



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



N° d'ordre : M/GP/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

Thème

**ETUDE TECHNO-ECONOMIQUE DE FOUR ET
CES ACCESSOIRES POUR LA SECTION D'HUILE
CHAUDE AU NIVEAU DU COMPLEXE GP1/Z**

Présenté par :

➤ BOUBEKEUR Djemaia

Soutenu le 03 / 07 / 2019 devant le jury composé de :

Présidente :	M ^{lle} K. MENAD	M.C.B. UMAB-Mostaganem
Examinatrice :	M ^{me} K.SOLTANE	M.A.A. UMAB-Mostaganem
Encadreur :	M ^{me} H. BELHOUARI	M.A.A UMAB-Mostaganem
Co-encadreur :	Dr. I.TOUMI	M.C.B UMAB-Mostaganem

Année Universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour avoir la force pour accomplir ce travail.

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous nos professeurs qui ont contribué à nos formation en particulier notre Encadreur M^{me} **H. BELHOVARI** pour ses conseils et l'aide qu'il nous apportée.*

*Nous tenons à remercier également les membres du jury M^{elle} **K. MENAD** et M^{me} **K. SOLTANE** pour nous avoir fait le plaisir d'accepter de participer à notre jury et d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord Mr **M. hamid** pour nous avoir guidés tout le long de ce travail avec beaucoup de patience, ainsi que pour ses conseils judicieux et ses encouragements.*

*Nous voudrions aussi exprimer toutes nos gratitudees et nos remerciements à tout le personnel du complexe GP1/Z en particulier : Mr. **ALI** ET Mr. **berakech** .*

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail

L'ensemble des enseignants du Département Génie des Procédés.

SOMMAIRE

Introduction générale	01
------------------------------------	----

Chapitre I : Partie théorique

I.1. Présentation du complexe GP1.Z	02
I.1.1. Introduction	02
I.1.2. Fiche technique du complexe GP1.Z	02
I.1.3. Les installations du complexe GP1/Z	03
I.1.3.1. Les installations de stockage d'alimentation	03
I.1.3.2. Les installations de production GPL	03
I.1.3.3. Les installations de stockage des produits finis	04
I.1.4.4. Les installations de chargement	05
I.1.4. Notions générales sur les GPL	05
I.1.4.1. L'origine de GPL	06
I.1.4.2. Propriétés et caractéristique Du GPL	06
I.1.4.3. Les risques liés au GPL	06
I.1.4.4. La consommation national du GPL	07
I.1.4.5. Utilisations du GPL	07
I.2. Section d'huile chaude	09
I.2.1. Généralité	09
I.2.2. La boucle d'huile chaude dans le complexe GP1/Z	10
I.2.2.1. Description du circuit d'huile chaude	10
I.2.2.2. Equipements principaux de la boucle d'huile chaude	12
I.3. Section de déshydratation	14
I.3.1. Introduction	14
I.3.2. Bases d'étude	14
I.3.2.1. Unité de déshydratation de la charge	14
I.3.2.2. Unité de déshydratation de garde	14
I.3.3. Description du système	15
I.3.3.1. Unité de déshydratation de charge	15
I.3.3.2. Unité de déshydratation de garde	16

Chapitre II : Partie calcul

II.1. Problématique et vérification du circuit	18
II.1.1. Problématique	18
II.1.1.1. La vérifications de circuit d'huile	18
II.1.1.2. La vérification de circuit de pompe	18
II.1.1.3. La vérification de four	18
II.1.1.4. La vérification La vérification du GN de réchauffage	18

II.1.2. Vérification du circuit	19
II.1.2.1. Description du circuit proposé d'huile.....	19
II.1.2.2. Description du circuit proposé de GN de réchauffage.....	22
II.2.Vérification du four	24
II.2.1. Introduction	24
II.2.2. Calcul de rendement du four au niveau de train 100	24
II.2.2.1. Calcul de la quantité de chaleur absorbé par TORADA TC.32	24
II.2.2.2. Calcul de la chaleur globale fournie par le four(Q_f)	25
II.2.2.3. Calcul de la quantité de chaleur dégagée par la turbine.....	32
II.2.3. Calcul le rendement du four pour deux trains	36
II.2.3.1. La quantité de chaleur absorbée par TORADA TC.32	36
II.2.4. Conclusion	37
II.3.Vérification de la pompe	38
II.3.1. Introduction	38
II.3.2. Vérification de la pompe	38
II.3.2.1. Calcul des pertes de charges à travers de circuit.....	38
II.3.2.2. Les étapes de calcul.....	40
II.3.2.3. Calcul de rendement de la pompe	51
II.3.3.Conclusion	51
II.4.Vérification du GN de réchauffage	52
II.4.1. Introduction	52
II.4.2. Calcul les pertes de charge à travers le circuit de GN de réchauffage	52
II.4.2.1. Calcul la perte de charge à $T= 280\text{ }^{\circ}\text{C}$	52
II.4.2.2. Calcul la perte de charge à $T= 35\text{ }^{\circ}\text{C}$	54
II.4.3. Conclusion	54
II.5.Etude économique	55
II.5.1. Introduction	55
II.5.2. La méthode de calcul	55
II.5.2.1. Calcul des bénéfices.....	55
II.5.2.2. Calcul des dépenses.....	56
II.5.2.3. les gains rapportés par année.....	57
II.5.2.4. Calcul de l'amortissement.....	57
II.5.3. Application de la méthode	57
II.5.3.1. Calcul des bénéfices.....	57
II.5.3.2. Calcul des dépenses.....	57
II.5.3.3. Calcul de l'amortissement.....	58
II.5.4.Conclusion	58
Conclusion générale	59

Liste des tableaux

Tableau I.1. :Débit d'huile consommée par les utilisateurs	09
Tableau I.2.: Propriétés du fluide caloporteur	09
Tableau II.1 : Calcul de PCI'	26
Tableau II.2: Débit du combustible	26
Tableau II.3 :calcul de Hc'	27
Tableau II.4: Calcul de Ha'	28
Tableau II.5: Calcul du débit d'oxygène	29
Tableau II.6: Calcul la quantité de l'eau	31
Tableau II.7 : Calcul des débits de GET	32
Tableau II.8: Calcul des fractions massiques du GET	35
Tableau II.9: Calcul du Q'_{GET}	35

Liste des figures

Figure I.1: La demande nationale en GPL	07
Figure I.2: la boucle d'huile chaude	11
Figure I.3 : La section déshydratation (Train 100)	15
Figure I.4: Les séquences de déshydratation	17
Figure II.1 : Circuit d'huile actuel	20
Figure II.2 : Circuit d'huile proposé	21
Figure II.3 : Circuit du GN de réchauffage actuel	22
Figure II.4: Circuit du GN de réchauffage proposé	23
Figure II.5: Distances entre les tronçons du circuit	39
Figure II.6: Influence de la perte de charge sur la circulation d'huile	50

NOMENCLATURE

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

GP1/Z : Complexe de séparation du gaz pétrolier liquéfié (Béthioua).

GN : Gaz naturel

GPL : Gaz pétrolier liquéfié

RTO : Région Transport Ouest

ppm : Partie par million

Nm³ : Normaux mètre cube à ($T^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$, $P = 760 \text{ mmHg}$)

Kcal : Kilo calorie

GET : Gaz d'échappement de la turbine

D1 : jetée concernant les petits navires

M6 : jetée concernant les grands navires

E-1003 A/B : Fractionnateur (colonne de séparation de C3 et C4)

E-1013 : Préchauffeur du fractionnateur

E-1007 : Déethaniseur (colonne de séparation de C3 et C2)

E-1009 : Dépentaniseur (colonne de séparation de C4 et C5)

FV : Vanne control le débit (flow valve)

TV : Vanne de température

DC2 : Déethaniseur

DSC : Département de control et de sécurité

PM-1501 : Pompe de circulation d'huile

ΔPL : Perte de charge linéaire

ΔPs : Perte de charge singulière

K : Coefficient de perte de charge

Introduction générale

Le sud Algérien possède des richesses naturelles, parmi lesquelles nous citons les réserves en hydrocarbures : gisements de pétrole et de gaz. Pour la séparation de ces produits et de leurs dérivés des grands complexes de traitement sont installés et qui sont répartis en plusieurs unités comme c'est le cas du complexe GP1/Z.

Aujourd'hui, le gaz de pétrole liquéfié est considéré comme une grande source d'énergie, il améliore sa place sur le marché et contribue à la satisfaction des besoins énergétiques nationaux et internationaux. Il s'est imposé essentiellement grâce à ces caractéristiques propres, sa souplesse d'utilisation en tant que combustible dans les différentes applications, son coût raisonnable qui présente son stockage et son transport, son prix compétitif, et d'autres avantages du point de vue écologique.

L'industrie du GPL est développée rapidement au cours de ces dernières années, il existe plus de quatre millions de véhicules roulants au GPL dans le monde.

Se trouvant parmi les principales régions productrices du GPL dans le monde, l'Algérie est considérée comme la deuxième zone exportatrice du GPL après l'Arabie Saoudite, c'est un fournisseur privilégié du marché environnant, dont celui de l'Europe.

Le GPL est commercialisé dans notre pays depuis les années soixante, au cours desquelles les bouteilles du butane et du propane ont fait leur apparition pour l'usage domestique.

Le travail que nous avons présenté dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'études consiste à faire une étude au niveau de la section d'huile chaude par l'utilisation d'un seul four pour alimenter deux trains en même temps pour cela on va faire une étude technico-économique afin de voir la faisabilité de cette proposition.

On a divisé notre travail en deux parties, dans la partie théorique nous présenterons en premier lieu une description du complexe GP1/Z, nous détaillerons ensuite la section d'huile chaude et la section déshydratation et les équipements de four.

Dans la partie calcul nous vérifierons le circuit d'huile chaude et du GN de réchauffage lors de l'alimentation des deux trains par un seul four, nous entamerons par la suite les calculs.

Nous terminerons, enfin, notre étude par un calcul économique traduisant les gains qui seront obtenus par cette amélioration.

I.1. Présentation du complexe GP1.Z :

I.1.1.Introduction :[1]

Le gaz de pétrole liquéfié connu sous le terme de GPL, dont l'Algérie est l'un des leaders producteurs exportateurs dans le monde, constitue l'une des priorités des plans de développement et de la politique énergétique de la SONATRACH.

Vu la demande du GPL sur le marché national et international qui ne cesse de s'accroître et vu la charge importante arrivant des champs pétroliers, chaque pays développe ses propres moyens pour la mise en place d'un plan de développement afin de prévoir des augmentations substantielles de production. Dans ce cadre, SONATRACH dispose déjà d'importantes installations de production, de transport et de séparation des GPL permettant leur valorisation et leur commercialisation aussi bien sur le marché local qu'international. Parmi ces installations de traitement du GPL, on parle du complexe GP1.Z.

I.1.2.Fiche technique du complexe GP1.Z :

Le complexe GP1/Z étant connu et ayant fait l'objet de beaucoup d'études, nous limiterons à donner une fiche technique le concernant.

Localisation: Le complexe GP1/Z est situé à Mers El-Hadjadj à 40 Km à l'Est d'Oran.

Superficie: Le complexe GP1/Z s'étend sur une superficie de 120 hectares.

Objet: Séparation du GPL en propane et butane.

Procédé utilisé: Distillation sous pression.

Nombre de trains (9 trains):

Phase I: 4 trains, Phase II: 2 trains et Phase III: 3trains.

Constructeur: Consortium japonais IHI-ITOCHU.

Date de mise en production:

La mise en production du 1^{er} train (phase I) : 12 Décembre 1983.

La mise en production du 1^{er} train (phase II) : 24 Février 1998.

La mise en production du 1^{er} train (phase III) : Février 2010.

Capacité de production : 10 Millions de tonnes par an.

Destination de la production : Exportation et marché national.

Source d'approvisionnement : GPL en provenance des champs gaziers et pétroliers de HassiR'Mel et Hassi Messaoud.

I.1.3. Les installations du complexe GP.1Z :

Le complexe est constitué de plusieurs Installations qui sont comme suites :

- * Les installations de stockage d'alimentation.
- * Les installations de production **GPL**.
- * Les installations de stockage des Produits Finis.
- * Les installations de chargement.
- * Les installations des utilités.

I.1.3.1. Les installations de stockage d'alimentation :

Ces installations se composent de vingt-deux sphères qui stockent temporairement la charge, et ont une capacité globale de 22000 m³ de GPL brut.

Ces sphères sont réparties comme suit : 03 groupes de 04 sphères pour la phase I, un seul groupe identique pour la phase II, un groupe de 06 sphères pour la phase III et 14 pompes d'alimentations de la charge.

I.1.3.2. Les installations de production GPL:

Ces installations comprennent neuf trains de production dont trois nouvellement installés(Phase III), et chaque train est composé des sections suivantes :

I.1.3.2.1. Section de déshydratation :

Cette section permet d'éliminer l'eau contenue dans le GPL d'alimentation en utilisant des tamis moléculaires qui adsorbent les molécules d'eau afin d'éviter tout givrage dans la section de réfrigération.

I.1.3.2.2. Section de séparation de GPL:

Cette section a pour but de séparer le GPL brut en produits commerciaux [propane (C₃) et butane (C₄) éventuellement C₅], avec un taux de récupération T_r maximum :

$$T_r = \frac{C_3 \text{ et } C_4 \text{ produit (commercialisé)}}{C_3 \text{ et } C_4 \text{ contenant dans la charge}}$$

La composition du GPL brut est le paramètre primaire qui détermine le fonctionnement global de la section séparation.

La charge passe tout d'abord par le fractionnateur qui sépare le produit de tête (le propane et l'éthane) et le produit de fond (le butane et le pentane).

I.1.3.2.2.1. Le fractionnateur :

La séparation du propane et de butane dans le fractionnateur est l'opération essentielle pour réaliser le taux de récupération voulu de chaque produit.

- La température d'entrée du fractionnateur est de 71°C.

- La pression à l'intérieur de la colonne est en moyenne de 20 Kg/cm^2 .

I.1.3.2.2.2. Le dééthaniseur :

Cette colonne de fractionnement est mise en service lorsque le rapport $C_2 / (C_2 + C_3)$ dans la charge est supérieur ou égal à 4.8 % (molaire), elle traitera le produit de tête du fractionnateur. L'alimentation se fait normalement sous forme de liquide sous-refroidi à 50°C . La pression à l'intérieur de la colonne est de 22 Kg/cm^2 .

I.1.3.2.2.3. Le dépentaniseur :

Le dépentaniseur qui traitera le produit de fond sera mis en marche, lorsque le rapport $C_5 / (C_5 + C_4)$ est supérieur ou égal à 1,75 % (molaire).

- La température d'alimentation est de 60°C .
- La pression d'alimentation est de 7 Kg/cm^2 .

Notons qu'il existe deux dépentaniseurs pour tous les trains.

I.1.3.2.3. Section de réfrigération:

Cette section est conçue pour réfrigérer le propane et le butane commercial produit dans la section séparation, les refroidis jusqu'à leur température de stockage. Les produits propane et butane sont réfrigérés à travers six échangeurs suivant un cycle fermé utilisant une boucle de réfrigération à propane pur.

I.1.3.2.4. Section d'huile chaude :

La section du fluide caloporteur est utilisée comme source de chaleur pour les rebouilleurs et le préchauffeur final du fractionnateur.

Le four du fluide caloporteur fournit la chaleur nécessaire au gaz de régénération destiné à la section de déshydratation.

- La température d'entrée de l'huile dans le four est de 153°C .
- La température de sortie de l'huile du four est de 180°C .

I.1.3.3. les installations de stockage des produits finis :[1]

Elles comprennent deux sections :

I.1.3.3.1. Section de stockage des produits commerciaux :

Elle comprend huit bacs de stockage à basse température dont :

- Quatre pour le propane à $T = -42^\circ\text{C}$.
- Quatre pour le butane à $T = -5^\circ\text{C}$.

La capacité de chaque bac est de 70000 m^3 .

Et cinq sphères de stockage à température ambiante dont :

- Une pour le propane à $P = 3.8 \text{ - } 18 \text{ Kg / cm}^2$.
- Trois pour le butane à $P = 0.5 \text{ - } 6.5 \text{ Kg / cm}^2$.
- Une pour le pentane à $P = 0.1 \text{ - } 1.3 \text{ Kg / cm}^2$

La capacité de chaque sphère est de 500 m^3 .

I.1.3.3.2. Section de récupération des gaz évaporés (Boil-off Gas) :

Le rôle de cette section est la reliquéfaction des gaz évaporés afin de les renvoyer vers les bacs de stockage basse température.

Ces gaz évaporés proviennent des bacs de stockage et des navires au moment de leur Chargement.

I.1.3.4. Les installations de chargements :

Les produits stockés sont livrés aux clients par deux façons différentes :

Par navires : produits à basse température pour l'exportation (marché extérieur).

Par camions : produits à température ambiante pour le marché national.

I.1.3.4.1. Section de chargement navires:

Deux systèmes de chargements sont respectivement installés au bout des jetées **D₁** et **M₆**, le débit de chargement est comme suite :

Poste **D₁**..... $4.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Poste **M₆** $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

I.1.3.4.2. Section de chargement camions :

Dans cette zone s'effectue le chargement du butane et du propane à température ambiante à partir de quatre sphères.

Les sphères sont alimentées par les sections de séparation

I.1.3.5. Les installations des 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.

I.1.4. Notions générales sur les GPL :

Le terme GPL ou gaz de pétrole liquéfié désigne un mélange d'hydrocarbures, qui sont gazeux aux conditions normales de température et de pression et qui ont la propriété de passer à l'état liquide par un abaissement de température ou de pression ou des deux à la fois.

Il s'agit essentiellement de butane et de propane.

Cette propriété permet de stocker dans un volume réduit (1 m^3 de GPL liquide occupe un volume de 225 m^3 à l'état gazeux).

Les GPL appartiennent à la famille des paraffines et sont composés essentiellement du C_3H_8 , C_4H_{10} avec de faibles proportions de CH_4 , C_2H_6 , et C_5H_{12} .

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est un mélange d'hydrocarbures légers stockés à l'état liquide et issus du raffinage du pétrole (40% des ressources mondiales) et plus généralement du traitement du gaz naturel (60% des ressources mondiales).

Le GPL était autrefois considéré comme un résidu de l'extraction du pétrole et directement brûlé au sommet des torches. Il est actuellement récupéré par distillation, les fractions les plus nobles servent généralement de carburant pour véhicules.

I.1.4.1. L'origine des GPL :[2]

Les gaz de pétrole liquéfiés sont obtenus principalement :

- Dans les raffineries de pétrole, en cours de la distillation du pétrole brut.
- Au cours des opérations de dégazolinage du gaz naturel sur les champs de production, pour obtenir les produits condensables (butane et propane).

« Une grande partie des GPL proviennent des champs pétroliers »

I.1.4.2. Propriétés et caractéristiques du GPL : [2]

De par son origine le gaz de pétrole liquéfié est un mélange d'hydrocarbures à teneur variable en légers.

A température et pression atmosphériques il est gazeux, mais a la possibilité et la propriété d'être liquéfié à une température ambiante sous pression modérée, stocké et manipulé comme un liquide, aux conditions normales de pression et de température, le GPL est un gaz à densité plus lourde que celle de l'air.

Le GPL n'est pas corrosif à l'acier, au cuivre et à l'alliage cuivre/aluminium.

Le GPL n'a pas de propriétés lubrifiantes et ses caractéristiques sont les suivantes :

- ❖ **Incolore, que ce soit en phase liquide ou vapeur.**
- ❖ **Légèrement toxique à l'état liquide ou vapeur.**
- ❖ **Pur et inodore.**

Pour des raisons de sécurité, le produit est odorisé par un mercaptan afin de le commercialiser.

Il est incolore en phase liquide et en phase vapeur. Cependant quand le liquide s'évapore, l'effet de refroidissement de l'air d'environnement peut causer une condensation et même une congélation de la vapeur d'eau contenue dans l'air.

I.1.4.3. Les risques liés au GPL:[2]

On cite quelques risques qui ont été signalés dans l'industrie gazière :

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

I.1.4.4. La consommation nationale en GPL :

Le niveau de la demande nationale de GPL est de l'ordre de 1,4 millions de t/an (source NAFTAL Année 2007) dont 90% de butane, 5% de propane et 5% de GPL carburant.

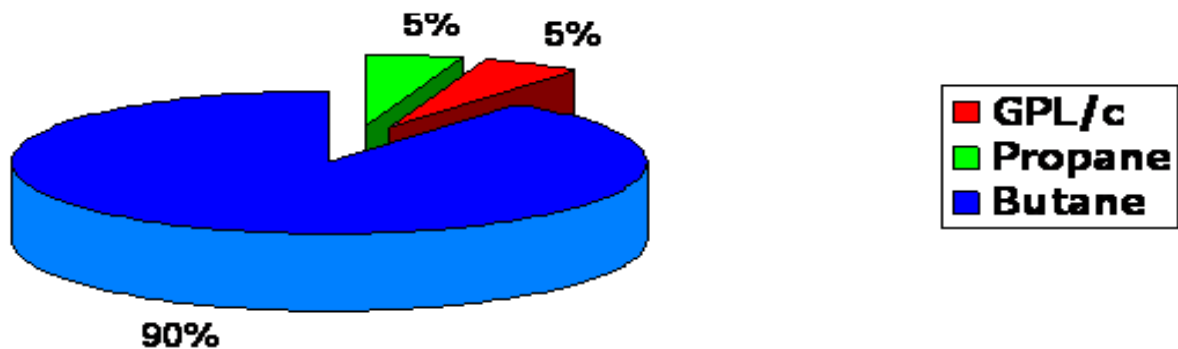


Figure I.1: La demande nationale en GPL

I.4.5. L'utilisation des GPL :

Parmi les principales utilisations des GPL, on peut citer :

I.4.5.1 Source de chauffage:

L'apparition du gaz naturel et le développement mondial rapide de son emploi, ont imposé une profonde mutation de l'industrie du gaz. Face à cette transformation, les constructeurs d'appareils domestiques ont en effet à résoudre d'importants problèmes techniques.

Ainsi ils ont mis au point de nouveaux brûleurs adaptés spécifiquement à l'utilisation du GN et des GPL.

L'amélioration du service rendu, les aspirations de la clientèle, la recherche du meilleur rapport prix/qualité pour les produits ainsi que les contraintes inévitables de plus en plus importantes ont

été aussi les principaux moteurs de cette évolution.

I.1.4.5.2. La climatisation:

Un moteur qui fonctionne grâce au carburant GPL peut entraîner un compresseur qui à son tour comprime le GPL. La détente de ce dernier absorbe de grandes quantités de chaleur et produit en même temps du froid. Sur ce principe ont été construits:

- Des réfrigérateurs.
- Des climatiseurs.

Le GPL, en plus de son utilisation domestique, est utilisé comme carburant dans les véhicules, qu'ils soient modernes ou anciens et qui sont transformés au GPL-c.

Du fait de sa composition chimique simple, le GPL-c ne contient ni soufre, ni plomb, ni benzène, constituants les principaux polluants des essences. Les rejets de CO et ceux de NOx lors de la combustion des GPL, sont inférieurs respectivement de 30 %, et de 50 % par rapport aux essences.

Du fait de l'homogénéité du mélange, air-carburant et de sa bonne répartition dans les cylindres, il est possible d'obtenir sans difficulté une combustion du propane.

I.1.4.5.3. Production d'énergie :

L'utilisation du GPL dans les centrales électriques en tant que source d'énergie se substitue à celle du charbon, des fuels etc...., et cela pour plusieurs raisons :

- 1-Protection de l'environnement (produit pur).
- 2-Diversification des combustibles pour éviter des coefficients de pointe trop importants ou pour augmenter l'indépendance énergétique de l'usine utilisatrice.

I.1.4.5.4. Le GPL dans la pétrochimie :

Le GPL est utilisé dans plusieurs domaines de la pétrochimie et du raffinage par exemple le butane qui par pyrolyse donne de l'éthylène et du propylène puis du polyéthylène. En raffinage Le GPL est utilisé soit en tant qu'énergie dans les fours de raffineries soit en tant qu'adjuvant pour augmenter l'indice octane des essences.

I.2. Section d'huile chaude :

I.2.1 Généralités : [3]

Au vue de l'intérêt de ce chapitre dans notre travail, nous allons revenir avec plus de détails sur la section d'huile chaude.

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 (une en service et l'autre en attente en position Auto).

Chaque utilisateur reçoit l'apport calorifique nécessaire qui lui faut, suivant la demande du procédé de séparation de manière à maintenir la température nécessaire qui est assurée par chaque contrôleur en fonction du plateau sensible de chaque colonne.

Afin d'éviter toute perturbation des paramètres de températures des colonnes qui peut être causée par les variations saisonnières de la température ambiante et pour obtenir un bon fonctionnement du système, il faut que le contrôleur de débit de circulation d'huile chaude le aurefolement des pompes de circulation d'huile soit majoré de (**10 à 15%**) par rapport au débit total des utilisateurs (rebouilleurs et préchauffeurs).

Tableau I.1 : Débit d'huile consommée par les utilisateurs.

Utilisateurs	Débit consommée
Fractionnateur (E-1003 A/B)	550m ³ /h
Préchauffeur du fractionnateur (E-1013)	10m ³ /h
Déethaniseur (E-1007)	90m ³ /h
Dépentaniseur(E-1009)	185m ³ /h

En plus du réchauffage d'huile, cette section sert aussi à réchauffer le gaz naturel à une température de **280°C** afin de l'utiliser dans la section de déshydratation de charge et de garde pour la régénération des tamis moléculaires.

Tableau I.2 : Propriétés du fluide caloporteur

Désignation TORADA T.C	(densité = 0.804 à T° = 124°C).
Point d'ébullition Inférieur	367°C
Point d'ébullition Final	> 462°C
Point d'écoulement	-9°C
Point d'éclair	207°C

I.2.2. La boucle d'huile chaude dans le complexe GP1/Z :

I.2.2.1. Description du circuit d'huile chaude :

Chaque train dispose de son propre circuit d'huile chaude circulant en boucle fermé.

L'huile **TORADATC.32** est pompée à partir du collecteur d'aspiration d'huile chaude par les Pompes centrifuges à une température d'un peu plus de 120 °C, une Pression d'aspiration minimale de (**1.6 Kg/cm²**) et une pression de refoulement de (**7Kg/cm²**).

L'huile est ensuite introduite dans la zone de (convection) du four à travers 8 passes puis se dispatchés en deux ensembles de 4 lignes chacune formant ainsi un serpentin pour atteindre la zone de (radiation) des deux chambres de combustion en bas du four pour réchauffer l'huile à la température requise de (180°C).

Ensuite l'huile ressorte d'en haut du four pour alimenter les rebouilleurs (Fractionnateur, Dééthaniseur, Dépentaniseur et le Préchauffeur final N°3)

A la sortie du four, le fluide caloporteur thermique entre dans le collecteur d'alimentation qui alimente les différents utilisateurs.

La température du fluide à la sortie du four est maintenue à 180 °C par un régulateur de température qui contrôle la pression du fuel gaz aux brûleurs.

Le collecteur d'aspiration des pompes de circulation est connecté au niveau de la sortie du ballon d'expansion avec la pipe de retour d'huile chaude en provenance des utilisateurs.

Le débit du dééthaniseur contrôlé par asservissement à la température de fond du dééthaniseur

Le débit du fluide caloporteur vers le deuxième utilisateur ou le préchauffeur n°3 E-1013 de la charge se fait en parallèle et sous contrôle de la température du GPL préchauffé à la sortie de ce préchauffeur.

Le débit vers le troisième utilisateur, le rebouilleur du fractionnateur E-1003 (A et B) se fait également en parallèle directement depuis le collecteur d'alimentation sous contrôle débit. Ce débit du fluide caloporteur est asservi à la température de fond du fractionnateur.

Le design prévoit un débit de recyclage seulement de 10% du débit fourni aux utilisateurs.

Le premier utilisateur est le rebouilleur du dééthaniseur E-1007.

Le quatrième utilisateur du fluide caloporteur est le rebouilleur du dépentaniseur E-1009, le débit vers Le dépentaniseur est contrôlé en cascade par la température de fond dépentaniseur qui pilote le contrôleur de débit du fluide caloporteur.

Cependant, le débit de fluide thermique vers E-1009 peut être pris et retourné sur l'un quelconque des 4 trains en fonctionnement. Le rebouilleur est mis en ligne avec la section du fluide caloporteur du train qui alimente la colonne du dépentaniseur.

Le fluide caloporteur sort des 4 utilisateurs et entre dans le collecteur de retour qui le ramène au ballon d'expansion. Une quantité d'huile chaude passe à travers L'aéro-réfrigérant E-1501 pour le refroidir au-dessous de 90°C, avant de le réintroduire dans la ligne de retour.

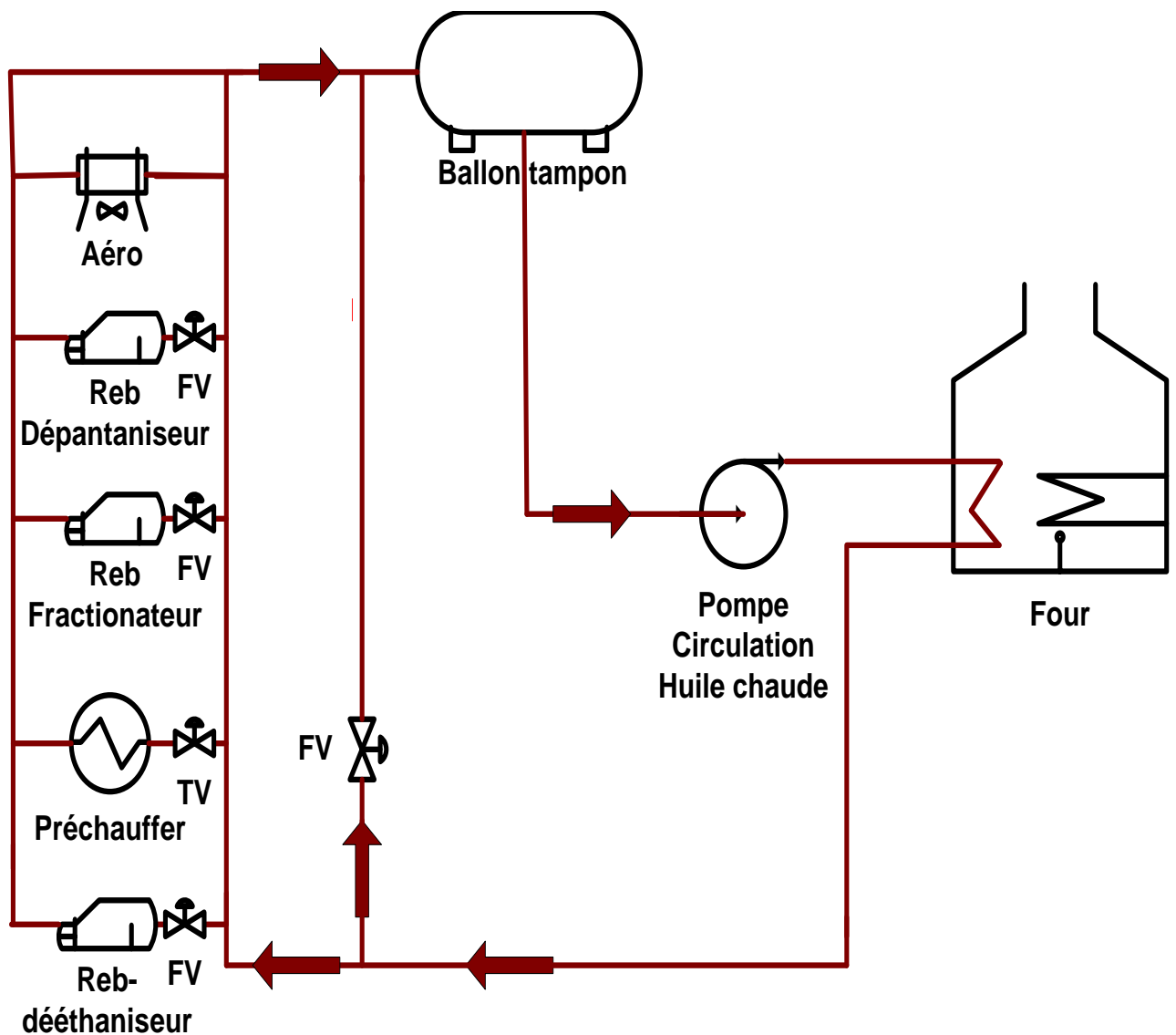


Figure I.2 : schéma de la boucle d'huile chaude

I.2.2.2.Équipements principaux de la boucle d'huile chaude :[3]

I.2.2.2.1.Four :

Le four avec température de sortie de 180 °C et une capacité de $47,37 * 10^6$ Kcal/h. est nécessaire pour le réchauffage d'huile et le gaz naturel de régénération aux températures requises.

Il est composé de deux chambres de combustion appelées (zones de radiation) -transfert de chaleur par rayonnement - équipées chacune par 15 pilotes et 15 brûleurs

Le combustible utilisé consiste en un mélange de **gaz naturel, d'éthane vapeur** et les incondensables du sommet du ballon de reflux du **DC₂**, le GN de régénération de la section de déshydratation et les gaz de récupération des **gaz torchés** inter trains.

Une chambre intermédiaire appelée (zone de convection) – transfert de chaleur

Dans un fluide par déplacement des molécules vers les zones de moindre densité qui est alimentée par les gaz brûlés de la zone de radiation servant à réchauffer l'huile circulant dans un serpentin de 8 passes de 8'' et le gaz naturel de régénération circulant dans un autre serpentin de 4''.

Une conduite d'huile de 22'' avec 8 passes d'entrées au Four via un manifold de 24''.

Une conduite d'huile de 22'' avec 8 passes de sorties d'huile via un manifold de 24'' pour alimenter les utilisateurs.

Une conduite de vapeur d'eau de 10'' pour le décokage.

Une conduite de sortie vapeur d'eau de 12'' acheminée à l'atmosphère.

Une conduite de vapeur d'eau de 6'' pour balayage et/ou étouffement de la flamme.

Une conduite d'alimentation GN de 6'' pour les brûleurs.

Une conduite d'alimentation GN de 2'' pour les pilotes.

Remarque :

Les 8 passes de sortie d'huile chaude sont équipées par des indicateurs de température qui doivent transmettre la même valeur. S'il y'a un grand écart entre les thermocouples cela signifie qu'il y a un dépôt de coke ou une perforation d'un tube ou l'indication de l'élément de mesure en question est incorrect.

I.2.2.2.2. Pompes :

-Pompes de circulation d'huile chaude d'un débit = **1900 m³/h.**

-Pression d'aspiration : 1,6 bar

-Pression de refoulement : 7 bars

-Pompe d'alimentation du ballon d'expansion par l'huile d'un débit = **30 m³/h.**

-Pompe de vidange des lignes d'huile d'un débit = **5 m³/h.**

I.2.2.2.3. Aéro- réfrigérant:

Pour refroidir l'huile de **180°C** à **90°C** et le récupérer vers bac de stockage (débit = **60m³/h**).

I.2.2.2.4. ballon d'expansion :

C'est le ballon central de la section d'huile chaude d'un volume de **146 m³** servant à maintenir l'inventaire d'huile circulant dans une ligne de **22''**(en circuit fermé de départ et de retour).

Sa pression de service entre **1** et **2 Kg/cm²** est maintenue constante par l'injection d'azote qui est contrôlée en **Split Range** par un régulateur de pression actionnant l'ouverture de la vanne **(A)** entrée **N₂** pour pressuriser le ballon en cas de chute de pression à **< 1 kg/cm²** et l'ouverture de la vanne **(B)** de décharge vers torche pour soulager la surpression en cas d'augmentation de pression à **> 2 kg/cm²**.

I.2.2.2.5. Réservoir de stockage d'huile:

De capacité de **450 m³** qui est maintenu sous pression maximale (**de 120 mmH₂O**) par une couverture d'azote à l'aide d'un ensemble de vannes auto régulant et une soupape au sommet. Il sert à alimenter le ballon d'expansion en huile en cas de perte de niveau dans ce dernier.

Le ballon d'expansion et le bac d'huile sont alimentés par l'Azote (**N₂**) afin de protéger l'huile contre l'oxydation.

I.2.2.2.6. Ballon tampon de gaz combustible:

C'est un ballon qui sert à approvisionner le four en gaz combustible en provenance des différentes sources citées si dessus, à une pression de **3.5 Kg/cm²**.

Cette pression est régulée en Split Range à l'aide d'un contrôleur de pression qui actionne l'ouverture de la vanne de pression pour décharger le surplus vers torche ou l'ouverture de la vanne admettant le gaz naturel en cas de chute de pression.

I.3.Section de déshydratation :

I.3.1.Introduction :[4]

L'unité de déshydratation de la charge et l'unité de déshydratation de garde sont conçues en vue de réduire l'eau dissoute dans le GPL et d'éviter ainsi les problèmes de givrage et/ou la formation d'hydrates pouvant se produire sur le système en aval.

I.3.2.Bases d'étude :

I.3.2.1.Unité de déshydratation de la charge:[4]

- La teneur en eau dissoute dans la charge d'alimentation est de 100 ppm. en poids et de moins de 1 ppm. en poids dans le produit à la sortie de l'unité de déshydratation.
- Le tamis moléculaire est employé en tant que déshydratant solide.
- L'unité fonctionne en service continu d'une manière automatique et/ou séquentielle.
- La durée d'adsorption est de 36 heures.
- Trois sécheurs ayant une capacité 100% chacun sont prévus. Cette unité a 2 modes de fonctionnement :
- Le mode N°1 où les trois sécheurs sont en opération (un en adsorption un en régénération, un en stand-by)
- Le mode N°2 où deux sécheurs sont en opération (un en adsorption, l'autre en régénération, le troisième à l'arrêt).

I.3.2.2.Unité de déshydratation de garde:[4]

- La teneur en eau dissoute dans le produit à l'entrée est de 5 ppm. en poids (valeur de design) et au plus égale à 1 ppm en poids à la sortie de l'unité.
- Le tamis moléculaire est employé en tant que déshydratant solide.
- La régénération est initiée manuellement et la régénération du sécheur se fait automatiquement.
- L'unité est du type à sécheur à un seul adsorbeur et dérivée au cours de la régénération.
- La durée d'adsorption est de 26 jours.

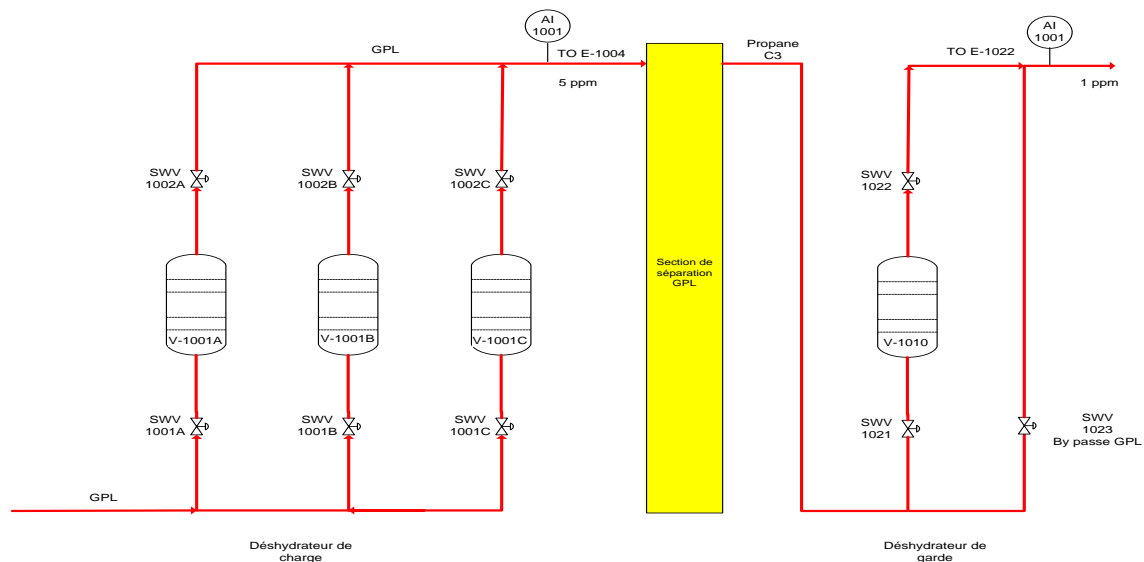


Figure I.3 : La section déshydratation (Train 100)

I.3.3. Description du système : [4]

I.3.3.1. Unité de déshydratation de la charge :

Cette unité est généralement conçue en vue d'adsorber l'eau contenue dans la charge d'alimentation liquide (GPL) à l'aide d'un adsorbant type tamis moléculaire.

Pour l'adsorption de l'eau, le tamis moléculaire offre le meilleur avantage d'éliminer l'eau contenue dans la charge d'alimentation (GPL) liquide.

La présente unité assure d'autres fonctions telles que régénération et refroidissement du lit d'adsorption.

Au début du processus de déshydratation, la charge d'alimentation contenant de l'eau dissoute se déplace de bas en haut en passant par le lit adsorbant du tamis moléculaire.

L'adsorption de l'eau par le lit commence à se produire d'abord au fond du lit.

Les pores étant saturés dans cette zone, de l'eau dissoute se déplace vers le lit supérieur.

Cette transition se déplace doucement, mais de façon continue jusqu'au sommet du lit et ce dans les limites de la capacité d'adsorption du lit. Il est nécessaire de remplacer ce sécheur en ligne avec le procès par un sécheur régénéré avant que la zone de transition ne parvienne aux limites supérieures du lit. Autrement, la teneur en eau dans la charge d'alimentation peut dépasser celle requise : lorsque l'un des sécheurs est en adsorption, l'autre sécheur est préparé pour être utilisé en tant que sécheur adsorbant comme indiqué ci-après :

À l'achèvement d'un cycle de séchage préprogrammé, le sécheur d'adsorption est mis hors service automatiquement par fermeture des vannes de commutation principales.

Cette opération sera suivie par le drainage automatique du condensat contenu dans le sécheur. Lorsque tout le condensat contenu dans le sécheur aura été remplacé par du gaz naturel sec, la vanne d'admission du gaz et la vanne de sortie du condensat seront fermées.

A cet instant, les gaz chauds de régénération provenant du four d'huile chaude, peuvent être admis dans les sécheurs par ouverture automatique des vannes d'admission des gaz chauds.

Ces gaz chauds entrent par la partie supérieure du sécheur à 280°C environ (300°C au max, 270°C à la min) et commencent à réchauffer le lit et entraînent les vapeurs d'eau vers le bas du lit et les évacuent à l'extérieur du sécheur. Ce réchauffage sera maintenu jusqu'à ce que toute la vapeur d'eau contenue dans le lit soit évacuée. Lorsque le lit est complètement séché la température à la sortie du sécheur augmentera brusquement et atteindra 260°C (280°C au max 250°C au min).

Approximativement et, au bout d'un temps réglé par une minuterie de réchauffage, le contrôleur des cycles à matrice (matrix cycle controller) fermera les vannes d'admission des gaz de régénération et arrêtera le débit du gaz vers le four.

Le lit adsorbant régénéré sous l'effet de la chaleur doit être refroidi avant d'être réutilisé pour l'adsorption, la température à la sortie du haut du sécheur s'approchera de celle des produits à l'entrée du lit. Le contrôleur de cycle provoquera la fermeture des vannes de refroidissement et l'ouverture des vannes destinées à la mise sous pression et au remplissage du sécheur. Une fois ce processus terminé, le sécheur se trouvera en position d'attente.

I.3.3.2. Unité de déshydratation de garde :

L'unité de déshydratation de garde est identique à l'unité de déshydratation de la charge sauf pour le démarrage de la régénération.

les sequences de regeneration

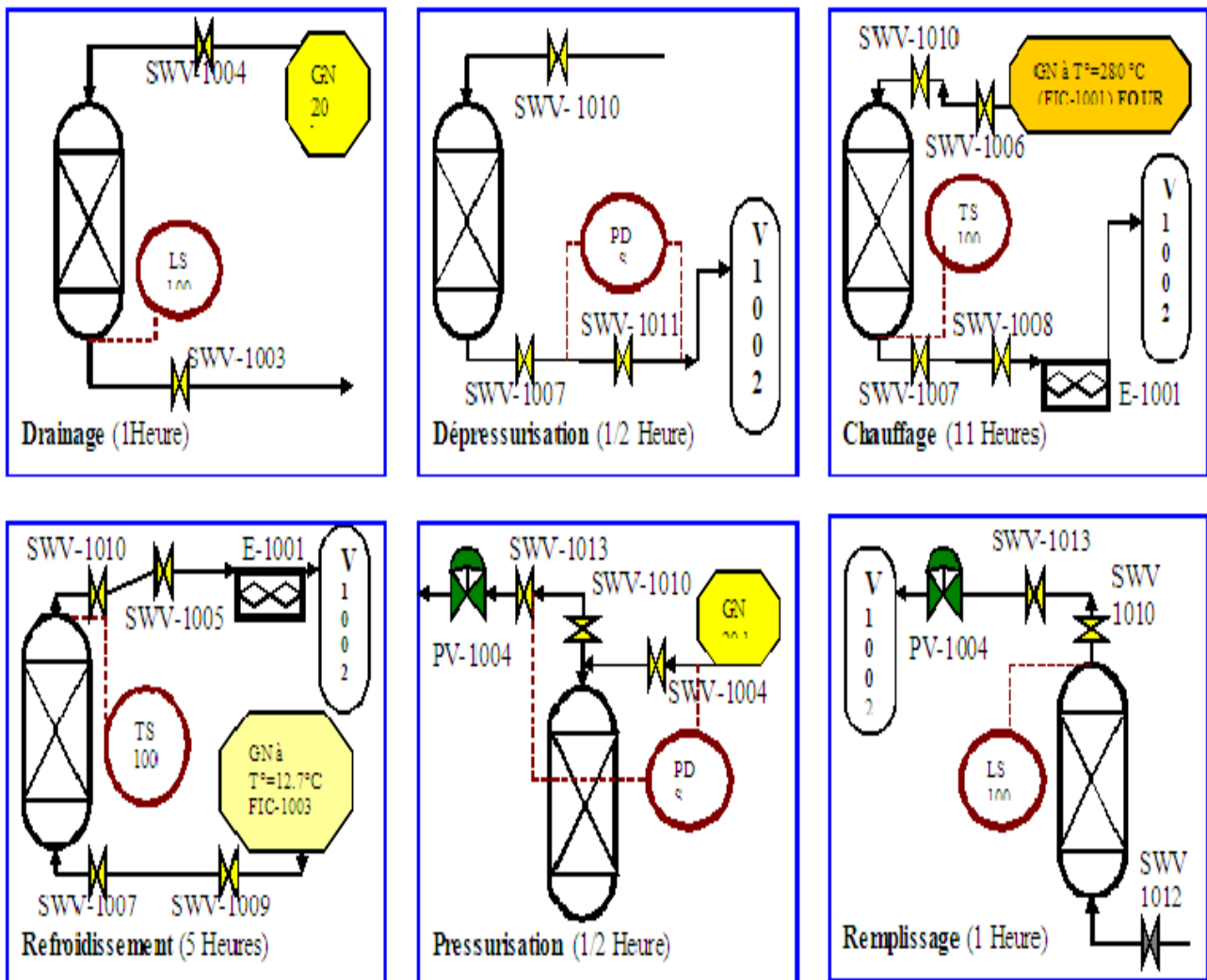


Figure I.4. Les séquences de déshydratation

II.1.Problématique et vérification du circuit

II.1.1.La Problématique :

Utilisation d'un seul four pour alimenter deux trains en huile chaude et en GN de réchauffage des tamis moléculaires.

Cette proposition devra nous permettre de récupérer une énergie importante à travers la section four à savoir ; une consommation en combustible et l'autre en électricité.

Dans notre cas, nous allons étudier une consommation d'huile de **1310m³/h**(débit proposé) pour deux trains identiques en service, y compris le dépentaniseur. (Chaque train consomme 650m³/h d'huile). La partie restante d'huile et qui représente 10% de la quantité consommée par les deux trains (soit 300m³/h) sera envoyée vers le ballon d'expansion servant à maintenir l'inventaire d'huile circulant dans le circuit).

Avant d'entamer les calculs, il est nécessaire de savoir quel chemin doit prendre l'huile chaude afin d'assurer le fonctionnement de toutes les colonnes de distillations des deux trains par l'apport de la chaleur aux rebouilleurs.

Le four est conçu aussi pour le chauffage du GN, il est alors important de connaître le circuit de GN de réchauffage qui devra régénérer deux sécheurs à la fois, l'un du premier train et l'autre du deuxième train.

Cette partie comporte une comparaison schématisée entre les circuits initiaux d'huile et de GN et les circuits proposés afin de voir les différents changements.

Pour cela il faut procéder à :

II.1.1.1.la vérification du circuit d'huile :

Il faut s'assurer dans cette étape que le circuit existe par la vérification des chemins pris par l'huile afin d'alimenter les deux trains.

Dans le cas où il y a des contraintes lors de la circulation d'huile chaude, il faut trouver les solutions adéquates.

II.1.1.2.la vérification du circuit de pompe :

Il faut s'assurer que la pompe peut faire circuler le débit d'huile étudié jusqu'à tous les utilisateurs des deux trains ainsi que le dépentaniseur.

II.1.1.3.la vérification du four :

Il faut s'assurer que le four peut fournir la quantité de chaleur nécessaire pour le fonctionnement de tous les utilisateurs des deux trains.

II.1.1.4.la vérification du GN de réchauffage :

Il faut s'assurer que le débit de GN de réchauffage d'un seul four peut régénérer les tamis moléculaires des déshydrateurs des deux trains, sans aucune perturbation.

Remarque :

Dans notre étude nous avons choisi les trains 100 et 200 puisque les données du procédé ont été disponibles car les deux trains étaient en fonctionnement.

Les trains du complexe GP1/Z sont identiques dans leur fonctionnement.

II.1.2.Vérification du circuit :**II.1.2.1.Description du circuit proposé d'huile :**

L'huile refoulée par la pompe passe dans le four afin d'être chauffée jusqu'à 180°C, elle prend son chemin normal pour alimenter les utilisateurs du premier train ainsi que le dépentaniseur.

L'huile atteindra le deuxième train par l'intermédiaire d'une conduite d'interconnexion entre les trains d'un diamètre de 14'' déjà existante.

Ensuite, l'huile passera dans le deuxième train mais dans le sens inverse de son ancien circuit, c'est-à-dire elle prendra le chemin de refoulement de la pompe du deuxième train.

La boucle d'huile est entrée dans le four de train 200 qui est en arrêt (cette proposition c'est pour accélérer le démarrage du four en arrêt en cas de problème au niveau du four en service).

Le control de l'acheminement de l'huile se fera par l'intermédiaire des vannes installer à des endroits bien définit .

Dans notre schéma proposé on isole la vanne de garde de la pompe et on ferme la vanne du ballon d'expansion du train 200.

Pour éviter la circulation d'huile vers les autres trains nous avons installé des nouvelles vannes d'isolement manuel de 22'' (**voir figure II.1 et figure II.2**).

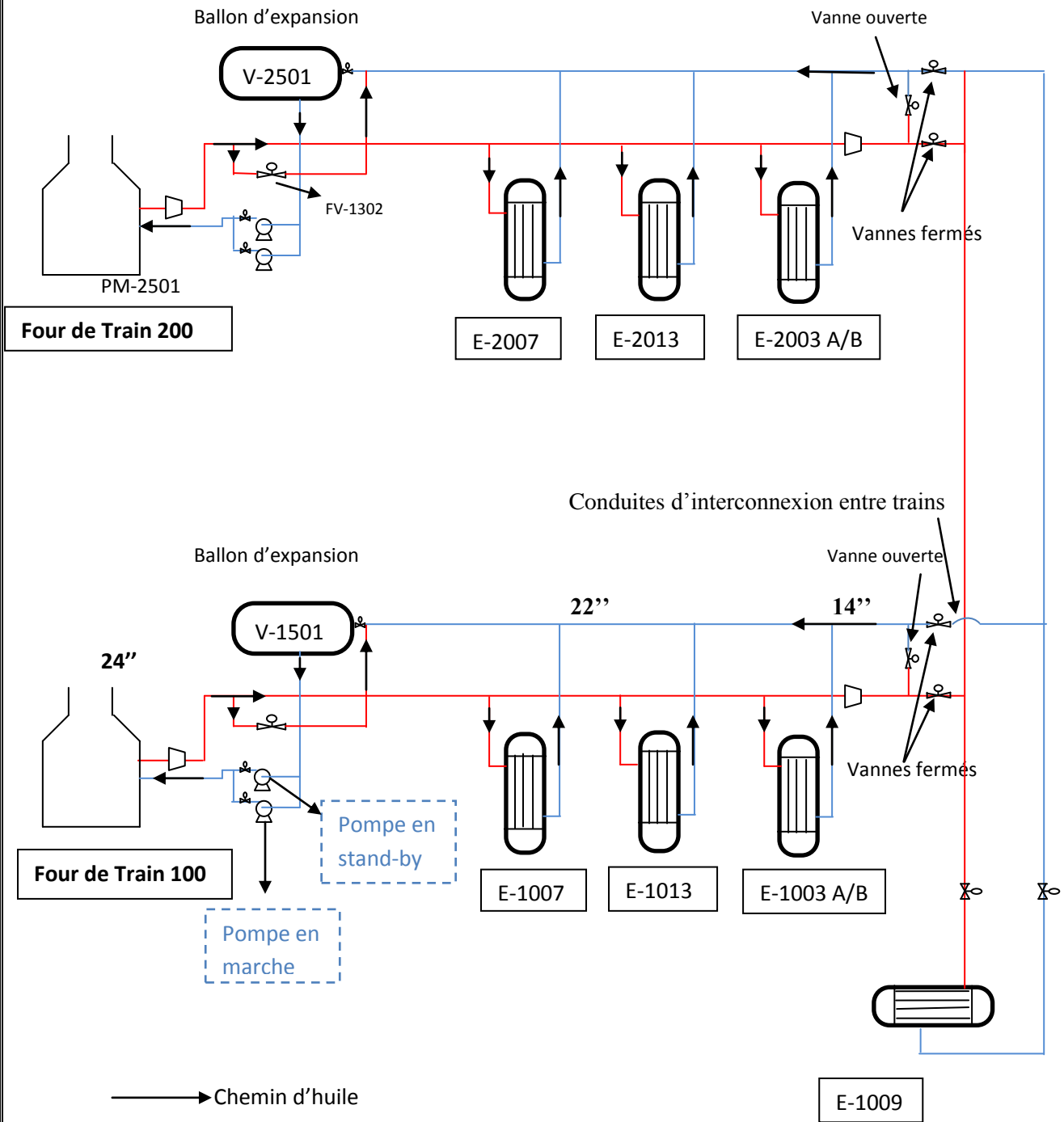


Figure II.1 : Schéma du circuit d'huile actuel

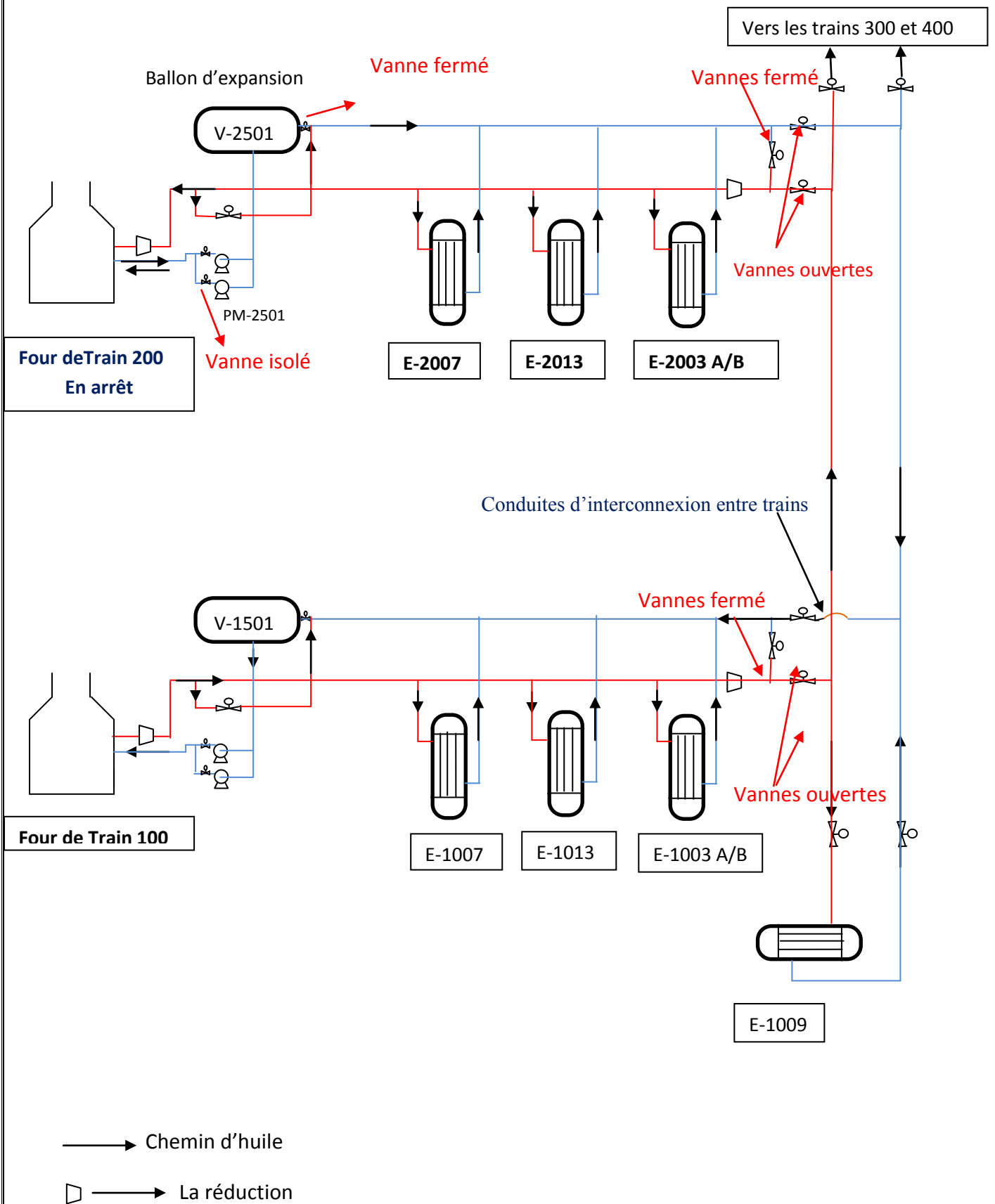


Figure II.2 : Schéma du circuit d'huile proposé

II.1.2.2. Description du circuit proposé de GN de réchauffage :

Le GN provenant du réseau **RTO** (région transport ouest) à une pression d'environ **40 bars** entre dans la zone de convection du four d'une pression de 3,5bars afin d'être chauffé jusqu'à **280°C** pour alimenter les sècheurs de la déshydratation du garde et du charge.

L'alimentation du deuxième train par le GN sera assurée en installant des nouvelles conduites (Une après la FV-2001 et l'autre après la TV-1005).

On installe aussi des vannes de 4'' pour éviter la perturbation de circuit du GN. (**Voir la figure II.3 et figure II.4**).

Le retour du GN de réchauffage vers la ligne d'équilibrage qui est déjà existant.

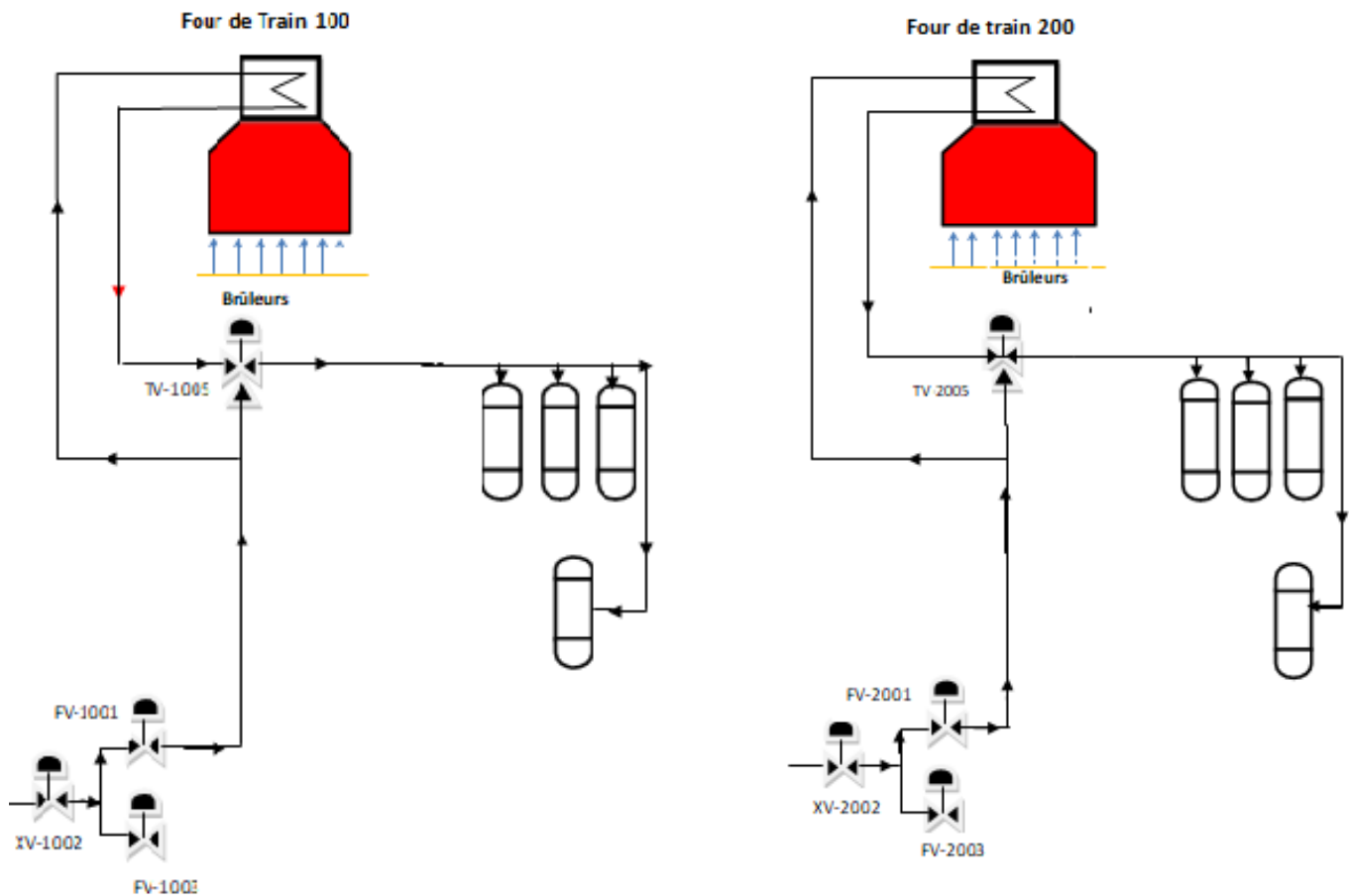


Figure II.3 : schéma circuit du gaz naturel actuel

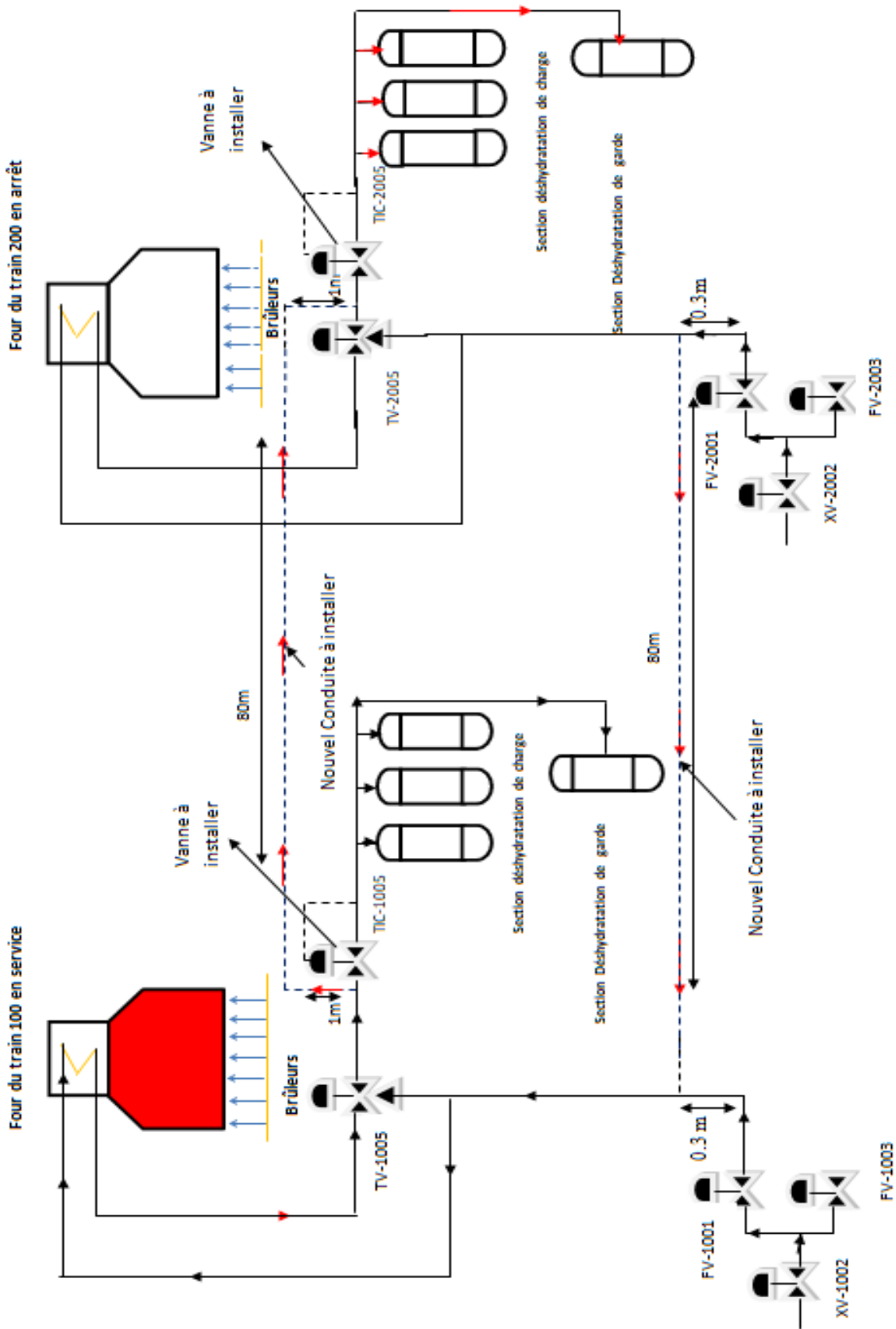


Figure II.4 : Circuit proposé du gaz naturel

II.2.Vérification du four

II.2.1. Introduction :

L'étude de faisabilité pour le four nécessite un calcul de la quantité de chaleur absorbée par l'huile qui devra être inférieure à celle de design qui est égale à **47,37M Kcal/h** (voir annexe 01)

Dans cette partie nous allons calculer le rendement du four pour un cas réel de **650m³/h** d'huile et le comparer avec notre cas (**1310 m³/h**) afin de voir l'évolution du rendement en fonction du débit d'huile à chauffer ; cette comparaison est basée sur les données du DSC pour avoir la quantité de combustible entrant dans le four.

On suppose que la température d'huile quittant le second four reste constante ($T=153C^{\circ}$).

II.2.2.Calcul le rendement de four au niveau du train 100 : [5]

Dans cette partie nous calculerons le rendement global du four au niveau du train 100 puisque les données ont été disponibles car le train était en fonctionnement.

La première étape de calcul consiste à calculer le rendement du four pour le cas actuel où le débit d'huile est **650 m³/ h**.

Pour comparer l'évolution du rendement en fonction du débit d'huile nous calculerons dans une deuxième étape le rendement du four pour le cas étudié où le débit d'huile est de **1310 m³/ h**.

On calcule le rendement de four par la formule suivante :

$$\eta = \frac{Q_{Abs}}{Q_f + Y * Q_{GET}}$$

Q_{Abs} huile: la quantité de chaleur globale absorbée par l'huile (Kcal/h).

Q_f : quantité de chaleur fournie par le four (Kcal/h).

Q_{GET} : quantité de chaleur des gaz d'échappement de la turbine (Kcal/h).

Y : degré d'ouverture de la vanne de GET « gaz d'échappement de la turbine».

II.2.2.1. Calcul la quantité de chaleur absorbée par TORADA TC .32 (650m³ /h) :

$$Q_{Abs}=Q_v \text{ huile} \times \rho_{\text{huile moy}} \times C_{p\text{moy}} (T_s - T_e)$$

Q_{Abs} : quantité de chaleur absorbée par l'huile (Kcal/h).

T_e : température d'huile à l'entrée du four.

T_s : température d'huile à la sortie du four.

$\rho_{\text{huile moy}}$: masse volumique moyenne de l'huile entre sa température d'entrée et de la sortie du four (Kg/m³).

C_{pmoy} : capacité calorifique moyenne d'huile entre T_e et T_s (Kcal/Kg °C).

Q_{vhuile} : débit volumique d'huile.

Les données :

$$T_e = 153^\circ$$

$$T_s = 180^\circ$$

$$Q_{vhuile} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\rho_{huile\ moy} = 779 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q_{mhuile} = 506350 \text{ Kg/h}$$

$$C_{p\ moy} = 0,578 \text{ Kcal/Kg C}$$

} (Voir annexe 02)

Application numérique :

On obtient :

$$Q_{Abs} = 7,90 \text{ M Kcal/h}$$

II.2.2.2. Calcul de la chaleur globale fournie par le four (Q_f) :

La chaleur fournie par le four est donnée par la formule suivante :

$$Q_f = PCI + H_c + H_a$$

PCI : Pouvoir calorifique inférieur du gaz combustible en Kcal/h.

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

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

II.2.2.2.1. Calcul du pouvoir calorifique inférieur du gaz combustible (PCI) :

$$PCI = PCI' * (\text{débit massique de combustible})$$

PCI' : Pouvoir calorifique du gaz combustible par rapport à 1Kg de ce gaz en Kcal/Kg.

II.2.2.2.1.1. Calcul de PCI' :

$$PCI' = \sum Xi (\text{massique}) PCI_i$$

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

$$Xi (\text{molaire}) \quad Mi$$

$$Xi (\text{massique}) = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\sum Xi (\text{molaire}) Mi$$

Xi (molaire) : Composition molaire de chaque composant de gaz combustible.

Mi : Masse molaire de chaque composant en Kg/KMole.

Tableau II.1: calcul PCI' de combustible

composants	X _i % (molaire)	M _i (kg/kmole)	X _i *M _i	X _i % (Massique)	PCI _i à 0C°	PCI _i *X _i massique
N2	5,81	28	1,6268	8,5634	0	0
He	0,19	4	0,0076	0,04	0	0
CO2	0	44	0	0	0	0
H2O	0	18	0	0	0	0
CH4	83,19	16	13,3104	70,065	11957	8377,672
C2H6	7,11	30	2,133	11,228	11355	1274,939
C3H8	2,25	44	0,99	5,2113	11075	577,151
IC4H10	0,4	58	0,232	1,2212	10890	132,988
nc4H10	0,6	58	0,348	1,831	10940	200,406
IC5H12	0,12	72	0,0864	0,4548	10797	49,105
nc5H12	0,15	72	0,108	0,5685	10825	61,541
C6H14	0,18	86	0,1548	0,8148	10825	88,209
TOTAL	100		18,997	100		10762,011

Application numérique :

$$PIC' = 10762,011 \text{ Kcal/Kg}$$

Tableau II.2: Débit du combustible

	Train100
Débit de combustible Nm ³ /h	1829
ρ (Kg/Nm ³)	1,0343
Débit de combustible Kg/h	1891,73
Débit de combustible Kmoles/h	81,65

Sachant que le débit de combustible au niveau de train 100 est égal à :

$$1829 \text{ Nm}^3/\text{h} = 1891,73 \text{ Kg/h}$$

Donc, $PIC = 10762,011 * 1891,73 = 20358819,07 \text{ Kcal/h}$

$$PIC = 20,358819 * 10^6 \text{ Kcal/h}$$

II.2.2.2.1.2. Calcul la chaleur sensible de gaz combustible (H_c) :

Elle est calculée par la formule suivante :

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

II.2.2.2.1.2.1. Calcul de la chaleur sensible spécifique (H_c') :

$$H'_c = \sum X_i (\text{masse}) * H_i$$

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

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

Avec, $T_1=0^\circ=273,15\text{k}^\circ$ $T_2=19^\circ=292,15\text{k}^\circ$

Tableau II.3 : calcul de H_c'

composants	$X_i\%$ (molaire)	M_i (kg/kmole)	$X_i\%$ (massique)	H_i (kj /kg)	$H_i * X_i$ (molaire)
N ₂	5,81	28	8,5634	19,7112	1,6879
He	0,19	4	0,04	0	0
CO ₂	0	44	0	15,7936	0
H ₂ O	0	18	0	35,2782	0
CH ₄	83,19	16	70,065	41,9171	29,369
C ₂ H ₆	7,11	30	11,228	32,2007	3,6154
C ₃ H ₈	2,25	44	5,2113	30,6018	1,5948
iC ₄ H ₁₀	0,4	58	1,2212	30,5211	0,3727
nC ₄ H ₁₀	0,6	58	1,831	31,2381	0,5719
iC ₅ H ₁₂	0,12	72	0,4548	29,8784	0,1359
nC ₅ H ₁₂	0,15	72	0,5685	30,4036	0,1728
C ₆ H ₁₄	0,18	86	0,8148	30,0455	0,2448
TOTAL	100		100		37,7649

$$H_c' = 37.7649 \text{ kJ/kg de combustible}$$

On a 1 K J \longrightarrow 0,2392344498 Kcal

$$H_c' = 9,026 \text{ Kcal/Kg de combustible}$$

Au niveau du train 100 ;

100 Kmoles de combustible brûlé, libèrent une chaleur sensible de 9,026 Kcal/Kg de combustible

Donc, $H_c = 9,026 * 1891,73$

$$H_c = 17074,75 \text{ Kcal/h}$$

II.2.2.2.1.3. Calcul de la chaleur sensible de l'air (H_a) :

On calcul cette chaleur à partir de la formule suivante :

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

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

II.2.2.2.1.3.1. Calcul de la chaleur sensible de l'air par rapport à 1Kg d'air :

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

Avec :

X_i (massique): 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).

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

Tableau II.4 : calcul H_a'

composants	$X_i\%$ (molaire)	M_i (kg/kmole)	X_i (molaire)* M_i	$X_i\%$ (massique)	H_i (kj /kg)	$H_i * X_i$ (kj/kg)
N ₂	79	28	22,12	76,6990	19,7112	15,1183
O ₂	21	32	6,72	23,3009	17,3501	4,0427
TOTAL	100		28,84	100		19,161

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

Donc, $H_a' = 4,58 \text{ Kcal/Kg d'air}$

II.2.2.2.1.3.2. Calcul du débit massique d'air :

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

$$\text{Le débit massique de l'air} = Q_{v \text{ air}} * M_{\text{air}}$$

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

M_{air} : masse molaire d'air.

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

II.2.2.2.1.3.2.1. 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 :

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

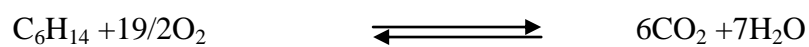
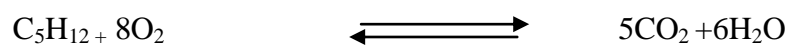
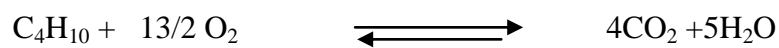
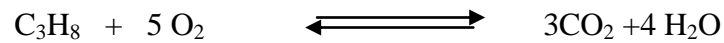
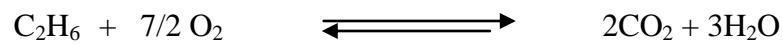
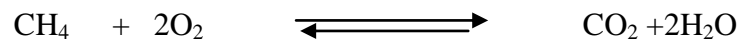
Avec :

V_m : volume molaire

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

II.2.2.2.1.3.2.2. 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 II.5: calcul le débit d'oxygène

Composants	Nombres de moles (Kmole/h)	O ₂ de la combustion dans la stoechiometrie (Kmole/h)
N ₂	0	0
H _e	0	0
CO ₂	0,08	0
H ₂ O	0	0
CH ₄	55,78	111,565
C ₂ H ₆	37,59	131,565
C ₃ H ₈	6,3	31,5
iC ₄ H ₁₀	0	0
nC ₄ H ₁₀	0,25	1,625
iC ₅ H ₁₂	0	0
nC ₅ H ₁₂	0	0
C ₆ H ₁₄	0	0
TOTAL	100	276,25

Une combustion stœchiométrique nécessite donc **276,25Kmoles** d'oxygène par heure.

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 **41,4375 moles/h**

La quantité totale d'oxygène nécessaire pour brûler 100 Kmoles/h de combustible sera donc égale à : **276,25 + 41,4375 = 317,68 K mole/h**

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

$$\text{Débit molaire d'air} = \frac{317,68}{0,21}$$

Débit molaire d'air = 1512,76 K mole/h

Débit volumique d'air = 1512,76 * 22,4

Débit volumique d'air entrant = 33885,82 Nm³/h

II.2.2.2.1.3.2.3. Calcul de la quantité d'eau due à l'humidité de l'air de la combustion :

D'après l'équation d'Antoine :

$$\ln P_{\text{sat}} = A - \frac{B}{T + C}$$

A, B, C : Sont des constantes

A = 11,960884

B = 3970,5981

C = 232,92492

Donc : $\ln P_{\text{sat}} = 11,960844 - \frac{3970,5981}{T + 232,92492}$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{Psat}}}{100}$$

$$\text{La quantité d'eau en Nm}^3 \text{ dans 1 Nm}^3 \text{ d'air} = \frac{P_{\text{PH}_2\text{O}}}{P_{\text{amb}} - P_{\text{PH}_2\text{O}}}$$

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

T : Température ambiante en °C.

$P_{\text{H}_2\text{O}}$: Pression partielle de l'eau en Kg/cm².

P_{Amb} : Pression atmosphérique.

H : Humidité en %.

Avec :

T = 19°C H = 80% $P_{\text{amb}} = 1,0322 \text{ Kg/cm}^2$

Donc,

La quantité d'eau en Nm^3 dans 1Nm^3 d'air égale à $0,0175\text{Nm}^3/\text{Nm}^3$ d'air

Débit d'eau = débit d'air * la quantité d'eau en Nm^3 dans 1Nm^3 d'air

$$Q_v = \text{débit d'air} + \text{débit d'eau}$$

Tableau II.6: Calcul la quantité de l'eau

Valeurs	Train100
P ambiante Kg/cm^2	1,0322
Température ambiante $^{\circ}\text{C}$	19
Ln P saturation	-3,80
P saturation Kg/cm^2	0,0224
Humidité %	80
P H_2O Kg/cm^2	0,0178
Quantité d'eau Nm^3/Nm^3 d'air	0,0175
débit d'air (Nm^3/h)	33885,82
débit d'eau (Nm^3/h)	593,02
Q_v (Nm^3/h)	34478,84
Q_v (Kmole/h)	1539,23

Ce débit molaire d'air a été calculé pour une base de 100Kmole de combustible. Pour 81,65Kmole de combustible,

On obtiendra 1256,78Kmole d'air.

Le débit massique de l'air = $Q_{v \text{ air}} * M_{\text{air}}$

Avec, $M_{\text{air}} = 28,84 \text{ Kg/Kmol}$

Débit massique d'air = $36245,5 \text{ Kg/h}$

Donc,

$$H_a = 4,58 * 362$$

$$H_a = 166004,39 \text{ Kcal/h}$$

Donc, la chaleur fournie par le four égale :

$$Q_f = 20,54 \text{ M Kcal/h}$$

II.2.2.3. Calcul la quantité de chaleur de GET dégagée par la turbine :

La chaleur sensible des gaz d'échappement de la turbine (Q_{GET}) sera calculée par la formule suivante :

$$Q_{GET} = Q'_{GET} * (\text{débit massique de GET})$$

Pour déterminer la chaleur Q_{GET} on doit calculer la chaleur Q'_{GET} et le débit massique de GET.

II.2.2.3.1. Calcul la chaleur sensible des gaz d'échappement de la turbine (Q'_{GET}):

$$Q'_{GET} = \sum X_{i(\text{massique})} * H_i$$

II.2.2.3.1.1. Calcul X_i (massiques) :

Pour déterminer les fractions massiques nous allons calculer le débit volumique de gaz d'échappement de la turbine.

Les réactions de gaz naturel au niveau de la turbine ont été déjà vues auparavant.

La composition du gaz naturel entrant dans la turbine a été prise du relevé du (DSC).

Considérant un débit de GN de 100Nm³/h comme base de travail et suite aux réactions de ce gaz on obtient :

Tableau II.7: Calcul des débits de GET

COMPOSANTS	Xi% volumique	O ₂	CO ₂	H ₂ O	N ₂	He
N ₂	5,67	0	0	0	5,67	0
He	0,13	0	0	0	0	0,13
CO ₂	0,23	0	0,23	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0
CH ₄	84,43	168,86	84,43	168,86	0	0
C ₂ H ₆	7,05	24,675	14,1	21,15	0	0
C ₃ H ₈	1,69	8,45	5,07	6,76	0	0
iC ₄ H ₁₀	0,23	1,495	0,92	1,15	0	0
nC ₄ H ₁₀	0,35	2,275	1,4	1,75	0	0
iC ₅ H ₁₂	0,07	0,56	0,35	0,42	0	0
nC ₅ H ₁₂	0,09	0,72	0,45	0,54	0	0
C ₆ H ₁₄	0,06	0,57	0,36	0,42	0	0
TOTAL	100	207,605	107,31	200,63	5,67	0,13

Pour 1288Nm³ de GN brûlé au niveau de la turbine (voir annexe03), les débits des gaz brûlés seront comme suit :

$$\text{CO}_2: \frac{107,31 * 1288}{100} = 1382,1528 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{H}_2\text{O}: \frac{200,63 * 1288}{100} = 2584,1144 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{N}_2: \frac{5,67 * 1288}{100} = 73,0296 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{He}: \frac{0,13 * 1288}{100} = 1,6744 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

L'Oxygène pour la combustion stœchiométrique est égal à :

$$\text{O}_2: \frac{207,605 * 1288}{100} = 2673,9524 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

II.2.2.2.3.1.2. Calcul du débit d'air entrant dans la turbine :

Le débit d'air entrant dans la turbine étant de $23,7 \text{ Nm}^3/\text{s}$ à une température (T_2) de 15°C .

Nous devons calculer le débit d'air à la température de référence ($T_1 = 0^\circ\text{C}$).

D'après la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$, et sous la pression atmosphérique.

Nous avons :

$$PV_1 = nRT_1$$

$$PV_2 = nRT_2$$

On tenant compte du temps on obtient :

$$\frac{Q_{v1}}{T_1} = \frac{Q_{v2}}{T_2}$$

$$Q_{v1} = Q_{v2} * \frac{T_1}{T_2}$$

Avec :

$$Q_{v1} : \text{débit volumique d'air à la température de référence } T_1 \quad T_1 = 273,15 \text{ K}$$

$$Q_{v2} : \text{débit volumique d'air à la température } T_2. \quad T_2 = 288,15 \text{ K}$$

$$Q_{v1} = 23,7 * \frac{273,15}{288,15} * 3600$$

$$Q_{v1} = 80879 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Le débit d'air entrant dans la turbine est égal à **80879Nm³/h**

II.2.2.3.1.3.Calcul du débit d'oxygène contenu dans l'air :

Le débit d'oxygène contenu dans l'air est de :

$$0,21*80879 = \mathbf{16985Nm^3/h}$$
 d'oxygène.

II.2.2.3.1.4.Calcul du débit d'azote contenu dans l'air :

Le débit d'azote contenu dans l'air est de :

$$0,79*80879 = \mathbf{63894Nm^3/h}$$
 d'azote.

II.2.2.3.1.5.Calcul du débit d'oxygène restant dans l'air :

2673,9524 Nm³/h d'oxygène sont utilisés pour la combustion, l'oxygène restant dans le gaz d'échappement est de : **16985 -2673,9524 =14311,04Nm³/h.**

II.2.2.3.1.5.Calcul du débit d'azote contenu dans les gaz d'échappement :

C'est la sommation de la quantité d'azote apportée dans le GN et celle dans l'air entrant.

$$\text{Le débit d'azote restant dans les gaz d'échappement : } \mathbf{63894 + 73,0296 = 63967,03Nm^3/h}$$

II.2.2.3.1.6.Calcul de la quantité d'eau dans les gaz d'échappement due à l'humidité de l'air de combustion :

$$\mathbf{\text{Débit d'eau} = Q_{\text{eau}} * Q_{v1}}$$

Q_{eau} : quantité d'eau par rapport à 1Nm³ d'air.

Q_{v1} : débit d'air entrant dans la turbine.

Selon la relation d'Antoine :

$$\ln P_{\text{sat}} = 11,960844 - \frac{3970,5981}{T + 232,92492} \quad \text{Avec } T = 15C^{\circ}$$

Nous aurons :

$$\text{Quantité d'eau} = 0,0136Nm^3 \text{ d'eau} / Nm^3 \text{ d'air}$$

La quantité d'eau entrante avec le 80879Nm³/h d'air est égale à :

$$\mathbf{80879*0,0136=1099,95Nm^3/h}$$

Tableau II.8 : Calcul des fractions massiques du GET

Composants de GET	Débit (Nm ³ /h)	X _i % molaire	M _i Kg/Kmole	X _i M _i	X _i massique
O ₂	11637,09	14,843	32	4,7498	16,58
CO ₂	1382,1528	1,673	44	0,73612	2,57
H ₂ O	1484,164	1,893	18	0,34074	1,19
N ₂	63894	81,498	28	22,8194	79,65
He	1,6744	0,0021	4	0,000084	0,00029
TOTAL	78399	100		28,65	100

$$X_i \text{ \% molaire} = \frac{\text{Débit de composant}}{\text{Débit de GET}} * 100$$

$$X_i \text{ \% massique} = \frac{X_i \text{ \% molaire} * M_i}{\sum X_i \text{ \% molaire} * M_i} * 100$$

$$M_{\text{GET}} = 28,65 \text{ Kg/K mole}$$

Tableau II.9 : Calcul du Q'_{GET} :

Composants de GET	H _i (Kj/g)	X _i massique	X _i H _i
O ₂	240,607	14,843	35,71
CO ₂	260,019	1,673	4,35
H ₂ O	487,439	1,893	9,23
N ₂	257,434	81,498	224,47
He	0	0,0021	0
TOTAL		100	273,76

$$Q'_{\text{GET}} = 273,76 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q'_{\text{GET}100} = 65,43 \text{ Kcal/Kg}$$

V.2.3.1.7. Calcul du débit massique de gaz d'échappement de la turbine :

$$\text{Débit de GET} = 78399 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{Débit de GET} \left(\frac{\text{Kmole}}{\text{h}} \right) = \frac{\text{Débit de GET}}{22,4}$$

Débit molaire de GET = 3499,96 Kmole/h

Débit massique de GET (Kg /h) = Débit de GET (Kmole/h) *(masse molaire de GET)

Débit massique de GET = 100273,85 Kg/h

Application numérique :

$$Q_{GET100} = 6,56 \text{ M Kcal/h}$$

Le degré d'ouverture de la vanne de GET : $Y_{100} \% = 30\%$

Application du calcul sur le rendement du four :

$$\eta = \frac{Q_{abs}}{Q_f + Y * Q_{GET}}$$

$$\eta = \frac{7,90}{20,54 + (0,3 * 6,56)}$$

$$\eta = 35,09$$

II.2.3. Calcul du rendement du four pour alimenter deux trains : [5]

Après avoir calculé le rendement du four pour un cas réel où le débit d'huile est 650 m³/h, nous estimerons dans cette étape le rendement pour notre cas étudié avec un débit d'huile de 1310 m³/h. c'est le débit proposé qui alimente deux trains.

Car il est nécessaire de prévoir le rendement du four avant d'appliquer l'amélioration proposée auparavant.

II.2.3.1. La quantité de chaleur absorbée par TORADA TC.32 :

Pour un débit d'huile de 1310 m³/h

Les données :

$$\left. \begin{array}{l} C_{pmoy} = 0,578 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \\ T_e = 153 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ (voir annexe 02)}$$

$$P_{huilemoy} = 779 \text{ Kg/m}^3$$

$$T_s = 180 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_v \text{ Huile} = 1310 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_m \text{ Huile} = 1020490 \text{ Kg/h}$$

On a :

$$Q_{\text{abs}} = Q_v \text{ huile} \times P_{\text{huile moy}} \times C_p \text{ moy} (T_s - T_e)$$

On obtient :

$$Q_{\text{Abs}} = 15,92 \text{ M Kcal/h}$$

On a: $Q_{\text{GET}} = 6,56 \text{ M Kcal/h}$

$Q_f = 20,54 \text{ M Kcal/h}$

Le degré d'ouverture de la vanne de GET : $Y_{100} \% = 30\%$

Application numérique :

$$\eta = \frac{Q_{\text{abs}}}{Q_f + Y * Q_{\text{GET}}}$$

$$\eta = \frac{15.92}{20.54 + 0.3 * 6.56}$$

$$\eta = 71,68 \%$$

II.2.4. Conclusion:

D'après les résultats obtenus, on remarque que :

Le four peut fournir la quantité de chaleur nécessaire pour le chauffage d'huile car cette dernière est inférieure à celle du design ($Q_{\text{Abs}} = 15,92 \text{ MKcal/h} < Q_{\text{Abs design}} = 47,37 \text{ M Kcal/h}$).

En plus nous avons trouvé un meilleur rendement dans le cas d'un seul four alimentant deux trains.

Un four alimentant deux trains consomme moins de combustible que deux fours alimentant deux trains et cela se traduit par gain économique important qui sera mentionné par la suite.

Enfin et pour conclure, nous pouvons dire que le four peut alimenter les deux trains sans perturber son fonctionnement normal.

II.3.Vérification de la pompe :

II.3.1.Introduction :

La pompe d'huile d'un débit nominal de **1900 m³/h** est une pompe centrifuge servant à Circuler l'huile TORADA TC 32 vers les utilisateurs du train.

Chaque train comprend une pompe de circulation d'huile en marche et une deuxième pompe en attente.

Dans cette étape nous vérifierons si une pompe pourra alimenter tous les utilisateurs des deux trains ainsi que le dépentaniseur.

Pour cela nous calculerons le rendement de la pompe.

II.3.2.Vérification de la pompe :

Avant d'entamer les calculs, nous prenons en considération que le débit nominal de la pompe est d'environ **1900 m³/h** d'après les données de design (**Voir Annexe 01**). Pour cela, nous pouvons dire que le débit étudié (**1310 m³/h**) est inférieur au débit nominal.

Pour savoir si l'huile chaude pourra atteindre tous les utilisateurs des deux trains ainsi que le dépentaniseur, il faut passer par un calcul de la perte de charges à travers tout le circuit d'huile.

Enfin, nous terminerons cette partie par une comparaison entre le rendement d'une pompe alimentant un train avec celui d'une pompe alimentant deux trains afin de savoir l'évolution du rendement en fonction du débit refoulé.

II.3.2.1.Calcul des pertes de charges à travers le circuit :

Dans cette partie de calcul nous calculerons les pertes de charges à travers le circuit d'huile chaude.

Pour cela nous diviserons le circuit d'huile en quatre grandes étapes qui sont respectivement :

- 1) le train 100,
- 2) fin du train 100 jusqu'au dépentaniseur,
- 3) la conduite d'interconnexion et quatrièmement le train 200. Chaque étape sera divisée en plusieurs tronçons qui seront cités par la suite.

Pour le calcul des pertes de charges nous avons besoin de connaître les distances linéaires entre les tronçons étudiés ainsi que le nombre des coudes.

Pour cela nous avons mesuré les distances et compté le nombre des coudes directement sur site en présence d'un ingénieur procès.

La figure suivante montre les différentes distances entre les tronçons du circuit :

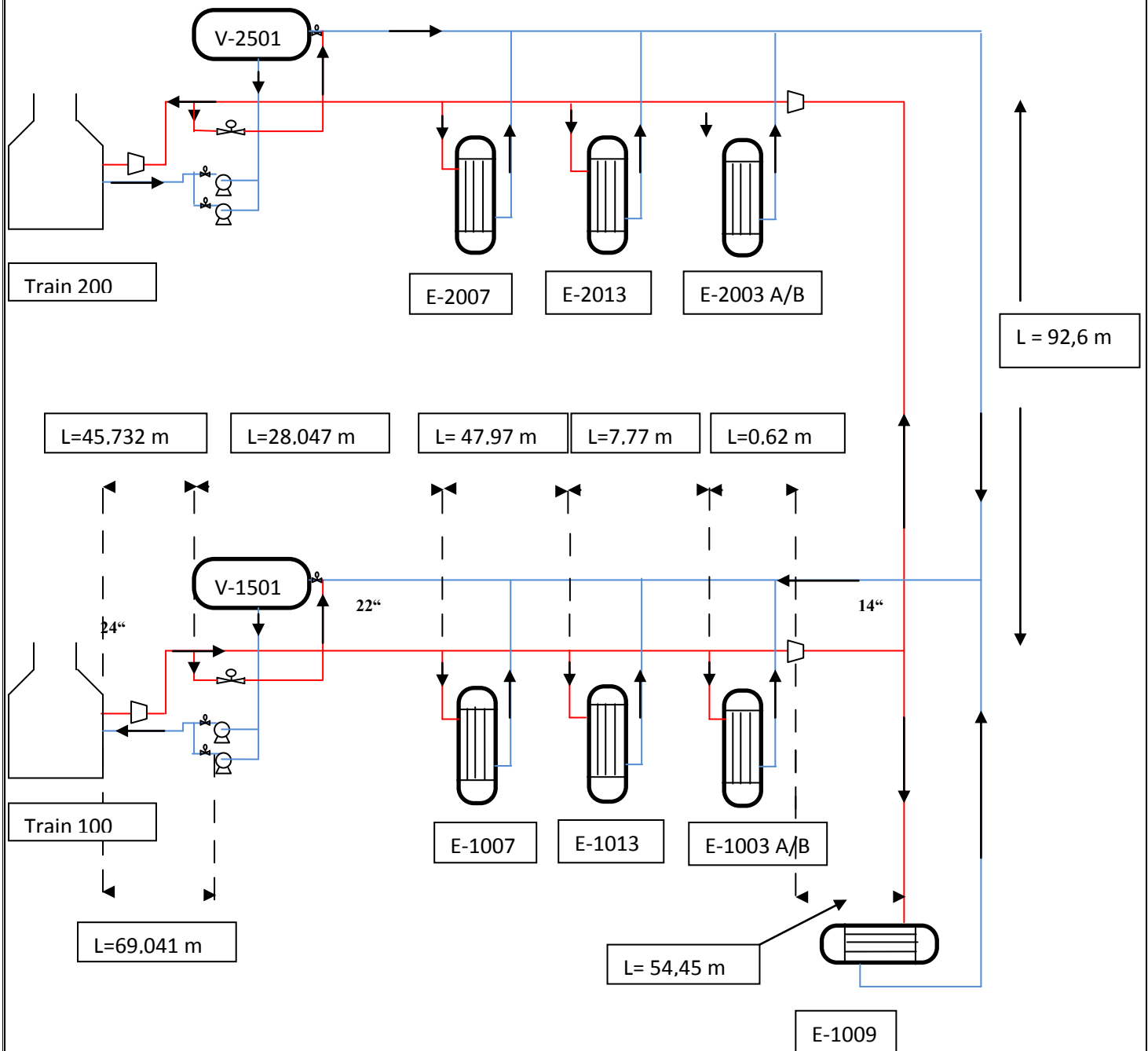


Figure II.5 : Distances entre les tronçons du circuit

Remarque :

Notons que les distances entre les tronçons des deux trains sont identiques.

II.3.2.2. Les étapes de calcul :**II.3.2.2.1. Les pertes de charges du train 100 :**

Nous avons deux types de pertes de charges dans le circuit d'huile :

*Pertes de charges linéaires: dues à la distance linéaire parcourue par le fluide.

*Pertes de charges singulières : causées par : les coudes, l'élargissement et à la restriction de la conduite.

II.3.2.2.1.1. Premier tronçon : de la Pompe vers le four :

La pompe aspire l'huile d'une pression de 1,6bar et la refoule avec une pression de 7 bars(**voir annexe 01**)

II.3.2.2.1.1.1. Calcul de la perte de charges linéaire :

Selon la formule de darcy :

$$\Delta P_L = f \frac{L \rho V^2}{D}$$

Avec :

f : facteur de friction / $f = F(\text{Re} ; \varepsilon/D)$

Avec :

ε : la rugosité du pipe et ε/D : est sa rugosité relative.

V : vitesse du fluide en (m/s).

L : distance de la perte de charge en (m).

D: diamètre de la conduite en (m).

II.3.2.2.1.1.2. calcul la perte de charge singulière :

Selon la formule suivante :

$$\Delta P_s = k \frac{\rho V^2}{2}$$

Avec,

k : coefficient de perte de charge.

A). Calcul du facteur de friction « f »:

Le facteur de friction dépend du Reynolds (Re) et de la rugosité relative (ε/D).

A.1). Calcul du Reynolds :

Nous avons : $\text{Re} = \frac{\rho V D}{\mu}$

A.1.1). Calcul de la masse volumique(ρ) et de la viscosité (μ) d'huile :

L'huile sort de la pompe à une température de 153°C. Pour cela nous déterminons la masse volumique et la viscosité d'huile à 153°C.

La détermination de la masse volumique et la viscosité d'huile se fait graphiquement à partir des courbes (**voir Annexe 02**).

Par projection nous obtenons :

$$\rho_{153^{\circ}\text{C}} = 788 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu_{153^{\circ}\text{C}} = 0,0019 \text{ Pa.s}$$

A.1.2) Calcul de la vitesse v :

Nous avons: $V = Q_V / S$

Avec:

Q_V : le débit volumique d'huile / $Q_V = 1900 \text{ m}^3/\text{h}$

S : la section de la conduite / $S = \pi * (D/2)^2$

Avec :

D : diamètre de la conduite

Alors :

A.2) Calcul de la rugosité relative (ϵ/D) :

La rugosité (ϵ) de la conduite dépend de la matière avec laquelle la conduite est construite.

Le choix de la conduite dépend de la pression et de la corrosivité du fluide.

Nous avons une pression moyenne (7 bars) et une faible corrosivité d'huile TORADA ($\text{PH} > 7$). Alors le matériau convenable est l'acier commercial (commercial Steele) car il possède une faible résistance à l'écoulement d'huile ($\epsilon = 0,000046$) (**voir annexe 04**) avec une bonne résistance à la pression et à la corrosion.

A.3) calcul le facteur de friction :

Pour calculer le facteur de friction (f) on utilise la formule de Swamee et Jain :

$$f = [2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right)]^{-2}$$

Application numérique :

$$D = 16'' = 0,4064 \text{ m}$$

$$S = 0,1297 \text{ m}^2$$

$$Q_V = 1900/3600 = 0,5278$$

$$V = 4,06868 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Re} = 685772,61 \text{ Donc le régime est turbulent} \\ \varepsilon/D = 1,125 \cdot 10^{-4} \\ L=0,3\text{m} \end{array} \right\} f = 0,01441$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 68,1008 \text{ Pa} = 6,7227 \cdot 10^{-4} \text{ bars}$$

Il y'a un élargissement de 16" à 22" $k=0,16$

$$D = 22'' = 0,5588 \text{ m}$$

$$S = 0,24524 \text{ m}^2$$

$$Q_v = 1900/3600 = 0,5278 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 2,1520 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 1043,575 \text{ Pa} = 1,0302 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Nous collectons la longueur des tuyaux qui ont le même $V_2 = 2,1520 \text{ m/s}$ et la même

$$S = 0,24524 \text{ m}^2$$

$$L = 69,938 \text{ m}$$

$$\varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Re} = 498743$$

$$f = 0,01425339$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 3255,07041 \text{ Pa} = 3,2133 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Il y'a 13 coude de 90°

$$k = 0,192 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 4554,46795 \text{ Pa} = 4,49602 \cdot 10^{-2} \text{ bar}$$

Il y'a un clapet de non- retour à un disque lavable :

$$k = 0,24 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 437,929611 \text{ Pa} = 4,3231 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a une vanne de 22"

$$k = 0,3 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 547,412014 \text{ Pa} = 5,40387 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a un Té avec déviation

$$k = 2 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 3649,41343 \text{ Pa} = 3,260258 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Il y'a une coude 135°

$$k = 2,595 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 4734,95733 \text{ Pa} = 4,674193 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Il y'a un élargissement de 22" à 24"

$$k = 0,026$$

$$D = 24'' = 0,6096 \text{ m}$$

$$S = 0,2918635 \text{ m}^2$$

$$Q_v = 1900/3600 = 0,5278$$

$$v = 1,80830341 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 47,4423745 \text{ Pa} = 4,6834 \cdot 10^{-4} \text{ bars}$$

$$\left. \begin{array}{l} L = 0,515 \text{ m} \\ \varepsilon/D = 7,5 \cdot 10^{-5} \\ Re = 457181741 \end{array} \right\} f = 0,01432719$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 15,5941654 \text{ Pa} = 1,5394 \cdot 10^{-4} \text{ bars}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_{s \text{ Total}} = 0,14476658 \text{ bars} \quad \Delta P_{L \text{ Total}} = 3,2955918 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

$$\Delta P_{T1} = \Delta P_L + \Delta P_s = 0,177722498 \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.2. Deuxième tronçon : four vers le point A : (figure II.01)

$$\left. \begin{array}{l} \rho_{180^\circ\text{C}} = 770 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\ \mu_{180^\circ\text{C}} = 0,0013 \text{ Pa}\cdot\text{s} \end{array} \right\} \text{(Voir annexe 02)}$$

De la même manière précédente nous calculons la perte de charge :

$$D = 24'' = 0,60906 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 1900/3600 = 0,5278 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,29186351 \text{ m}^2 \\ \text{Donc } \varepsilon/D = 7,5 \cdot 10^{-5} \\ Re = 652925,505 \rightarrow \text{le régime est turbulent} \\ L = 0,515 \text{ m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} V = 1,80830341 \text{ m/s} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \left. \right\} f = 0,01371692$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 14,5888905 \text{ Pa} = 1,4402 \cdot 10^{-4} \text{ bars}$$

Il y'a un rétrécissement de 24'' à 22'' $k = 0,008$ (voir annexe 05)

$$\left. \begin{array}{l} D = 22'' = 0,5588 \text{ m} \\ S = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} V = 2,15203051 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 14,2642048 \text{ Pa} = 1,4081 \cdot 10^{-4} \text{ bars}$$

Nous collectons la longueur des tuyaux qui ont la même de $v = 2,15203051 \text{ m/s}$ et

$$\left. \begin{array}{l} S = 0,24524642 \text{ m}^2 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \\ Re = 712282,369 \end{array} \right\} f = 0,01368132$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 1975,14846 \text{ Pa} = 1,949801 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Il y'a 6 coude de 90° de même vitesse :

$$k=0,192 \quad \Longrightarrow \quad \Delta P_s = 2054,04549 \text{ Pa} = 2,027686 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.3. Troisième tronçon : Du point (A) vers Rebouilleur de déethaniseur E-1007 :

Lorsque l'huile chaude atteint le Té, le débit sera divisé, le débit de 1300 m³/h sera contenu votre passage à l'utilisateur et le reste (600 m³/h) doit être revenir à la ballon d'excès

Donc, Il y'a un Té avec déviation $\Longrightarrow k=1,468144044$

$$\left. \begin{array}{l} Q_v = 1310 / 3600 = 0,36389 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,2452524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \quad V = 1,4724113 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 1225,47865 \text{ Pa} = 1,209752 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Encore nous collectons la longueur des tuyaux qui ont la même surface et la même vitesse

$$V = 1,4724113 \text{ m/s} \quad L = 28,047 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} Re = 487340,958f = 0,01428 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 597,823529 \text{ Pa} = 5,901516 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a un coude de 135° alors $k = 2,595$ (voir annexe 05)

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 2165,98964 \text{ Pa} = 2,138193 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Le débit 1310 m³/h sera encore divisé, 90 vers E-1007 et le reste doit continuer le trajet.

Donc, $k=0,00191716$

$$\left. \begin{array}{l} Q_v = 1220 / 3600 = 0,3389 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \quad v = 1,38187542 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 1,40947336 \text{ Pa} = 1,391385 \cdot 10^{-5} \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.4. Quatrième tronçon : Du Rebouilleur de déethaniseur E-1007 vers préchauffeur E-1013 :

$$L = 47,97 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_v = 1220 / 3600 = 0,3389 \text{ m}^3/\text{s} \\ s = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \quad v = 1,38187542 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Re} = 457375,252 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} f = 0,01439$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 908,181453 \text{ Pa} = 8,965266 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a 4 coude de 90° de $v=1,37050364 \text{ m/s}$

$$k=0,192 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 555,369897 \text{ Pa} = 5,48243 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a un Té. Ici, l'utilisateur (E-1013) prendra un débit d'huile $10 \text{ m}^3/\text{h}$ le reste est $1210 \text{ m}^3/\text{h}$:

Donc, $k=0,39341575$

$$\left. \begin{array}{l} Q_v=1210/3600=0,33611 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} V = 1,37049911 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 284,491953 \text{ Pa} = 2,80841 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.5. Cinquième tronçon : Du préchauffeur E-1013 vers les Rebouilleurs E-1003A/B (du fractionateur):

$$L = 7,77 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 1210/3600 = 0,33611 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} v = 1,37049911 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Re} = 449862,549 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} f = 0,01443861$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 142,7917 \text{ Pa} = 1,40959 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a un Té. Ici, l'utilisateur (E-1003 A/B) prendra un débit d'huile $550 \text{ m}^3/\text{h}$ le reste est $660 \text{ m}^3/\text{h}$.

Donc, $k=0,117361111$ (voir annexes 05)

$$\left. \begin{array}{l} Q = 660/3600 = 0,183333 \text{ m}^3/\text{s} \\ s = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} v = 0,74754744 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 25,2500626 \text{ Pa} = 2,4926 \cdot 10^{-4} \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.6. Sixième tronçon : Rebouilleurs E-1003A/B (du fractionnateur) vers**Restriction :**

$$\left. \begin{array}{l} Q_v = 660/3600 = 0,183 \text{ m}^3/\text{s} \\ s = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} v = 0,74754744 \text{ m/s}$$

La distance entre le rebouilleur et la restriction : $L = 0,62 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} Re = 247424,402 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} f = 0,01570682$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 3,7494004 \text{ Pa} = 3,7013 \cdot 10^{-5} \text{ bars}$$

Il y'a un rétrécissement de 22" à 14" ;

 $k = 0,103$ (voir annexes 05) $D = 14'' = 0,3556 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} S = 0,09931467 \text{ m}^2 \\ Q_v = 660/3600 = 0,183 \text{ m}^3/\text{s} \end{array} \right\} V = 3,43744688 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 468,565109 \text{ Pa} = 4,62552 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.7. septième tronçon : La Restriction vers Interconnexion : $L = 54,45 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} S = 0,09931467 \text{ m}^2 \\ Q_v = 660/3600 = 0,183 \text{ m}^3/\text{s} \end{array} \right\} V = 3,43744688 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} Re = 724010,929 \\ \varepsilon/D = 1,2857 \cdot 10^{-4} \end{array} \right\} f = 0,01427389$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 9942,857108 \text{ Pa} = 9,815285744 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

Il y'a 3 coude de 90°

$$k = 0,192 \Longrightarrow \Delta P_L = 2620,3252638 \text{ Pa} = 2,58669818 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

II.3.2.2.1.8. Huitième tronçon : Les pertes de charges de la conduite d'interconnexion:

Ici c'est la perte de charge linéaire et singulière entre la sortie de T-100 et l'entrée de T-200

Puisque le diamètre de conduite $D = 14''$ donc la $v = 3,43744688 \text{ m/s}$

$$L = 92,6 \text{ m} \Longrightarrow \Delta P_L = 35352,3824 \text{ Pa} = 0,34898699 \text{ bars}$$

Il y'a 6 coude de 90° de $v=3,43744688\text{m}$ et de $s = 0,09931467\text{ m}^2$

$$k=0,192 \quad \Longrightarrow \quad \Delta P_s = 5240,6505\text{ Pa} = 5,17339 \cdot 10^{-2}\text{ bars}$$

II.3.2.2.2. Les pertes de charge pour le train 200 :

II.3.2.2.2.1. Neuvième tronçon : L'Interconnexion vers La Restriction :

$$L = 54,45\text{ m}$$

$$S = 0,09931467\text{ m}^2$$

$$Q_v = 660/3600 = 0,183\text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 3,43744688\text{ m/s}$$

$$Re = 724010,929$$

$$\varepsilon/D = 1,2857 \cdot 10^{-4}$$

$$f = 0,01427389$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 9942,857108\text{ Pa} = 9,815285744 \cdot 10^{-2}\text{ bars}$$

Il y'a 3 coude de 90°

$$k = 0,192 \quad \Longrightarrow \quad \Delta P_s = 2620,3252638\text{ Pa} = 2,58669818 \cdot 10^{-2}\text{ bars}$$

II.3.2.2.2.2. dixième tronçon : La Restriction vers Rebouilleurs E-2003A/B (du fractionnateur):

Il y'a un élargissement de 14" à 22" $k=0,33176$

$$D=22'' = 0,5588\text{ m}$$

$$s = 0,24524642\text{ m}^2$$

$$Q_v = 660/3600 = 0,183\text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_2 = 2,15203051\text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 71,3776531\text{ Pa} = 7,042 \cdot 10^{-4}\text{ bars}$$

$$L = 0,62\text{ m}$$

$$\varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5}$$

$$Re = 247424,402$$

$$f = 0,01570682$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 3,7494004\text{ Pa} = 3,7013 \cdot 10^{-5}\text{ bars}$$

Il y'a un Té. Ici, l'utilisateur (E-2003 A/B) prendra un débit d'huile $550\text{ m}^3/\text{h}$, le reste est $110\text{ m}^3/\text{h}$.

Donc, $k = 0,00278$

$$Q = 150/3600 = 0,04166667\text{ m}^3/\text{s}$$

$$s = 0,24524642\text{ m}^2$$

$$v = 0,11326470\text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 0,0137198\text{ Pa} = 1,3544 \cdot 10^{-7}\text{ bars}$$

II.3.2.2.3. Onzième tronçon : Les Rebouilleurs E-2003 A/B (du fractionnateur) vers le préchauffeur E-2013:

Il y'a un distance entre E-2003 A/B et E-2013 de longueur $L=7,77$ m

$$\left. \begin{array}{l} Q = 150/3600 = 0,04166667 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,24524642 \text{ m}^2 \\ Re = 37488,5457 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} \begin{array}{l} V = 0,11326470 \text{ m/s} \\ f = 0,02246066 \end{array}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 1,54254401 \text{ Pa} = 1,5227 \cdot 10^{-5} \text{ bars}$$

Il y'a un Té. Ici, l'utilisateur (E-2013) prendra un débit d'huile $10 \text{ m}^3/\text{h}$, le reste est $100 \text{ m}^3/\text{h}$

Donc, $k = 0,002777778$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 90/3600 = 0,3333 \text{ m}^3/\text{s} \\ s = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} v = 1,35917716 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 1,94313117 \text{ Pa} = 1,918 \cdot 10^{-5} \text{ bars}$$

II.3.2.2.3. Deuxième tronçon : Du préchauffeur E-2013 vers Rebouilleur de dééthaniseur E-2007 :

Encore nous collectons la longueur des tuyaux qui ont la même surface et la même vitesse

$$V = 1,35917716 \text{ m/s} \text{ et } s = 0,24524642 \text{ m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} Re = 449862,549 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} f = 0,01443861$$

$$L_{\text{Total}} = 47,97 \text{ m}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_L = 881,559679 \text{ Pa} = 8,70246 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a 4 coude de 90°

Donc, $v = 1,35917716 \text{ m/s}$

$$k = 0,192 \quad \Longrightarrow \Delta P_s = 546,228162 \text{ Pa} = 5,39218 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$$

Il y'a un Té. Ici, l'utilisateur (E-2007) prendra un débit d'huile $90 \text{ m}^3/\text{h}$, le reste est $10 \text{ m}^3/\text{h}$

Donc, $k = 0,0000236686$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 10/3600 = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0,24524642 \text{ m}^2 \end{array} \right\} V = 0,01132648 \text{ m/s}$$

$$\Longrightarrow \Delta P_s = 1,169 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} = 1,154 \cdot 10^{-11} \text{ bars}$$

II.3.2.2.4. treizième tronçon : Du Rebouilleur de déethaniseur E-2007 vers le point (B):

Encore nous collectons la longueur des tuyaux qui ont la même surface et la même vitesse

De $v = 0,01132648$ m/s et $s = 0,24524642$ m²

$$\left. \begin{array}{l} L_{\text{Total}} = 73,292 \text{ m} \\ Re = 3748,85457 \\ \varepsilon/D = 8,1818 \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} f = 0,04148487$$

$$\implies \Delta P_L = 0,26874491 \text{ Pa} = 2,65296 \cdot 10^{-6} \text{ bars}$$

Il y'a 6 coude de 90° de $v = 0,01132648$ m/s

$$k = 0,192 \implies \Delta P_s = 0,1240921 \text{ Pa} = 1,225 \cdot 10^{-6}$$

Ily'a un coude de 135°

$$k = 2,595 \implies \Delta P_s = 0,1281662 \text{ Pa} = 1,2652 \cdot 10^{-6} \text{ bars}$$

Il y'a un Té et dans ce cas, la vanne d'excès de T-200 sera ouverte pour permettre le retour de l'huile

$$k = 1,000027701 \implies \Delta P_s = 0,04939269 \text{ Pa} = 4,8759 \cdot 10^{-7} \text{ bar}$$

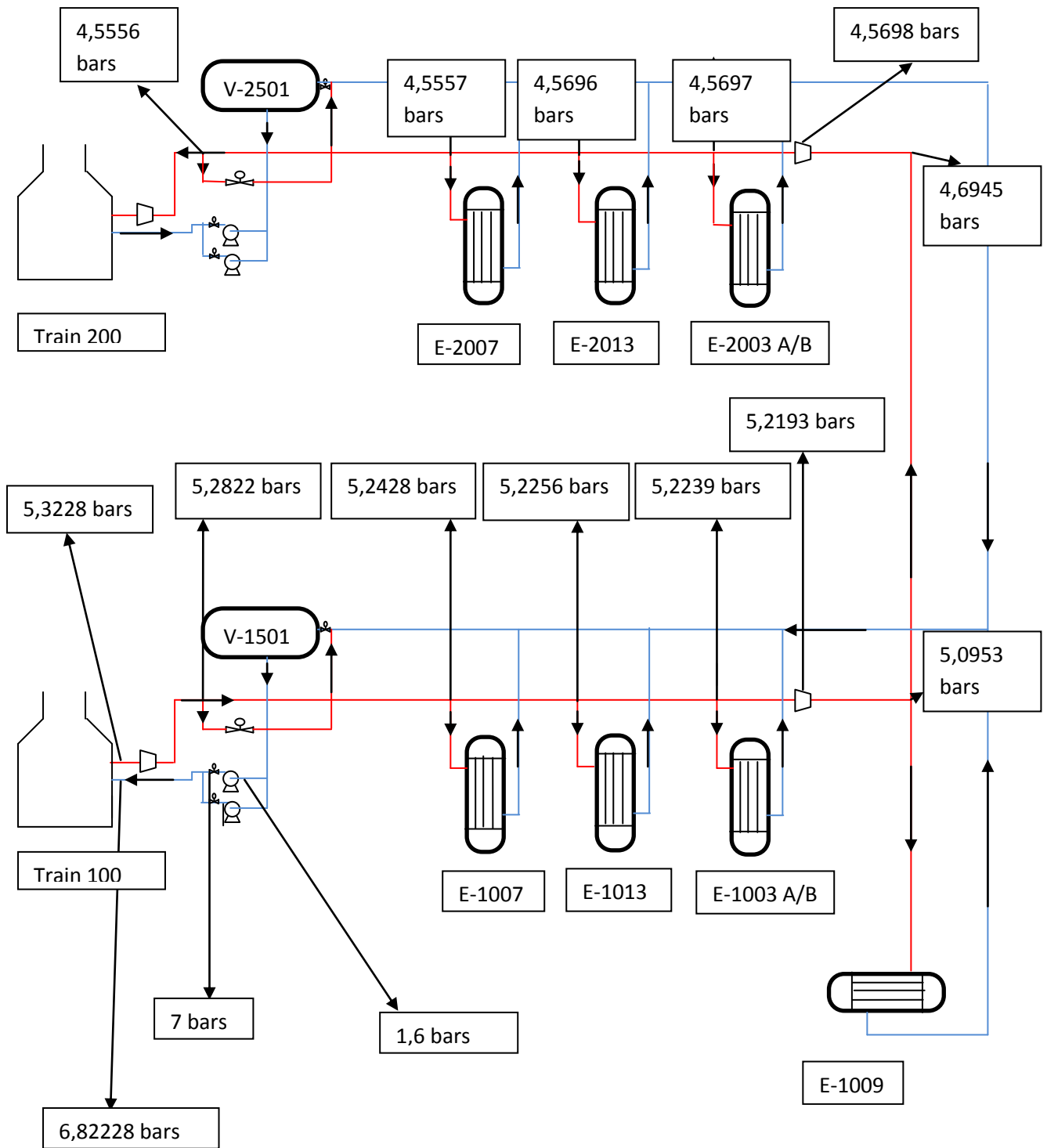


Figure II.5 : Influence de la perte de charge sur la circulation d'huile

II.3.2.3. Calcul du rendement de la pompe au niveau de train 100:

Le rendement de la pompe est donné par la formule suivante :

$$\eta = \frac{P_{\text{Théo}}}{P_{\text{réel}}}$$

Avec,

$P_{\text{Théo}}$: la puissance fournie par la pompe en Kw

$P_{\text{réel}}$: la puissance absorbée par la pompe en Kw

La puissance fournie par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P_{\text{Théo}} = Q_v * \Delta P$$

Q_v : le débit volumique (m^3/h)

$$\Delta P = P_{\text{ref}} - P_{\text{asp}}$$

$P_{\text{refoulement}} = 7 \text{ bars}$

$P_{\text{aspiration}} = 1,6 \text{ bars}$

$P_{\text{réel}} = 365 \text{ Kw}$

(Voir annexe01)

VI.2.3.1. Pour un four alimentant un seul train ($Q_v = 650 m^3/h$):

$$P_{\text{Théo}} = 650 * 540000 / 3600$$

$$P_{\text{Théo}} = 97,5 \text{ Kw}$$

Donc,

$$\eta = 26,71\%$$

II.3.2.3.2. Pour un four alimentant deux trains ($Q_v = 1310 m^3/h$) :

Le débit qui alimente un seul train c'est $650 m^3/h$ multiplié par 2 et en ajoutant $10 m^3/h$

Pour assurer la vitesse de circulation

$$P_{\text{Théo}} = 196,5 \text{ Kw}$$

$$\eta = 53,83\%$$

II.3.4. Conclusion :

D'après ces calculs on remarque qu'une pompe alimentant deux trains consomme moins d'électricité que deux pompes et cela se traduit par un gain électrique important.

On constate aussi que l'utilisation d'une seule pompe au lieu de deux pour alimenter les deux trains est bénéfique car on a eu une amélioration du rendement de 26,71% à 53,83%.

II.4.Vérification du GN de réchauffage

II.4.1. Introduction :[7]

La question qui se pose dans cette partie est comment peut-on sécher les déshydrateurs du premier et du deuxième train à la fois par un seul débit de GN sans perturber la séquence de déshydratation.

Pour répondre à cette question, nous proposerons la solution suivante :

L'alimentation du deuxième train par le GN est assurée en installant une nouvelle conduite dans un endroit convenable.

On ajoutant dans cette conduite des vannes manuelle de 4''.

Pour mettre en valeur cette solution il est intéressant de calculer les pertes de charge à travers le circuit du GN de réchauffage pour voir l'évolution de ce dernier en fonction du débit et de la température.

II.4.2. Calcul les pertes de charge à travers le circuit de GN de réchauffage : [9]

II.4.2.1.calcul la perte de charge singulière :

Selon la formule suivante :

$$\Delta P_s = k \frac{\rho V^2}{2}$$

II.4.2.2.Calcul la perte de charge linéaire à T=280 °c(TV-1005) : (voir figure II.4)

Selon la formule de darcy :

$$\Delta P_L = f \frac{L \rho V^2}{D}$$

A. Calcul le facteur de friction (f) :

Le facteur de frottement dépend du **Re** et de la Rugosité relative

A.1.calcul Re :

Nous avons : $R_e = \frac{\rho V D}{\mu}$

A.1.1.Calcul de la masse volumique(ρ) et de la viscosité (μ) de GN :

La détermination de la masse volumique et la viscosité de GN se fait par HYSYS à T=280 °c (Voir annexe 06)

Nous obtenons : $\rho_{280^\circ C} = 1,864 \frac{Kg}{m^3}$

$\mu_{280^\circ C} = 1,886 \cdot 10^{-5} Pa.s$

A.1.2. Calcul de la vitesse V :

Nous avons: $V=Q_v/S$

Avec:

Q_v : le débit volumique de GN / $Q_v= 1829 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (dans les conditions normal)

À $T=280 \text{ °C}=553,15\text{k}$ et $P=350000\text{Pa}$

Alors,

$$Q_v=1072,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

S : la section de la conduite / $S = \pi D^2/2$

Avec :

D : diamètre de la conduite / $D = 4' = 0,1016\text{m}$

Alors,

$$S = 0,008103\text{m}^2$$

La vitesse sera donc :

$$v=36,74 \text{ m/s}$$

Alors, $Re=369124,9 > 2000 \rightarrow$ le régime est turbulent

A.2. Calcul de la rugosité relative (ϵ/D) :

La rugosité (ϵ) de la conduite dépend de la matière avec laquelle la conduite est construite.

Le matériau convenable est l'acier commercial (commercial steel).

Alors : $\epsilon=0,000046\text{m}$ (voir annexe 04)

Pour :

$$\epsilon/D = 0,00045\text{m}$$

$$Re = 369124,9$$

A.3. calcul le facteur de friction :

Pour calculer le facteur de friction (f) on utilise la formule de Swamee et Jain :

$$f = [-2 \log (\epsilon/D/3,7 + (5,74/Re^{0,9}))]^{-2}$$

On trouve : $f=0,0177$

A.3.1.Vérification par le diagramme de Moody :(voir annexe04)

Par projection on trouve : $f=0,0177$

Application numérique :

$L=82 \text{ m}$

On obtient : $\Delta P_L = 0,1776 \text{ bars}$

A.3.2.Calcul la perte de charge à travers le coude :

Nous avons 4 coudes de 90° donc $k = 0,51$ (voir annexe 05)

On obtient : $\Delta P_s = 0,02536 \text{ bars}$

II.4.2.3.Calcul la perte de charge à $T=35^\circ \text{c}$ (FV-2001) :(voir figure II.4)

La même méthode de calcul :

On a : $\rho_{35^\circ \text{C}} = 2,601 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$\mu_{35^\circ \text{C}} = 1,180.10^{-5} \text{ Pa.s}$ (voir annexe 07)

Donc, $Re=822570,21 \rightarrow$ régime est turbulent

Alors nous trouvons : $f=0,0171$

Application numérique :

$L=80,6 \text{ m}$

On obtient : $\Delta P_L = 0,2349 \text{ bars}$

II.4.2.3.1.Calcul la perte de charge à travers le coude :

Nous avons 4coudesde 90° :

Alors, $k = 0,51$ (voir annexe 05)

On obtient : $\Delta P_s = 0,03535 \text{ bars}$

Donc, $\Delta P_{\text{Total}} = \Delta P_L + \Delta P_s$

$\Delta P_{\text{Total}} = 0,47321 \text{ bars}$

II.4.3.Conclusion :

D'après les résultats que nous avons trouvé sur les pertes de charge à travers la conduite que nous avons installé (coude.....etc.), nous pouvons dire que le GN de réchauffage peut alimenter les deux trains.

Enfin, nous pouvons dire que la solution proposée est envisageable sans perturbation de la séquence de déshydratation.

II.5. Etude économique

II.5.1. Introduction :

Pour mettre en valeur notre étude, nous devons la finaliser par un calcul économique traduisant les gains dont doit bénéficier le complexe GP1 /Z par la mise en exploitation de notre proposition.

II.5.2. La méthode de calcul :

Dans cette étape de calcul nous estimerons les bénéfices qui seront apportés lors de l'application de notre proposition. Pour cela nous comparerons la consommation électrique d'une pompe alimentant un train et celle alimentant deux trains ainsi que la consommation du GN combustible par un four alimentant un train et celui alimentant deux trains.

Nous calculerons dans une deuxième étape les dépenses dues à l'installation de la conduite permettant la circulation de GN de réchauffage jusqu'au deuxième train.

Nous terminerons le calcul économique par une estimation de l'amortissement lors de l'application de notre proposition.

II.5.2.1. Calcul des bénéfices :

Le calcul des bénéfices se traduit par la réduction de la consommation électrique de la pompe et par la réduction de la consommation du combustible au niveau du four.

II.5.2.1.1. Au niveau de la pompe :

Nous calculerons dans cette partie la consommation électrique totale de deux pompes, chacune alimente son propre train par un débit d'huile de 650 (le cas réel), puis nous comparerons cette consommation avec celle d'une pompe alimentant les deux trains à la fois par un débit d'huile de 1310 m³/h (le cas étudié).

Le résultat de la comparaison nous donnera la réduction de la consommation électrique qui représente un gain financier calculé par la méthode suivante :

- Pour deux pompes alimentant deux trains la consommation est :

$$P'_{\text{réel.}} = 2 \times P_{\text{réel.}}$$

Avec :

$P'_{\text{réel.}}$: La puissance électrique réelle totale consommée par les deux pompes en (Kwatt).

$P_{\text{réel.}}$: La puissance électrique réelle consommée par une pompe en (Kwatt).

- Pour une pompe alimentant deux trains la puissance consommée est : $P''_{\text{réel.}}$

- La réduction de la consommation électrique = $P'_{\text{réel.}} - P''_{\text{réel.}}$

-Les prix de la consommation électrique de la SONELGAZ sont donnés en **centi DA/Kwatt** durant le matin et le soir.

-Par la règle de trois nous estimerons le bénéfice en DA apporté pour une journée de production.

II.5.2.1.2. Au niveau du four :

Nous calculerons la consommation totale du combustible de deux fours, chacun alimente son propre train avec un débit d'huile de $650\text{m}^3/\text{h}$ (le cas réel) ; puis nous comparerons cette consommation avec celle d'un four alimentant les deux trains à la fois avec un débit d'huile de $1310\text{m}^3/\text{h}$ (le cas étudié).

Le résultat de la comparaison nous donnera la réduction de la consommation de combustible qui représente un gain financier calculé comme suit :

-Pour deux fours alimentant deux trains la consommation de combustible est : $Q_{\text{combustible}}$ en Nm^3/h .

-Pour un four alimentant deux trains la consommation est : $Q'_{\text{combustible}}$ en Nm^3/h .

-La réduction de la consommation = $Q_{\text{combustible}} - Q'_{\text{combustible}}$

-Le prix d'un contrat m^3 de GN = 1341,39 DA

-Avec 1 contrat m^3 de GN correspond à 1069Nm^3

-Le gain financier par jour apporté = $(Q_{\text{combustible}} - Q'_{\text{combustible}}) * 24 * 1341,39 / 1069$

Le montant total des bénéfices par jour = bénéfice apporté par la pompe

+

Bénéfice apporté par le four

II.5.2.2. Calcul des dépenses :

Nous calculerons dans cette étape les dépenses dues à l'installation d'une conduite pour le GN de réchauffage comportant des accessoires tel que : les coudes, vannes manuelles de diamètres de 4''.

Le montant total des dépenses sera la somme des prix de la conduite et ses accessoires.

II.5.2.3. Les gains rapportés par une année seront :

(Le montant total des bénéfices par jour $\times 330$ jours) - (Le montant total des dépenses)

II.5.2.4. Calcul de l'amortissement :

L'amortissement ou le délai de récupération du capital investi sera donc :

$$X = \frac{\text{Le montant total des dépenses}}{\text{Le montant total des bénéfices par jour}}$$

II.5.3. Application de la méthode :**II.5.3.1. Calcul des bénéfices :****II.5.3.1.1. Au niveau de la pompe :**

-Pour deux pompes alimentant deux trains la consommation sera :

$$P'_{\text{réel.}} = 2 \times 365 = 730 \text{ Kw (Voir Annexe 01)}$$

-Pour une pompe alimentant deux trains la consommation est :

$$P''_{\text{réel.}} = 365 \text{ Kw (Voir Annexe 01)}$$

730-365=365 Kw de gain.

$$\begin{aligned} \text{\% de la réduction de la consommation} &= \frac{730-365}{730} \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

Soit 50% de réduction de la consommation électrique.

Le prix de la consommation électrique est comme suit : **[Département finance]**

Heures de pointe (17h-21h) → P.U=550,71 cDA/ Kw

Heures de pointe (6h à 17h et 21h à 22h30) → P.U=113,85 cDA/ Kw

Heures de pointe (22h30 à 6h) → P.U=49,19 cDA/ Kw

Le gain économique sera :14581,349 DA par jour.

II.5.3.1.2. Au niveau du four :

-Pour deux fours alimentant deux trains la consommation sera :

$$Q_{\text{combstible}} = 2 \times 1829 = 3658 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

-Pour un four alimentant deux trains la consommation est :

$$Q_{\text{combstible}} = 1829 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

$$3658 - 1829 = 1829 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \text{ de gain.}$$

Soit 50% de réduction de la consommation en combustible.

-Le prix unitaire du GN: $10^3 \text{ Contra m}^3 = 1341,39 \text{ DA}$

-Sachant que: $1 \text{ Contra m}^3 = 1069 \text{ Nm}^3$

-Nous avons $1036 \text{ Nm}^3/\text{h}$ de gain qui correspond à 1300 DA/h .

-Soit $55081,062 \text{ DA/jour}$ de gain en combustible.

Montant total des bénéfices par jour = 696624105 DA

II.5.3.2. Calcul des dépenses : [Département finance]

-Conduite de 4'' de diamètre et de $162,6 \text{ m}$ de longueur pour le GN de réchauffage :

Pour : $6 \text{ m} \longrightarrow \text{Prix} = 200000,00 \text{ DA}$

Alors: $162,6 \text{ m} \longrightarrow \text{Prix} = 5420000,00 \text{ DA}$

La conduite comporte: [Département technique]

$2 \text{ Vannes de } 4'' \longrightarrow 2 \times 250000,00 = 500000 \text{ DA}$

$8 \text{ Coudes} \longrightarrow 8 \times 940,00 = 7520,00 \text{ DA}$

$2 \text{ Vannes manuelles de } 22''$ pour la circulation d'huile :

$2 \times 300\,000,00 = 600\,000,00 \text{ DA}$

Montant total des dépenses = 6527520,00DA

II.5.3.2.1 Les gains rapportés pour une année seront :

$(69662.4105 \times 330) - 6527520.00 = 16461075.47 \text{ DA}$

II.5.3.3. Calcul de l'amortissement :

Nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} 69662,4105 \text{ Degains} \longrightarrow 1 \text{ jour} \Rightarrow X = \frac{6527520,00 \times 1}{69662.4105} = 93 \text{ jours} \\ 6527520,00 \longrightarrow X \text{ jours} \end{array} \right.$$

Alors : le délai de récupération du capital investi est **3 mois et 3 jours**.

II.5.4. Conclusion :

Le capital investi sera récupéré dans trois mois d'application engendrant un gain financier de **16461075.47 DA** pour la première année de production, alors, nous pouvons dire que cette amélioration est rentable.

Conclusion

Rappelons que le but de notre travail était d'étudier la faisabilité technique de l'idée d'alimentation des deux trains par un seul four sans perturbation de son fonctionnement.

L'étude de faisabilité nous a conduits aux résultats suivants :

- La pompe peut alimenter les utilisateurs des deux trains par l'huile chaude sans avoir des perturbations.
- Le four peut fournir la chaleur nécessaire à l'huile pour le fonctionnement des colonnes de fractionnement.
- Le GN de réchauffage peut régénérer deux sècheurs à la fois.

L'étude économique nous a donné les résultats suivants :

- Une grande quantité de GN et d'électricité sera récupérée engendrant un gain économique important de « **16461075,47 DA** » pour la première année d'application.
- Le capital investi sera récupéré dans trois mois de production, cela représente un bon amortissement du projet.

En point de vue environnemental, cette amélioration minimise la pollution atmosphérique causée par l'émission des fumées de la combustion du GN au niveau de la torche.

Enfin, nous pouvons dire que cette amélioration est faisable sur terrain, rentable, économique et moins polluante.

Bibliographie

[1]-Manuel Opérateur ; Process : Volume I et II (GP1/Z).

[2]-RcReid, John M. Prausnitz et B.E. Poling "the properties of gases and liquids"
McGRAW & Hill 4^{ème} Edition.

[3]-Manuel opératoire du complexe GP2/Z volume 2 [Système d'huile chaude]

[4]-Manuel Opérateur; Section déshydratation phase I volume I (GP1/Z).

[5]-J.Lenogeu, Etude des fours pétroliers et pétrochimiques. Editions technique, institut français de pétrole (IFP).

[6]- G.Monnot, la combustion dans les fours et les chaudières .Editions technique, Institut français de pétrole (IFP).

[7]-Ruthven D. M; principles of adsorption and adsorption process John Wiley ET Sons, New York.

[8]-Sherwood, properties of gas and liquids, Mc Graw-Hill, New York, 1977.

[9]- Data Book Déshydratation and treating. section 15, 9^{ème} édition, Rev(1974 - 1976).