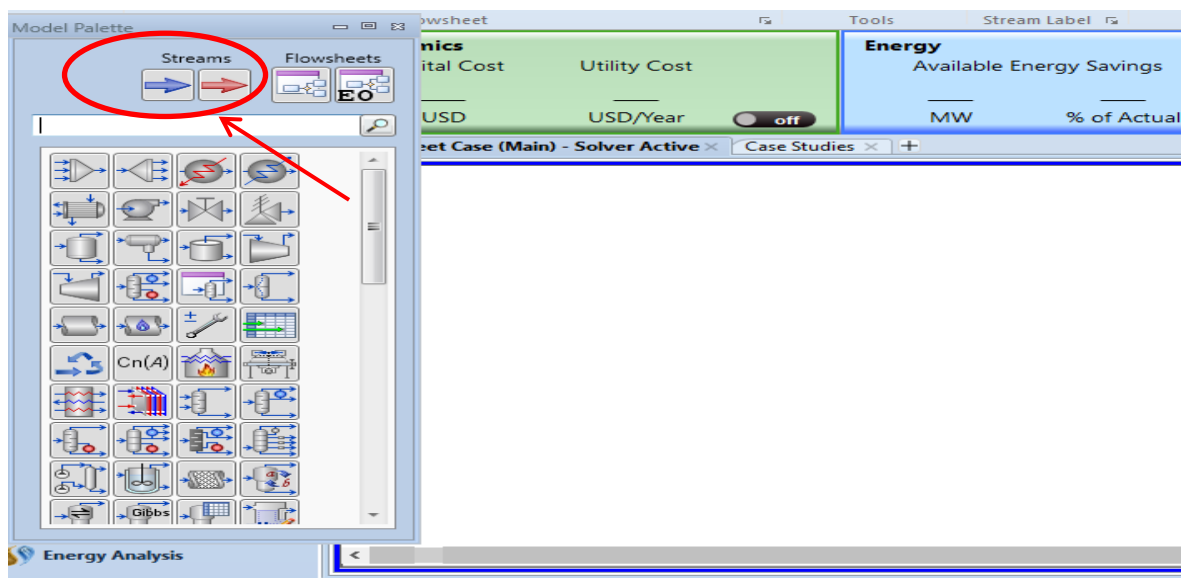
- Grayson Streed
- IAPWS-IF97
- Kabadi-Danner
- Lee-Kesler-Plöcker
- MBWA
- NBS Steam
- NIPTL
- Peng-Robinson**
- PR-Two
- PRSV
- Sour PR
- Sour SRK
- Sour Water
- SRK
- SRK-Twu
- Sulsim (Sulfur Recovery)
- Twu-Sim-Tassone
- UNIQUAC

Options	Property Package EOS
Enthalpy	Property Package EOS
Density	Costald
Modify Tc, Pc for H2, He	Modify Tc, Pc for H2, He
Viscosity Method	HYSYS Viscosity
Peng-Robinson Options	HYSYS
EOS Solution Methods	Cubic EOS Analytical Method
Phase Identification	Default
Surface Tension Method	HYSYS Method
Thermal Conductivity	API 12A3.2-1 Method

Property Pkg OK



3. Prendre un Stream bleu à partir de la palette d'objet Double click sur la flèche → conditions → Entré « Stream Name » "1" et taper « Comp entrée » → Entré la température «137,3°C » → Entré molar flow «2493 kgmole/h» → Entré pression «101,3Kpa»



Stream Name	1
Vapour / Phase Fraction	0,0000
Temperature [C]	137,3
Pressure [kPa]	101,3
Molar Flow [kgmole/h]	2493
Mass Flow [kg/h]	1,020e+006
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	1131
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7,696e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	1253
Heat Flow [kJ/h]	-1,919e+009
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	1136
Fluid Package	Basis-1
Utility Type	

4. Allez à composition → Entré « Moles Fractions » →

Material Stream: 1

Worksheet Attachments Dynamics

Worksheet	Mole Fractions	Liquid Phase
Conditions		
Properties		
Composition		
Oil & Gas Feed		
Petroleum Assay		
K Value		
User Variables		
Notes		
Cost Parameters		
Normalized Yields		
Emissions		
Methane	0,0002	0.0002
Ethane	0,0003	0.0003
Propane	0,0004	0.0004
i-Butane	0,0004	0.0004
n-Butane	0,0002	0.0002
i-Pentane	0,0018	0.0018
n-Pentane	0,0002	0.0002
n-Hexane	0,0000	0.0000
CO2	0,0000	0.0000
Nitrogen	0,0000	0.0000
Oxygen	0,0000	0.0000
Helium	0,0000	0.0000
H2S	0,0000	0.0000
H2O	0,0000	0.0000
Hydrogen	0,0000	0.0000
Cyclopentane	0,0004	0.0004
NBP[0]30*	0,0006	0.0006
NBP[0]40*	0,0007	0.0007
NBP[0]50*	0,0011	0.0011
NBP[0]60*	0,0011	0.0011
NBP[0]70*	0,0012	0.0012
NBP[0]80*	0,0013	0.0013
NBP[0]90*	0,0014	0.0014
NBP[0]100*	0,0016	0.0016
NBP[0]110*	0,0017	0.0017
NBP[0]120*	0,0018	0.0018
NBP[0]130*	0,0020	0.0020
Total	1,00000	

Edit... View Properties... Basis...

OK

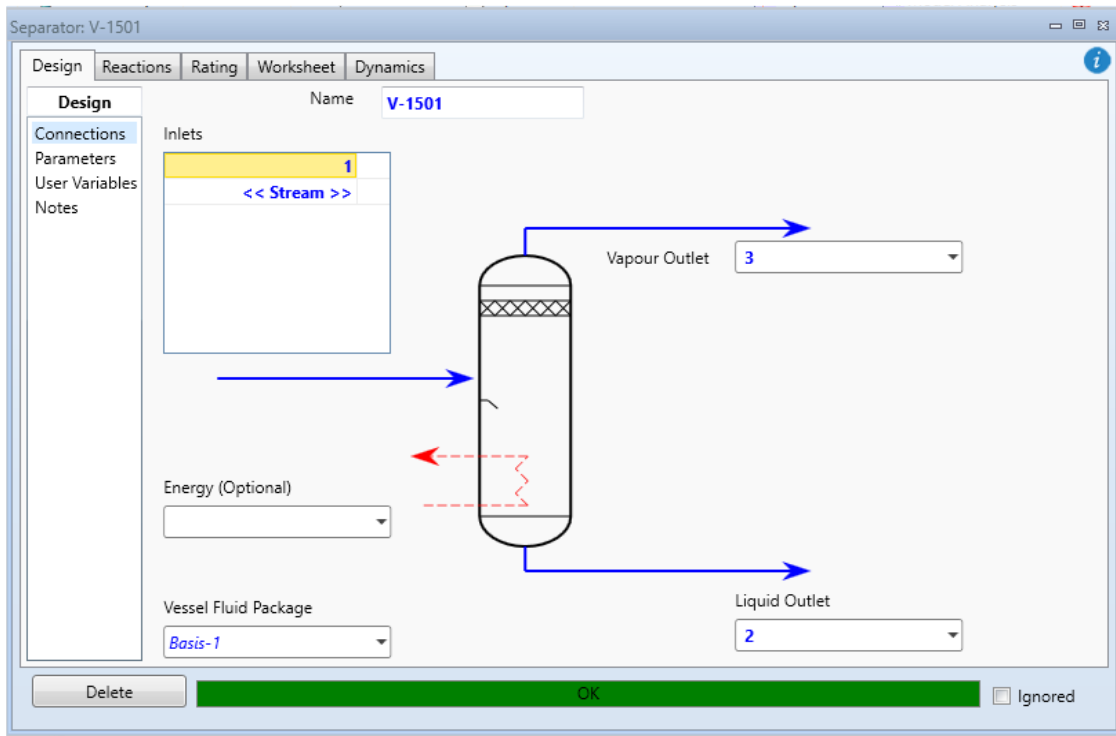
Tableau IV.1.les fraction molaire des composants .

Methane	2,00E-04
Ethane	3,00E-04
Propane	4,00E-04
i-Butane	4,00E-04
n-Butane	2,00E-04
i-Pentane	1,80E-03
n-Pentane	2,00E-04
n-Hexane	0
CO2	0
Nitrogen	0
Oxygen	0
Helium	0
H2S	0
H2O	0
Hydrogen	0
CO	0
NBP[1]420*	4,21E-02
NBP[1]430*	4,45E-02
NBP[1]440*	4,63E-02
NBP[1]450*	9,55E-02
NBP[1]460*	9,44E-02
NBP[1]470*	8,59E-02
NBP[1]480*	7,53E-02
NBP[1]490*	6,21E-02
NBP[1]500*	4,82E-02
NBP[1]510*	3,52E-02
NBP[1]520*	2,87E-02
NBP[1]530*	1,61E-02
NBP[1]540*	8,40E-03
NBP[1]550*	7,00E-03

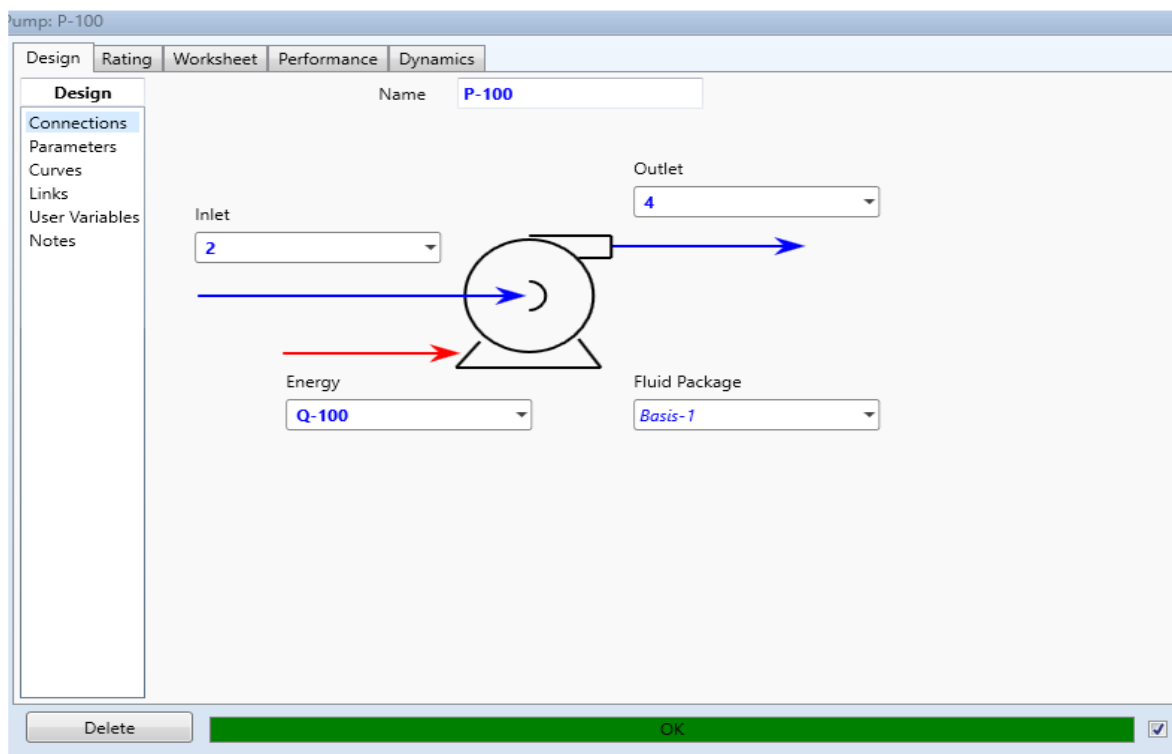
Cyclopentane	4,00E-04
NBP[1]30*	6,00E-04
NBP[1]40*	7,00E-04
NBP[1]50*	1,10E-03
NBP[1]60*	1,10E-03
NBP[1]70*	1,20E-03
NBP[1]80*	1,30E-03
NBP[1]90*	1,40E-03
NBP[1]100*	1,60E-03
NBP[1]110*	1,70E-03
NBP[1]120*	1,80E-03
NBP[1]130*	2,00E-03
NBP[1]140*	2,20E-03
NBP[1]150*	2,40E-03
NBP[1]160*	2,60E-03
NBP[1]170*	2,80E-03
NBP[1]180*	3,00E-03
NBP[1]190*	3,20E-03
NBP[1]200*	3,40E-03
NBP[1]210*	3,70E-03

NBP[1]220*	3,90E-03
NBP[1]230*	4,20E-03
NBP[1]240*	4,40E-03
NBP[1]250*	4,70E-03
NBP[1]260*	5,00E-03
NBP[1]270*	5,30E-03
NBP[1]280*	5,60E-03
NBP[1]290*	5,80E-03
NBP[1]300*	6,10E-03
NBP[1]310*	6,40E-03
NBP[1]320*	6,70E-03
NBP[1]330*	7,00E-03
NBP[1]340*	7,30E-03
NBP[1]350*	1,11E-02
NBP[1]360*	2,21E-02
NBP[1]370*	2,56E-02
NBP[1]380*	2,93E-02
NBP[1]390*	3,27E-02
NBP[1]400*	3,61E-02
NBP[1]410*	3,93E-02

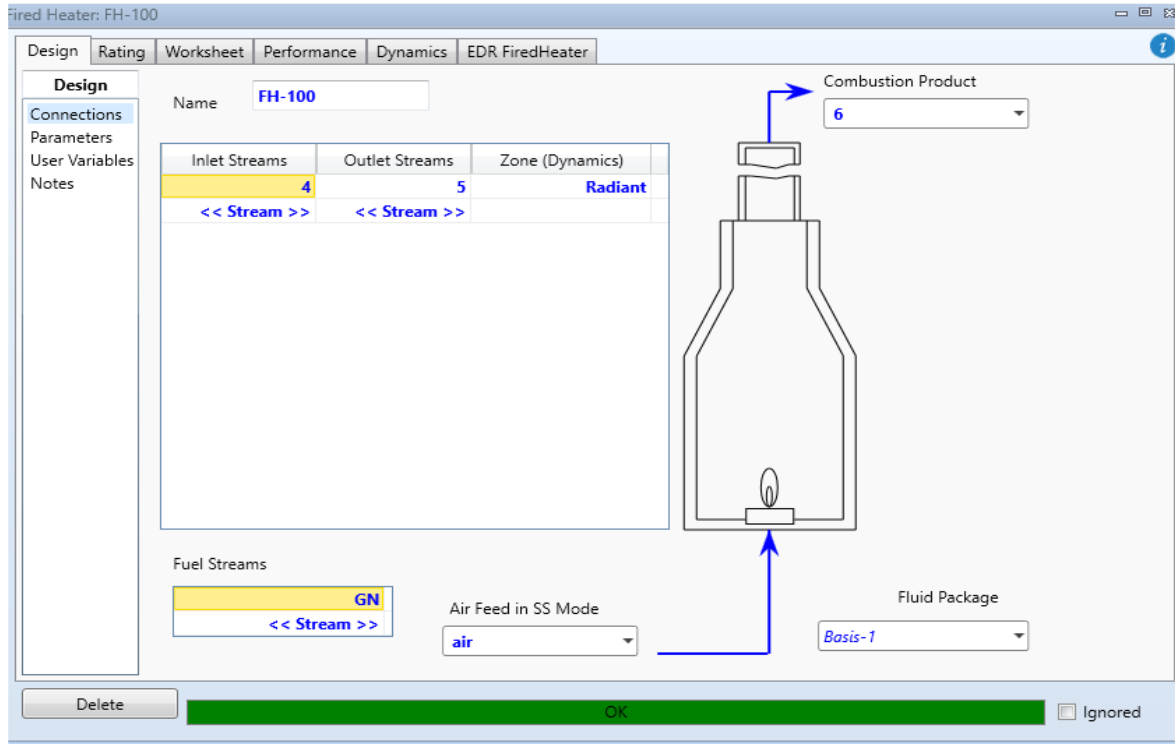
5. Ajouter un séparateur à partir de la palette d'objet → Entré l'Intel et taper « comp entré ».



6. Ajouter une pompe à partir de la palette a objets → Entré la sortie du pompe (outlet) «Stream Name » et taper « 4 » → Entré la pression « 789 Kpa ».



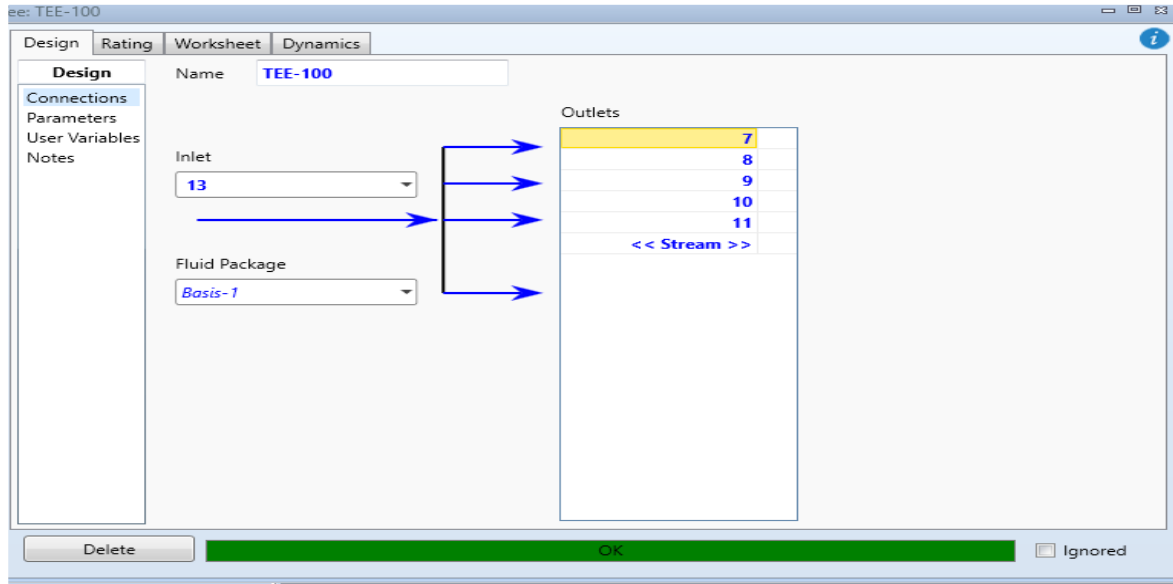
7. Ajouter un four de la palette a objet → Entré « Stream Name » → Entré les donnée des stream (fuel stream) GN avec une température (0°c) et une pression P= 784,8 Kpa .Et d'air température (25°c) et pression (101,3Kpa)



8. Ajouter un Stream bleu de la palette a objet → Double click sur la flèche → Entré « Stream Name » et taper «5» → Entré la température (170°c) et une pression(789 Kpa) .

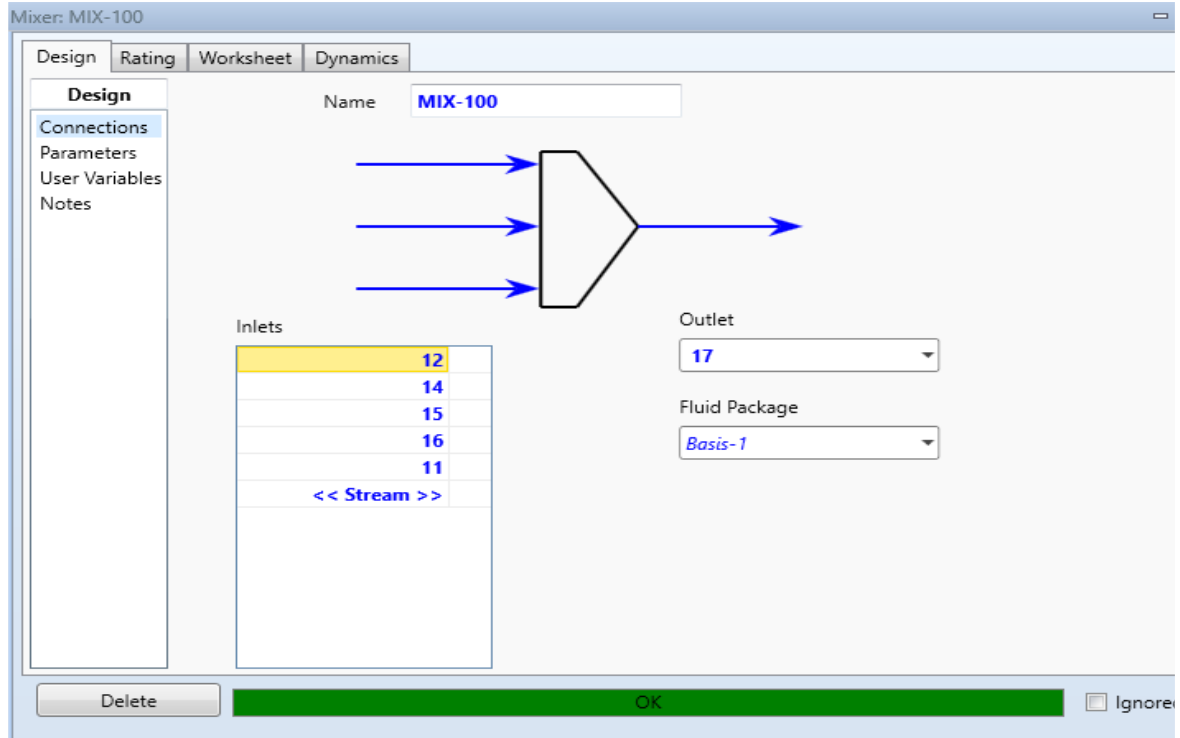
9. Ajouter une vanne → une pression (120Kpa) a la sortie (stream13).

10. Ajouter un TEE-100 de la palette →ajouté les steam de sortie avec leurs débit volumique de liquide .



11.Double click sur les Cooler

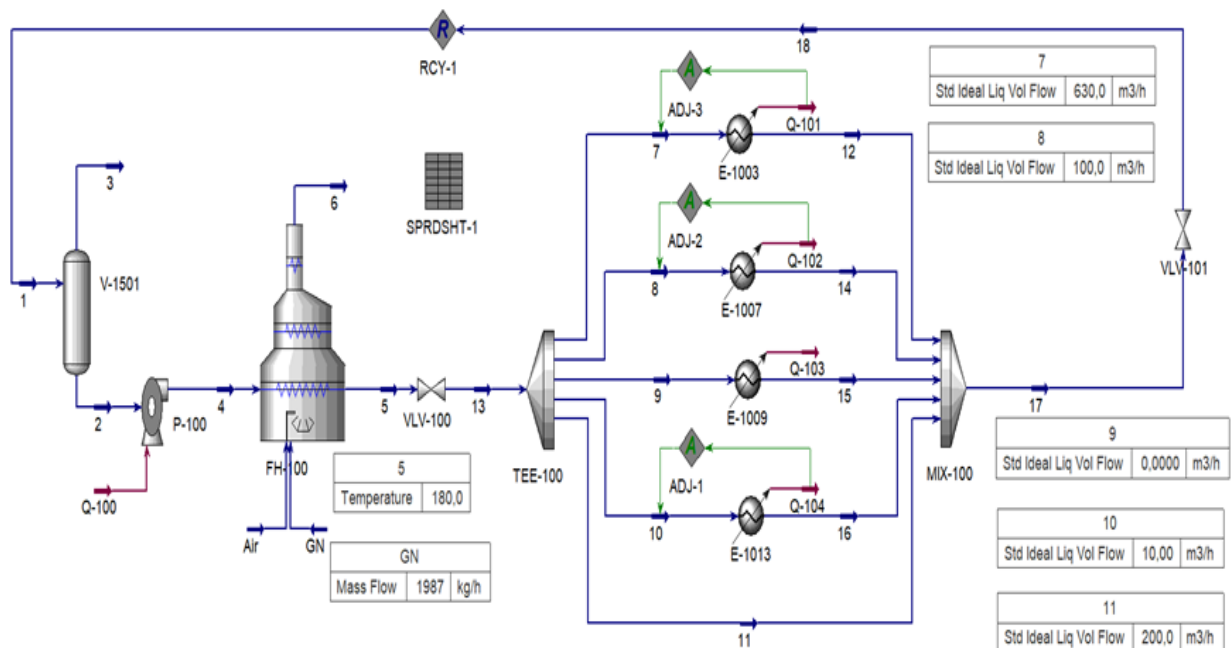
- Entré dans l’Intel «7» → Entré dans Outlet «12» → Entré dans Energy « Q-101»
- Entré dans l’Intel «8» → Entré dans Outlet «14» → Entré dans Energy « Q-102».
- Entré dans l’Intel «9» → Entré dans Outlet «15» → Entré dans Energy « Q-103 ».
- Entré dans l’Intel «10» → Entré dans Outlet «16» → Entré dans Energy « Q-104 ».



12.Paramètre → Delta « 0 psi ».

1.Double click sur mixeur → Entré inlets «stream "12,14,13,16,11" » → Entré outlets «17»

IV.3. Schéma général du logiciel HYSYS



IV.4. Le but d'optimisation:

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

IV.5. Etude Economique :

Afin de mettre en valeur la solution opté dans ce travail, nous proposons une estimation du gain en gaz naturel, en prolongeant la durée de la phase d'adsorption jusqu'à 164 heures toute en gardant les séquences de chauffage et de refroidissement identiques aux design. En effet, cette solution nous permet, aussi, de préserver les tamis moléculaires et d'augmenter leur duré de vie, ce qui engendre un gain supplémentaire dans l'acquisition des tamis neufs.

IV.5.1. Etude économique des résultats de la solution optimale:

- Gain en gaz naturel:

Tableau IV.2.Case Study résultat.

	Température (°C)	Débit volumique spécifique(m ³ /h)				Débit massique (kg/h)
Case 1	158	1105,182	181,6413	18,16413	2365,13	1916,38
Case 2	159	1104,431	175,3065	17,53065	2437,478	1975,001
Case 3	160	1067,155	169,3898	16,93898	2437,44	1974,97
Case 4	161	1032,262	163,8512	16,38512	2435,993	1973,797
Case 5	162	999,5295	158,6555	15,86555	2437,363	1974,908
Case 6	163	968,7627	153,7718	15,37718	2437,325	1974,877
Case 7	164	939,7906	149,1730	14,9173	2437,287	1974,845
Case 8	165	912,4595	144,8348	14,48348	2437,208	1974,782
Case 9	166	886,6352	140,7357	14,07465	2436,44	1974,16
Case 10	167	862,1961	136,8565	13,68565	2437,171	1974,752
Case 11	168	839,0337	133,1799	13,31762	2436,668	1974,344
Case 12	169	817,051	129,6906	12,96906	2437,093	1974,689
Case 13	170	796,159	126,3745	12,63745	2437,054	1974,657
Case 14	171	776,280	123,2185	12,32292	2437,016	1974,627
Case 15	172	757,342	120,2130	12,0213	2436,976	1974,594
Case 16	173	739,279	117,3459	11,73464	2436,308	1974,053
Case 17	174	722,033	114,6084	11,46084	2436,421	1974,144
Case 18	175	705,548	111,9918	11,19918	2436,859	1974,499
Case 19	176	689,776	109,4883	10,94883	2436,819	1974,467
Case 20	177	674,672	107,0909	10,70911	2436,78	1974,435
Case 21	178	660,1947	104,7928	10,47928	2436,334	1974,074
Case 22	179	646,3051	102,5881	10,25881	2436,701	1974,371
Case 23	180	632,9684	100,4712	10,04712	2435,755	1973,604

$$T=180\text{ °C} \quad \longrightarrow \quad Q_{GN}=1973,604\text{ Kg/h}$$

$$T=158\text{ °C} \quad \longrightarrow \quad Q_{GN}=1916,38\text{ Kg/h}$$

$$\Delta Q_{GN} = 1973,604 - 1916,38 = 57,224\text{ Kg/h.}$$

-Le gain en GN pour un train par ans = $57,224 \times 24 \times 365 = 501282,24\text{ Kg/ans.}$

-Prix unitaire du GN:

$$1\text{ Nm}^3/\text{h} = 1,255\text{ DA.}$$

$$1\text{ Nm}^3/\text{h} = 0,0446\text{ Kg/h.}$$

$$x\text{ Nm}^3/\text{h} = 57,224\text{ Kg/h.}$$

$$x=1283,049327\text{ Nm}^3/\text{h.}$$

-Le gain en GN pour un train par ans= $11239512,10452 \text{ Nm}^3/\text{ans}$.

-Le gain en GN pour 9 trains par ans = $11239512,10452 * 9 = 101155608,9 \text{ Nm}^3/\text{ans}$.

-Prix du GN pour 9 train = $101155608,9 * 1,255 = 126950289,2 \text{ DA}$

Cette optimisation nous permet d'économisée une quantité annuelle de GN qui se traduit par une valeur de (126 950 289,2 DA).

IV.6.Résultats et discussion :

Avant l'amélioration du système du train 500, l'huile utilisée pour transférer la chaleur à tous les échangeurs du train sortait du four à une température de 180 °C et à un débit d'environ 940 m³/h. Cependant, les modifications apportées au complexe ont commencé à avoir un impact négatif sur les garnitures mécaniques des pompes à huile, ce qui a entraîné des coûts de remplacement annuels et des problèmes de maintenance.

Cela nous a incités à envisager des améliorations visant à augmenter le débit et à réduire la température simultanément. En collaboration avec les ingénieurs GP1Z, nous avons travaillé sur les paramètres optimaux. Notre objectif était de parvenir à ces améliorations sans compromettre le processus de distillation ni la qualité du produit final. Pour cela, nous avons utilisé le programme de simulation HYSYS en respectant les limites maximales de chaque échangeur de chaleur. Nous avons procédé par étapes successives en utilisant une approche de cas d'étude. Nous avons réduit la température de 180 °C à 158 °C tout en surveillant le débit. Nous avons constaté que le système pouvait fonctionner normalement à cette température, et le débit a augmenté jusqu'à environ 1 500 m³/h.

L'augmentation du débit a grandement contribué à améliorer l'entretien de la pompe. Après avoir présenté ces résultats aux ingénieurs, ils les ont pris au sérieux et ont commencé à les mettre en œuvre sur le train 500 pendant un an. Si aucun problème ne survient, ces améliorations seront appliquées à tous les autres trains par la suite.

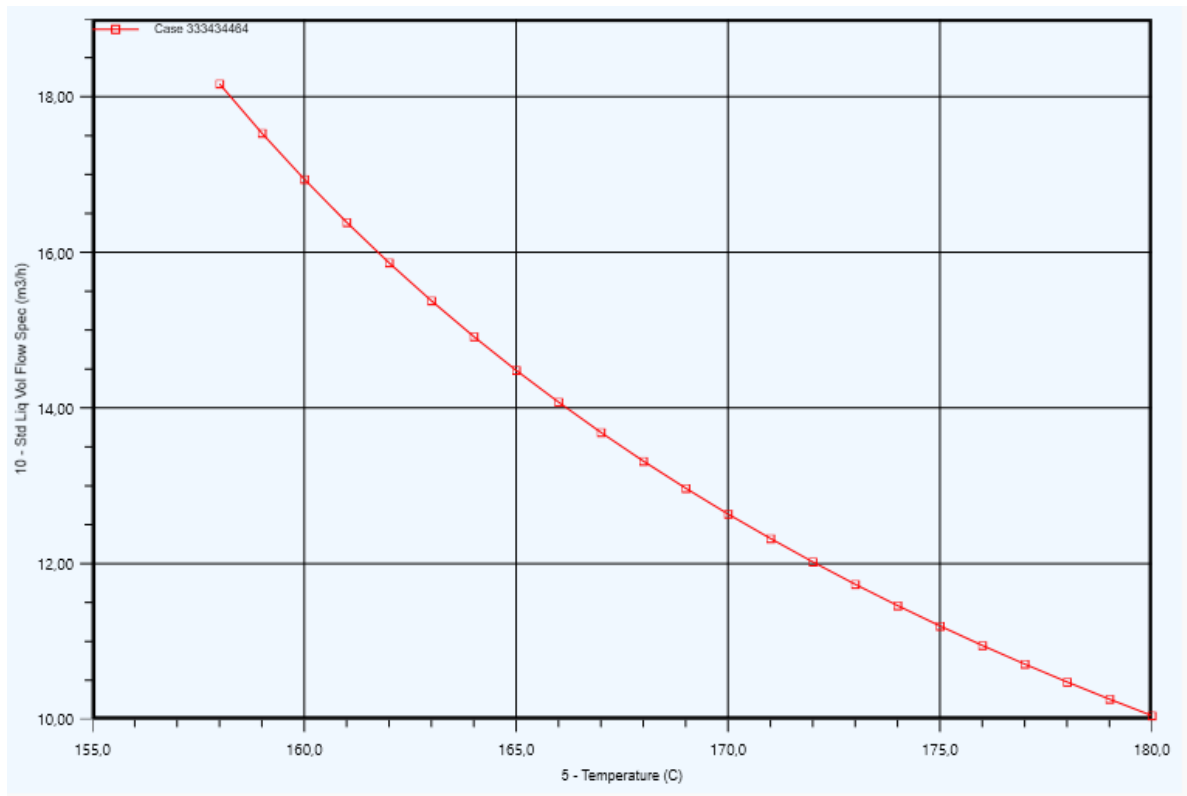


Figure IV.1. diagramme de débit volumique de E1013 en fonction de la temperature T(°c)

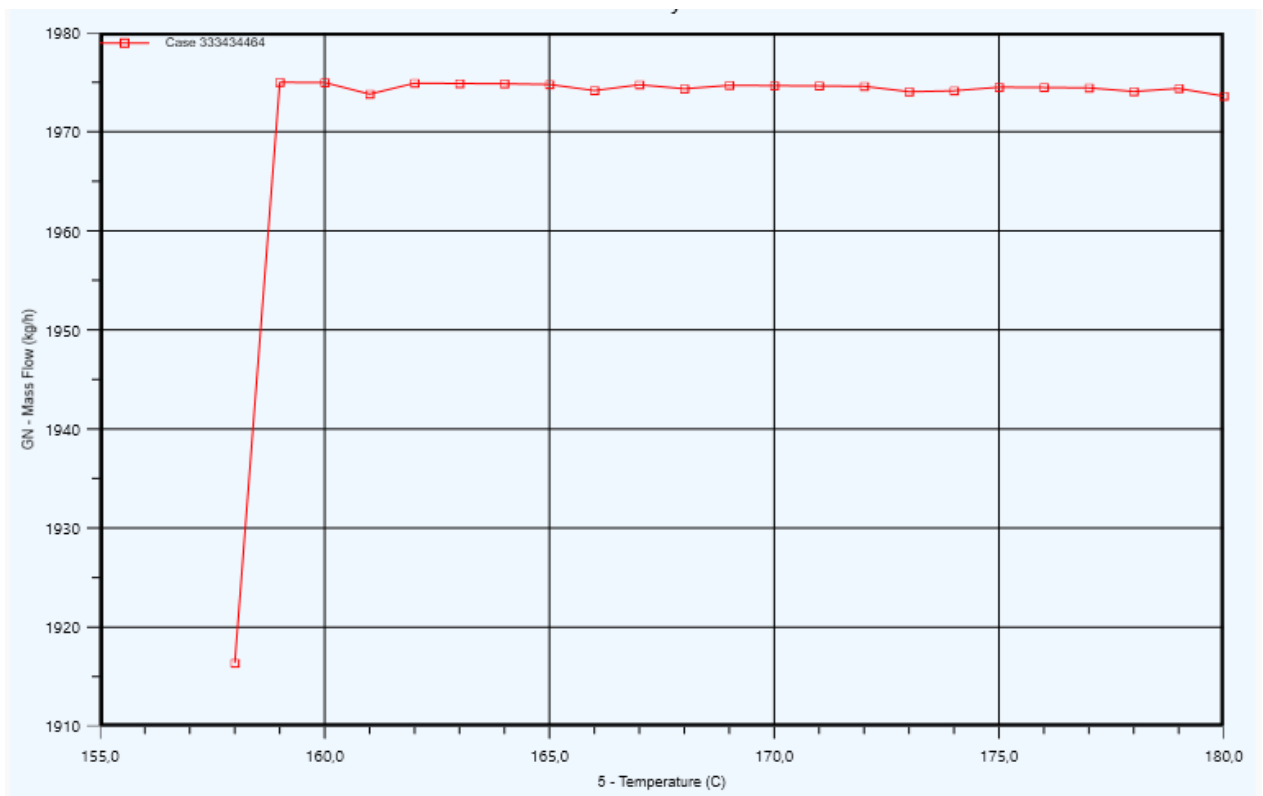
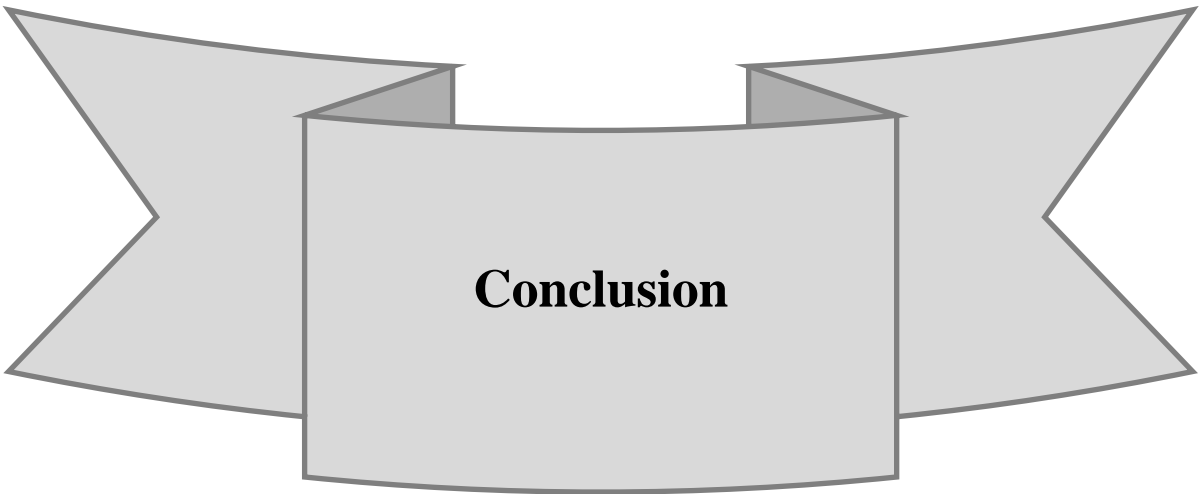


Figure IV.3. Diagramme de débit volumique de GN en fonction de temperature T(°c)

IV.5. Conclusion :

Dans cette communication nous avons simulé un processus composé d'équipements tels que le refroidisseur ; le séparateur ; le four. Il a été simulé grâce à un simulateur mondialement connu et très utilisé dans l'industrie. Nous avons décrit les principaux éléments constitutifs de HYSYS. Ces simulateurs sont d'une utilisation aisée moyennant maîtrise des concepts fondateurs, module et courant, une bonne connaissance générale de génie des procédés. On comprend alors aisément leur succès et leur large utilisation pour la conception, l'analyse et la conduite des procédés assistés par ordinateur. Les applications qui ont été détaillées dans ce travail est une petite partie de ce que peut faire logiciel HYSYS.



Conclusion

Conclusion générale :

Ce travail a été réalisé après avoir effectué un stage pratique qui a duré plus de 2 mois au niveau du site Sonatrach situé dans la région d'Arziw de la wilaya d'Oran. Ceci nous a permis de mieux comprendre le processus industriel de traitement de gaz naturel et d'acquérir des compétences professionnelles. Le but de ce travail est d'étudier le rendement du four et l'optimiser. Le modèle utilisé dans cette simulation est développé à partir des bilans massiques, thermiques, ainsi que les cinétiques de formation des polluants générés lors de la combustion du fuel gas. Le modèle est validé par des analyses des produits de combustion et des mesures de température du fluide à la sortie du four effectués in situ. Il permet ensuite d'effectuer une étude d'optimisation du four pour déterminer les conditions de fonctionnement optimales. De la multitude des algorithmes d'optimisation disponibles, nous avons choisi de tester le logiciel de HYSYS qui est l'un des logiciels les plus cités dans la littérature. Ainsi, l'optimisation a été réalisée afin de minimiser le coût de traitement d'huile, G_n , et de maximiser le rendement énergétique du four. À travers les résultats obtenus pour l'optimisation, nous avons constaté que l'optimisation multicritère est une démarche très importante dans la conception et la conduite des fours industriels. Elle permet de considérer plusieurs objectifs simultanément et présente en sortie l'ensemble des solutions possibles qui révèlent être les différents compromis entre les objectifs considérés. Par ailleurs, il s'est avéré par l'étude paramétrique que le débit du fuel gas, le débit et la température de l'air comburant ont une influence très importante sur l'indicateur économique E , le rendement énergétique η . Par contre, les autres paramètres n'affichent qu'une légère influence sur la variation de performance. Enfin, l'étude présentée dans ce mémoire se situe dans un domaine d'actualité, de nouvelles idées peuvent être proposées et suggérées pour la continuation de l'avancement de ce travail telles que : La réduction de la consommation de gaz naturel et la protection de la garniture du pompe contre les dommages.



**Références
Bibliographique**

Références Bibliographique :

- [1] Richard TILAGONE, Bertrand LECOINTE, Techniques de l'ingénieur, Article : Gaz naturel- Énergie fossile, Réf : BM 2591 v1, 10 juillet 2014
- [2] Key World Energy Statistics 2017 », AIE - www.iea.org - Rapport de 2017
- [3] (IEA, Key World Energy Statistics, International Energy Agency, www.iea.org, (August 2011) – Rapport de 2011).
- [4] (AIE 2016 : Agence d'information sur l'énergie www.iea.org - Rapport de 2016)
- [5] BALIOUZE Khadidja, Mémoire de master “Stratégie et développement de l'industrie gazière à l'horizon 2040”, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2014
- [6] <http://crudeoilpeak.info/crude-oil-peak-in-algeria>
- [7] Manuel Opérateur du CPF, volume I (description du procédé) SONATRACH, SNC LAVALAIN, installations de traitement de Rhourde Nouss QH
- [8] LAMIRI Kamel, ISSIAKHEM Mourad, TOUIL Djamel, rapport d'audit énergétique unité CPF de RHOURE NOUSS, APRUE 2016
- [9] <https://www.ametek-land.com>
- [10] Jean-Pierre WAUQUIER, Raffinage du pétrole Tome 2 (Procédés de séparation), Edition TECHNIP 1998
- [11] ZdeněkJegla , JiříVondál, JiříHájek , Article :Standards for fired heater design : An assessment based on computational modelling , ScienceDirect, Volume 89, 5 October 2015, Pages 1068-1078
- [12] Analyses des fumées du four T20, laboratoire UTBS, SONATRACH, division production, direction régionale Hassi-Messaoud direction exploitation service contrôle, aout 2016
- [13] Ramirez W.F, Logiciel MathWorks MATLAB, Computational Methods for Process Simulation, Second Edition Page 53
- [14] Jean-Pierre WAUQUIER le pétrole, RAFFINAGE ET GENIE CHIMIQUE Tome 1, Edition 1972, page 306)
- [15] <https://www.sigmathermal.com/direct-fired-heaters/>

[16] Gavin Towler, Ray Sinnott, Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of plant and process Design, Second Edition. Pages 1181 & 1182 64