



Department of Process Engineering

The Date

Ref :...../U.M/F.S.T/2023

قسم هندسة الطرائق

التاريخ :

رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Industries pétrochimiques

Option: Génie pétrochimique

Thème

**ETUDE DE LA FAISABILITE D'ALIMENTATION DE DEUX TRAINS
AVEC UNE SEULE SECTION D'HUILE CHADE AU COMPLEXE GP1/Z**

Présenté par

- 1- MAZOUZ Abderrahmane
- 2- AMARA Bendehiba

Soutenu le 06/07/ 2023 devant le jury composé de :

Présidente :	DELALI Halima	MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	DAHMANE Abdellah	MAA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	HADDOU Nabila	MCB	Université de Mostaganem

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu Tout-Puissant, le Très Miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience pour achever cet humble travail, et dont la volonté est accomplie par les travailleurs et la louange et merci à celui qui nous a guidés sur le droit chemin

Je remercie sincèrement mon encadreur M^{me}. **HADDOU Nabila** enseignante à l'Université de Mostaganem et pour son acceptation de mon offre de superviser mon travail et je la remercie pour sa gentillesse et sa gentillesse éternelles et pour son appréciation et sa compréhension constante de notre situation et merci beaucoup pour vos conseils, votre soutien solide et vos encouragements inspirants.

Mes remerciements particuliers aux membres du jury, **M^m. H.DELALI** enseignante à l'Université de Mostaganem pour avoir accepté de présider ce jury et l'enseignant **M^r.A.DAHMANE**, pour l'honneur qu'ils ont fait accepter d'examiner notre travail et de fournir un avis, un commentaire ou des conseils à ce sujet.

Sans oublier nos chers professeurs tout au long des années universitaires et les responsables du département de Génie des procédés merci pour l'aide et les précieuses informations et l'expérience unique et enfin pour le bon traitement

Enfin, un grand merci à mes collègues d'étude pour la belle et amusante compagnie, ainsi que pour les bons souvenirs, en particulier le respect mutuel.

Que Dieu vous bénisse

Liste des figures

Figure.I.1. Vue du complexe GP1/Z	4
Figure.I.2. Demande nationale en GPL	8
Figure.II.1. Ballon d'expansion	15
Figure II.2. Section Huile Chaude	17
Figure II.3. La section déshydratation (Train 100)	20
Figure.II.4. Les séquence de déshydratation	23
Figure.III.1. Circuit d'huile actuel	27
Figure.III.2. Circuit d'huile proposé	28
Figure.III.3. Circuit actuel du GN de réchauffage	29
Figure.III.4. Circuit de GN de réchauffage proposé	30
Figure.V.1. Restriction de la conduite	34
Figure.V.2. Elargissement de la conduite	34
Figure.V.3. Distances entre les tronçons du circuit	36
Figure.V.4. La Restriction	41
Figure.V.5. Influence de la perte de charge sur la circulation d'huile chaude	42

Liste des tableaux

Tableau.I.1. Historique du complexe GP1/Z	2
--	---

Résumé

Le but de travail était d'étudier la faisabilité technique de l'idée d'alimenter deux trains par une seule section huile chaude. Cette réduction d'énergie est liée directement à la réduction de la consommation d'huile chaude au niveau des rebouilleurs des colonnes du fractionnateur et du déethaniseur. L'étude a conduit au résultat que l'utilisation d'une seule pompe peut alimenter les utilisateurs des deux trains par l'huile chaude sans avoir des perturbations. Et l'étude économique nous a donnée une grande quantité de GN (gaz naturel) et d'électricité sera récupérée engendrant un gain économique important de « 10480 196,58 DA » pour la première année d'application.

Mots clés : pompe, huile chaude, réduction d'énergie, gaz naturel.

Abstract

The aim of the project was to study the technical feasibility of feeding two trains from a single hot oil section. This energy reduction is directly linked to the reduction in hot oil consumption in the reboilers of the fractionator and deethanizer columns. The study led to the result that the use of a single pump can supply the users of both trains with hot oil without disruption. And the economic study showed that a large quantity of NG (natural gas) and electricity would be recovered, generating a significant economic gain of "10480 196.58 DA" for the first year of application.

Keywords: pump, hot oil, energy reduction, natural gas

ملخص

كان الهدف من العمل دراسة الجدوى الفنية لفكرة تزويد قطارين بقسم واحد للزيت الساخن. يرتبط تقليل الطاقة هذا ارتباطاً مباشراً بتقليل استهلاك الزيت الساخن على مستوى مراحل إعادة الغلي في أعمدة المجزئ والمزبل. أدت الدراسة إلى نتيجة مفادها أن استخدام مضخة واحدة يمكن أن يزود مستخدمي القطارين بالزيت الساخن دون حدوث اضطرابات. ومنحتنا الدراسة الاقتصادية كمية كبيرة من الغاز الطبيعي (الغاز الطبيعي) وسيتم استعادة الكهرباء لتوليد مكاسب اقتصادية كبيرة " 10480 196.58 DA " للسنة الأولى للتطبيق.

الكلمات المفتاحية: مضخة ، زيت ساخن ، مخفض للطاقة ، غاز طبيعي.

Sommaire

REMERCIEMENT

LES LISTES DES FIGURES

LES LISTE DES TABLEAUX

RESUMES

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Description du complexe GP1/Z	
I.1. Présentation du complexe	3
I.2. Objectif	3
I.3. Historique	3
I.4. Situation géographique du complexe GP1/z	4
I.5. Fiche technique du complexe GP1/z	5
I.6. Notions générales sur le GP1 /Z	6
I.6.1. L'origine du GPL	6
I.6.2. Propriétés et caractéristiques du GPL	7
I.6.3. Risques liés au GPL	7
I.6.4. Consommation nationale en GPL	7
I.6.5. Utilisation du GPL	8
I.6.5.1. Chauffage	8
I.6.5.2. Froid et climatisation	8
I.6.5.3. Production d'énergie	9
I.7. Les installations du complexe GP1/z	9
I.7.1. Les installations de stockage d'alimentation	9
I.7.2. Les installations de production GPL	9
I.7.2.1. Section de déshydratation	9
I.7.2.2. Section de séparation de GPL	10
I.7.2.2.1. Le fractionnateur	10
I.7.2.2.2. Le déethaniseur	10
I.7.2.2.3. Le dépentaniseur	10
I.7.2.3. Section de réfrigération	11
I.7.2.3.1. Section d'huile chaude	11
I.7.3. Les installations de stockage des produits finis	11
I.7.3.1. Section de stockage des produits commerciaux	11

I.7.3.2. Section de récupération des gaz évaporés (Boil-off Gas)	13
--	----

Chapitre II : Description de la Section Huile Chaude

II.1. Généralités sur la section huile chaude	14
II.1.1. Les utilisateurs	14
II.1.2. Propriétés du fluide caloporteur	14
II.2. Equipements de la section huile chaude (Description et Rôle)	15
II.2.1. Four	15
II.2.2. Pompes	16
II.2.3. Aéro réfrigérant	16
II.2.4. Ballon d'expansion	16
II.2.5. Réservoir de stockage d'huile	17
II.2.6. Ballon tampon de gaz combustible	17
II.3. Description du procédé de la section huile chaude	17
II.3.1. Circuit d'huile	17
II.3.2. Circuit de gaz combustible	18
II.4. Introduction sur l'unité déshydratation	20
II.4.1. Bases d'étude	20
II.4.1.1. Unité de déshydratation de la charge	20
II.4.1.2. Unité de déshydratation de garde	20
II.4.2. Description du système	22
II.4.2.1. Unité de déshydratation de la charge	20
II.4.2.2. Unité de déshydratation de garde	23

CHAPITRE III : Problématique et vérification du circuit

III.1. Problématique	25
III.1.1. Introduction	25
III.1.1.1. Utilisation d'un seul four pour alimenter deux trains en huile chaude et en GN de réchauffage des tamis moléculaires	25
III.2. Vérification du circuit	26
III.2.1. Description du circuit proposé d'huile	27
III.2.2. Description du circuit proposé de GN de réchauffage	27
III.3. Conclusion	32

CHAPITRE V : Vérification et calcul de la pompe

V. Introduction	33
V.1. Vérification de la pompe	33
V.1.1. La méthode de calcul	33
V.1.2. Nous avons deux types de pertes de charges dans le circuit d'huile	34
V.1.3. Calcul des pertes de charges à travers le circuit	36
V.2. Les étapes de calcul	37
V.2.1. Les pertes de charges du train 100	39
V.2.1.1. Calcul de la perte de charges linéaire	39
V.2.1.2. Calcul de la perte de charges à travers le coude	39
V.2.2. Perte de charges à travers le four	39
V.2.2.1. Calcul de la perte de charges linéaire	39
V.2.2.2. Calcul de la perte de charges à travers le coude	40
V.2.2.3. Les pertes de charges de l'Interconnexion vers dépentaniseur	42
V.2.2.4. Les pertes de charges de la conduite d'interconnexion	43
V.2.2.5. Les pertes de charges pour le train 200	43
V.2.2.6. Les pertes de charges totales jusqu'au dernier utilisateur du deuxième train	44
V.2.2.7. Les pertes de charges totales jusqu'au dépentaniseur	44
V.2.3. Calcul du rendement de la pompe	46
V.3. Etude économique	47
V.3.1. La méthode de calcul	47
V.3.2. Calcul des bénéfices	47
V.3.3. Application de la méthode	48
V.4. Conclusion	48
CONCLUSION GENERALE	49
ANNEXE	
REFERENES BIBLIOGRAPHIE	

INTRODDUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

La civilisation mondiale actuelle est basée essentiellement sur l'utilisation de différents types d'énergie. Grâce à des techniques et à des procédés de transformation de ces énergies, les pays industriels sont en développement continu à cause de la concurrence dans ce domaine.

L'Algérie, comme les autres pays au cours de développement cherche à maîtriser ces industries, car elle possède des richesses naturelles, parmi les quelles nous citons les réserves en hydrocarbures d'où la présence d'une large gamme de produits relatifs aux gisements de pétrole et de gaz.

Pour la séparation de ces produits et leurs dérivés, notre pays a investi des sommes colossales dont la nécessité est d'acquérir et installer ces grands complexes de traitement qui sont répartis en plusieurs unités, le complexe GP1/Z fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité (AVAL) de l'entreprise national SONATRACH.

Dès sa construction, le complexe GP1/Z a été sur dimensionné au niveau de ses différents trains de production. Alors les exploitants du complexe ont cherché à optimiser et améliorer le fonctionnement des différents équipements.

Suite à ces améliorations les ingénieurs du département technique ont proposé d'alimenter deux trains par une seule section huile chaude.

L'objectif de notre travail est de faire une étude technico-économique afin de voir la faisabilité de cette proposition. Pour cela il faut étudier les équipements ciblés et analyser les contraintes afin de proposer des solutions possibles et réalisables sans perturbation du fonctionnement normal du complexe.

- Nous présenterons en premier lieu une description du complexe GP1/Z.
- Nous détaillerons ensuite la section huile chaude et la section déshydratation concernées par cette étude.
- Nous citerons dans une troisième étape la problématique avec ses données et les équipements ciblés. Avant de faire les calculs, 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 la partie calculs. Chaque étape de calcul sera précédée par une méthode de calcul pour la pompe. À la fin nous donnerons nos conclusions.

INTRODUCTION

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

CHAPITRE I

I.1. PRESENTATION DU COMPLEXE

Le complexe de production GPL, ayant la dénomination GP1/Z ou JUMBO GPL, est un complexe de la société SONATRACH. Complexe de la société SONATRACH.

I.2. OBJECTIF

Le complexe a pour mission la séparation et la réfrigération du GPL en propane et butane pour les commercialiser dans les marchés national et international. Le GPL provient du grand sud Algérien de Hassi Messaoud et de Hassi R'mel.

I.3. HISTORIQUE

Le complexe GP1/Z fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité LRP division LQS de l'entreprise nationale SONATRACH. Il est certifié ISO 14001 versions l'activité (AVAL) de l'entreprise nationale SONATRACH. Il est certifié ISO 14001 versions 2004, ISO 9001 version 2008 et OHSAS 18001 version 2007.

Quelques dates importantes concernant le complexe sont résumées ci. [1]

Tableau.I.1. Historique du complexe GP1/Z.

Dates	Evènements	Observations
11/12/1978	Signature du contrat de construction avec la Société IHI-ITOH (JAPON)	-
11/10/1980	Installation du chantier	-
10/11/1980	Démarrage des travaux	-
12/12/1983	Phase 1 : Mise en production	4 trains de traitement GPL produisant au total 4,8 Mt/an
31/12/1983	Inauguration officielle	-
20/02/1984	1er Navire de propane réfrigéré Chargé	-
24/02/1998	Phase 2 : 1ère Extension	Ajout de 2 trains de traitement GPL

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

		supplémentaires
Avril 2010	Phase 3 : 2 ^{ème} Extension	Ajout de 3 trains de traitement supplémentaire pour augmenter.

I.4. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU COMPLEXE GP1/Z

Le complexe GP1Z est situé sur le littoral de l'ouest algérien, à 40KM approximativement de la ville d'Oran et à 8KM de la ville d'Arzew.

Le complexe est de superficie de 120 hectares, est situé dans la zone industrielle d'Arzew ; entre le centre thermique Marsa el hadjadj de la coté est et au côté ouest est les complexes GNL de liquéfaction du gaz naturel (GL4/Z, G le complexe d'ammoniac et le complexe (GP2/Z).GL1/Z, GL2/Z), [1]

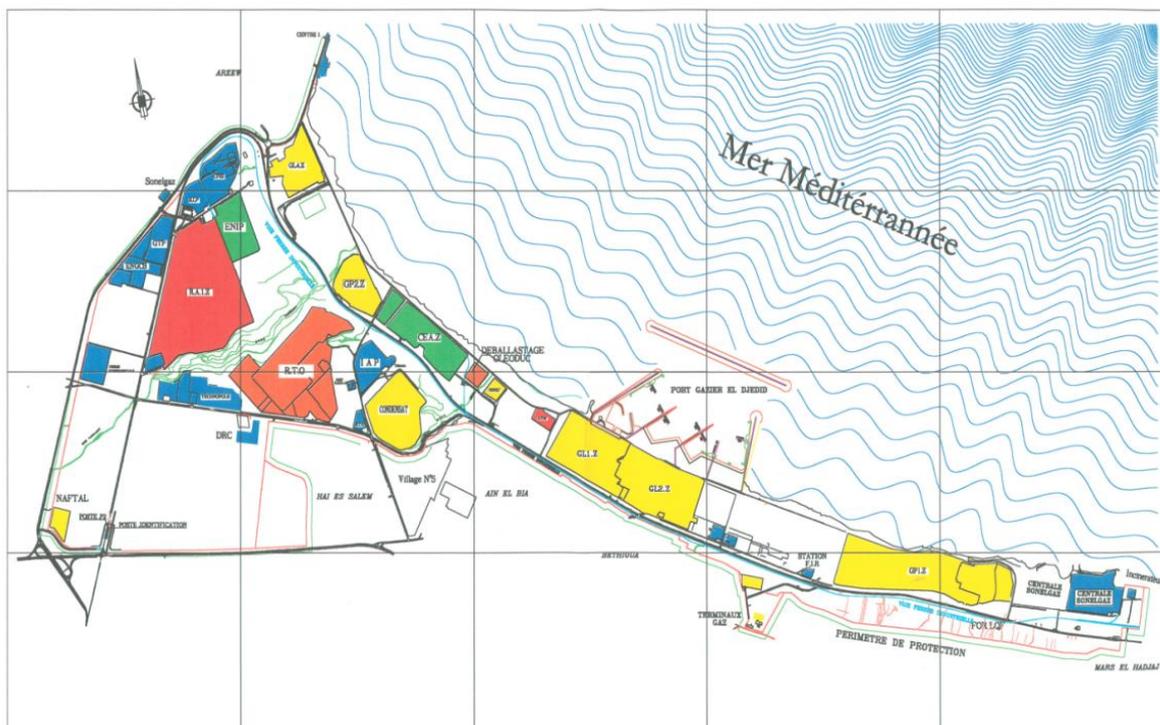


Figure.I.1. Vue du complexe GP1/Z.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

I.5. FICHE TECHNIQUE DU COMPLEXE GP1/Z

Le complexe a pour mission la production du GPL (Propane et Butane) commerciaux destinée aussi bien au marché national qu'au marché international. [2]

Raison Sociale : Complexe GP1Z

Superficie : 120 hectares.

Effectifs : 777 agents.

Objectif : 10.8 Mt/an de GPL.

Produits :

Propane Commercial

Butane Commercial

Procédé Utilisé : Distillation sous pression.

Nombre de Trains : Neuf (09) trains de 1,2 Mt /an chacun.

Constructeur : Consortium japonais IHI (Ishikawajima Arima Heavy Industries) et C. ITOH Compagnies.

Date de démarrage des travaux : 10 Novembre 1980

Date de Mise en Production du premier train Phase I : 12 Décembre 1983.

Date de Mise en Production du premier train Phase II : 24 février 1998.

Date de Mise en Production du premier train Phase III : 12 février 2010.

Enlèvements : Deux quais de chargement recevant navire des Gaz Pétrolier Liquéfier d'une capacité de 3 000 à 50 000 tonnes de GPL (D1, M6)

Une rampe de chargement par camions : Six (06) camions.

Destination de la Production : Exportation et Marché national.

Source d'Approvisionnement : Gaz en provenance des champs gaziers du sud algérien.

Capacité de stockage : Vingt-deux (22) Sphères de Stockage de la charge : 22 000 m³.

Quatre (04) Bacs de Stockage de propane réfrigéré : 280 000 m³.

Quatre (04) Bacs de Stockage du butane réfrigéré : 280 000 m³.

Quatre (04) sphères, une (01) de propane et trois (03) de butane ambiant : 500 m³ et 1500 m³.

Une (01) Sphère de stockage pentane : 500 m³.

I.6. NOTIONS GENERALES SUR LE GPL

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures légers gazeux aux conditions normales de Température et de pression. Il est composé essentiellement de butane (C₄H₁₀) et de propane

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

(C₃H₈), hydrocarbures saturés. Pour le liquéfier, il faut satisfaire l'une des conditions suivantes : [2]

- Compression à température ambiante.
- Refroidissement sous pression atmosphérique.
- Compression modérée à température relativement basse.

Cette propriété lui confère la possibilité d'être manipuler et/ou d'emmagasiner une importante quantité d'énergie sous un très faible volume (1 litre de GPL liquide égal 250 litres de GPL gazeux). Ceci permet de le transporter facilement par rapport aux gaz difficilement condensables (méthane, éthane) exigeant, en pressions, des valeurs très élevées pour être liquéfiés à température ambiante.

Liquéfier, ce gaz est, aisément, commercialisé dans des bouteilles en acier.

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

I.6.1. L'origine du GPL

Le gaz de pétrole liquéfié est obtenu principalement Le gaz de pétrole liquéfié est obtenu principalement :

- Du raffinage du pétrole brut au cours des distillations.
- Au cours d'opérations de dégazolinage du gaz naturel sur les champs de production, pour obtenir les produits condensables butane et propane.

I.6.2. Propriétés et caractéristiques du GPL

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 avec la propriété d'être liquéfié à température ambiante sous pression modérée. Sa liquéfaction permet de le stocker et de le manipuler.

Il est plus lourd que l'air, sa densité est plus importante, non corrosif des métaux (Acier, cuivre et alliage cuivre/aluminium) et n'a pas de propriétés lubrifiantes.

Ses caractéristiques sont :

- Incolore, quel que soit son état (liquide ou gaz).
- Inodore.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

Pour des raisons de sécurité, le produit est odorisé par les mercaptans pour le commercialiser. Quand le GPL liquide s'évapore, l'effet du refroidissement de l'air environnant cause une condensation et même une congélation de la vapeur d'eau contenue dans l'air, ce qui laisse apparaître un brouillard.

I.6.3. Risques liés au GPL

Quelques risques ont été signalés dans l'industrie gazière dont :

- Fuite de liquide par évaporation lors de stockages sous pression, ce qui génère
- Fuite de liquide par évaporation lors de stockages sous pression, ce qui génère un grand volume de gaz inflammable.
- Risque d'incendie par étincelle ou élément chaud. Sa limite inférieure d'inflammabilité (LII) est de 2% en volume dans l'air.
- Risque de brûlures sévères à cause des températures très basses. Des vêtements adéquats de protection doivent être portés (EPI : gants, lunettes etc.).

I.6.4. Consommation nationale en GPL

La demande nationale en GPL est de l'ordre de 1,5 millions de t/an (source NAFTAL. Année 2022) dont 90% de butane, 5% de propane et 5% de GPL carburant (Figure.I.2).

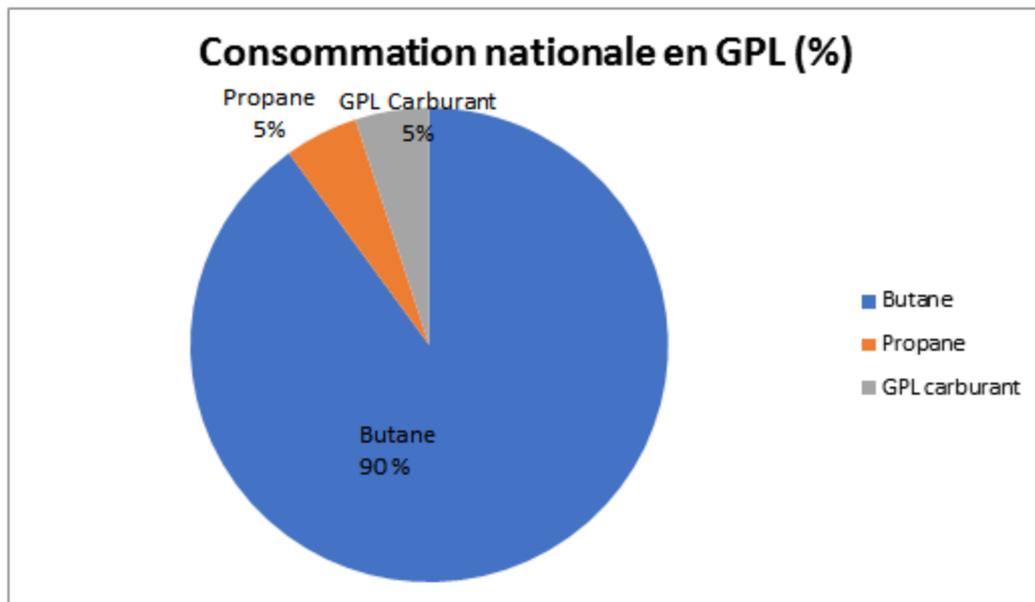


Figure.I.2. Demande nationale en GPL.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

I.6.5. Utilisation du GPL

Les principales utilisations du GPL sont :

I.6.5.1. 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, de nouveaux brûleurs ont été, ainsi, mis au point et adaptés spécifiquement aux GN et GPL pour une utilisation comme combustibles.

I.6.5.2. Froid et climatisation

Un moteur qui fonctionne au GPL comme carburant, peut entraîner un compresseur qui à son tour comprime le GPL dont la détente laisse absorber de grandes quantités de Chaleur et crée du froid. C'est ainsi que, sur ce principe, ont été construits des réfrigérateurs et des climatiseurs.

Le GPL, en plus de son utilisation domestique, est utilisé comme carburant dans les véhicules (GPL-c), qu'ils soient modernes, anciens ou transformés. Le GPL-c ne contient ni soufre, ni plomb, ni benzène, principaux polluants constituant les essences. Les rejets de CO_x et de NO_x 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, on obtient sans difficulté la combustion du propane. [2]

I.6.5.3. Production d'énergie

Le GPL, comme source d'énergie dans les centrales électriques, a remplacé le charbon et les fuels, ceci pour plusieurs raisons dont : charbon et les fuels, ceci pour plusieurs raisons dont :

1. Protection de l'environnement (produit pur).
2. Diversification des combustibles pour éviter des coefficients de pointe (les variations horaires du débit) trop importants ou pour augmenter l'indépendance énergétique du complexe utilisateur.

I.7. LES INSTALLATIONS DU COMPLEXE GP1/Z

Le complexe est constitué de plusieurs Installations qui sont comme suites : [1]

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

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

- Les installations de chargement.
- Les installations des utilités.

I.7.1. 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.7.2. 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.7.2.1. 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. [2]

I.7.2.2. 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.7.2.2.1. 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 20Kg/cm

I.7.2.2.2. Le déethaniseur

CHAPITRE I : PRESENTATION DU COMPLEXE

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/cm².

I.7.2.2.3. 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/cm²

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

I.7.2.3. 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. [3]

I.7.2.3.1. 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. [3]

- 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.7.3. Les installations de stockage des produits finis

Elles comprennent deux sections :

I.7.3.1. Section de stockage des produits commerciaux

Elle comprend huit bacs de stockage à basse température dont :

- Quatre pour le propane à $T = - 42$ °C.
- Quatre pour le butane à $T = - 5$ °C.

La capacité de chaque bac est de 70000 m³

Et cinq sphères de stockage à température ambiante dont :

- Une pour le propane à $P = 3.8_18$ Kg/ cm².
- Trois pour le butane à $P = 0.5 _ 6.5$ Kg / cm².

C H A P I T R E I : P R E S E N T A T I O N D U C O M P L E X E

- 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.7.3.2. Section de récupération des gaz évaporés (Boil-off Gas)

Le rôle de cette section est la re-liquéfaction des gaz évaporés afin de les renvoyer vers les bacs de stockage bas température.

Ces gaz évaporés proviennent des bacs de stockage et des navires au moment de leur Chargement. [3]

CHAPITRE II

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

II.1. GENERALITES SUR LA SECTION HUILE CHAUDE

Etant donné l'importance de cette section dans notre travail, nous allons donner de plus amples informations la concernant.

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 marche et l'autre en stand-by 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. [3]

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 au refoulement des pompes de circulation d'huile soit majoré de (10 à 15%) par rapport au débit total des utilisateurs (rebouilleurs et préchauffeurs).

II.1.1. Les utilisateurs

Fractionnateur	1105 m ³ /h.
Préchauffeur du fractionnateur	169 m ³ /h.
Déethaniseur	195 m ³ /h.
Dépentaniser	369 m 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.

II.1.2. Propriétés du fluide caloporteur (voir annexe)

1. Désignation TORADA T.C	(densité = 0.804 à T° = 124°C).
2. Point d'ébullition Inférieur (IBP)	367°C.
3. Point d'ébullition Final (EP)	> 462°C.
4. Point d'écoulement	-9°C.
5. Point d'éclair	207°C.

CHAPITRE II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

II.2. EQUIPEMENTS DE LA SECTION HUILE CHAUDE (Description et Rôle)

II.2.1. Four

Four thermique de capacité de 47.7 M. Kcal/h qui 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.

-Deux cheminées munies chacune d'un registre réglable, d'un indicateur de tirage du courant d'air de combustion appelé (draft gage) et d'un indicateur de température.

-Une chambre intermédiaire appelée (zone de convection) – transfert de chaleur dans un fluide par déplacement des molécules vers les zones de moindre densité –cette zone est alimentée par les gaz chauds récupérés de l'échappement de la turbine à gaz (phase -1) et les gaz brûlés de la zone de radiation du four.

Cette énergie sert à réchauffer l'huile circulant dans un serpentin 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. [3]

-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

CHAPITRE II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

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.

Pour le bon fonctionnement du four, l'excès d'air doit être réglé à 15 % pendant la marche normale et / ou avec l'admission des gaz d'échappement de la turbine qui sont riches en (O₂). Pour cela un Analyseur d'Oxygène indiquera la teneur d'O₂ dans les fumées résultantes de la combustion et du four et de la turbine à gaz (phase-1).

Par conséquent le tirage d'air à travers les deux registres des cheminées et les registres individuels de chaque brûleur ne doit pas excéder la valeur de (2.5 mmH₂O) sous la voûte.

II.2.2. Pompes

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

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.

II.2.3. Aéro réfrigérant

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

II.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.

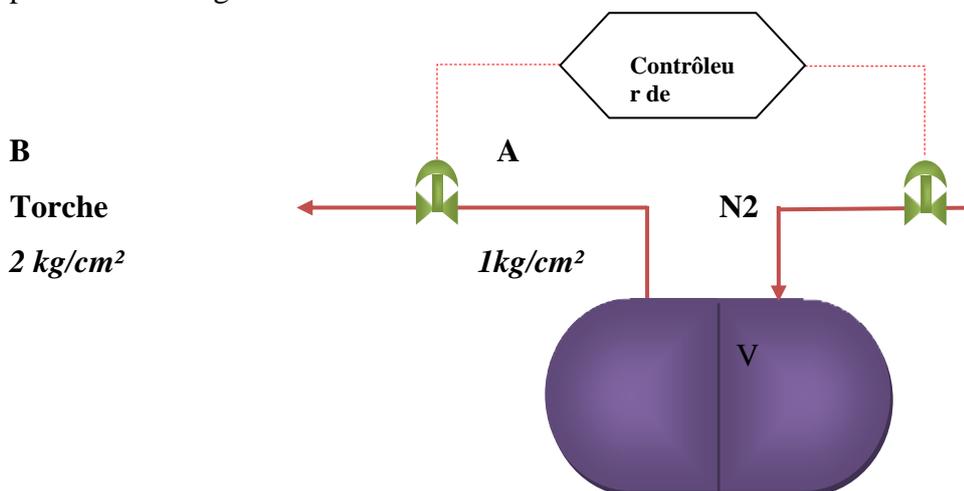


Figure.II.1. Ballon d'expansion.

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

II.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. [3]

II.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 ci 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.

II.3. DESCRIPTION DU PROCEDE DE LA SECTION HUILE CHAUDE

II.3.1. Circuit d'huile

L'huile Torada TC de densité (0.804 à 124°C) est pompée à partir du collecteur d'aspiration d'huile chaude par des 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 plus de (7 Kg/cm²) au refoulement.

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

L'huile ensuite ressort du four pour alimenter les rebouilleurs et le préchauffeur final. Le collecteur d'aspiration des pompes de circulation est connecté au niveau de la sortie du ballon d'expansion avec la conduite de retour d'huile chaude en provenance des utilisateurs. Ces pompes sont équipées à l'aspiration par des filtres à panier pour retenir les particules indésirables. Ils sont équipés chacun d'un instrument de mesure de la ΔP pour signaler l'encrassement des filtres.

« Ces pompes (à deux impulseurs) sont refroidies par de l'eau distillée ».

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

Le débit recyclé vers le collecteur d'aspiration est contrôlé par un contrôleur actionnant l'ouverture ou la fermeture de la vanne de débit.

Le contrôle de débit total SP (Point de consigne) = 1200 m³/h en marche normale.

Les pompes sont dotées d'un système de démarrage automatique de la pompe en stand-by en cas de chute de débit de celle qui était en service suite à un problème de (cavitation ou autre).

Le switch de débit bas permet le démarrage en automatique de la pompe qui est en stand-by lorsque le débit d'huile diminue sous la valeur de 800 m³/h en fonctionnement normal.

Le switch de débit très bas à 600 m³/h ferme par Interlock la vanne d'alimentation GN des brûleurs sa fin de protéger le four.

Le maintien de la température à 180°C « constante » sortie du four est contrôlée en cascade par le contrôleur de température actionnant l'ouverture et /ou la fermeture de la vanne de contrôle du fuel gaz.

Le switch de température très haute à une température d'huile de 195°C sortie four ferme par interlock la vanne d'alimentation GN des brûleurs. [3]

II.3.2.Circuit de gaz combustible

Le fuel gaz après le réglage de sa pression à l'entrée du ballon tampon est livré aux chambres de combustion du four par un collecteur distributeur de (6'') qui alimente les brûleurs à travers une vanne de pression qui contrôle la pression du gaz combustible des brûleurs en fonction de la température d'huile sortie four.

Une ligne de (2'') est prise du collecteur 6'' pour alimenter les pilotes à travers une vanne de détente qui sert à maintenir une pression de 1.6 Kg/cm² à l'entrée du four.

L'ignition des pilotes est effectuée en premier lieu manuellement et les brûleurs seront ensuite allumés spontanément chacun par le pilote coexistant.

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

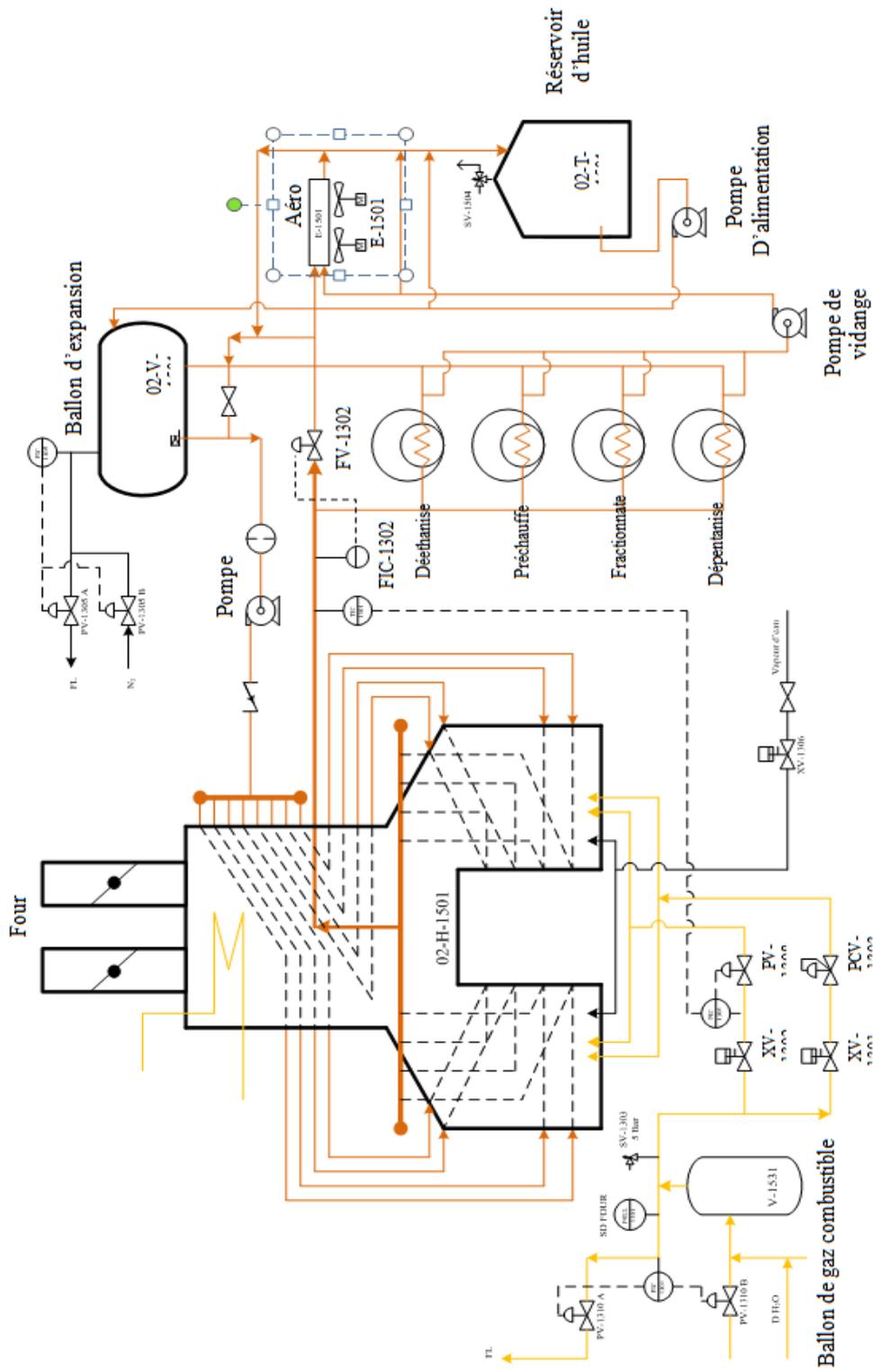


Figure.II.2. Section Huile Chaude

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

II.4. INTRODUCTION SUR L'UNITE DESHYDRATATION

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. [4]

II.4.1. BASES D'ETUDE

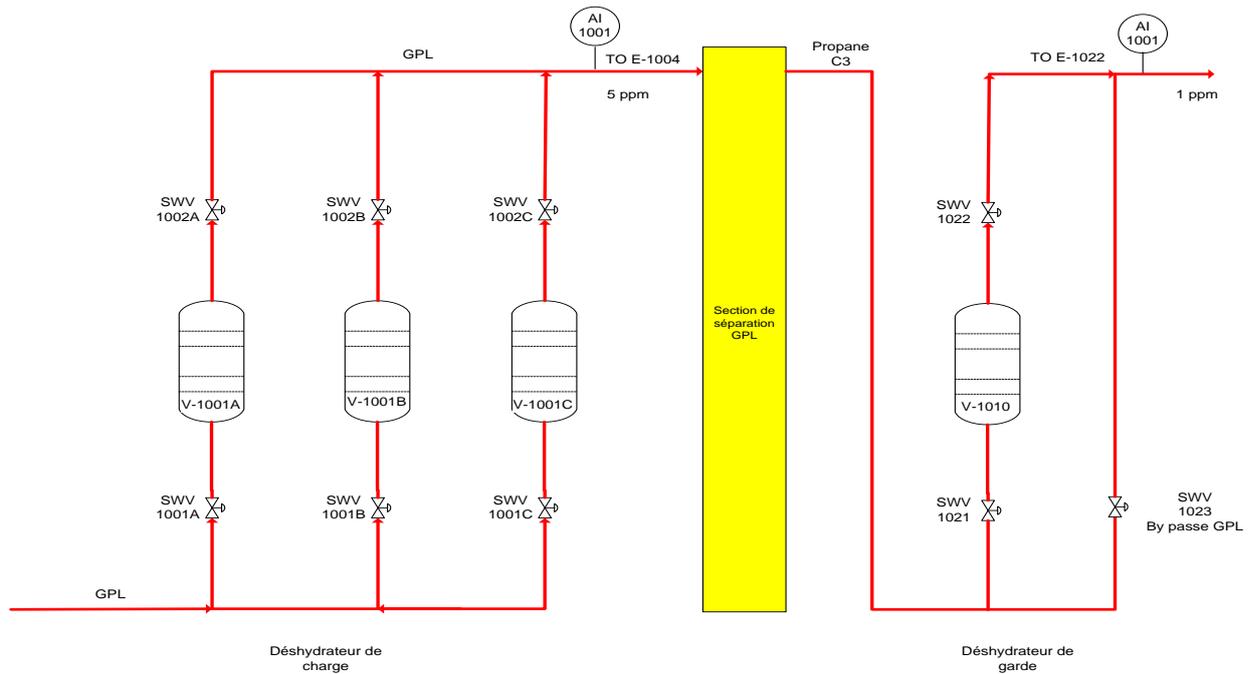
II.4.1.1. Unité de déshydratation de la charge

- La teneur en eau dissoute dans la charge d'alimentation est de 100 p.p.m. en poids et de moins de 1 p.p.m. 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. 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).

II.4.1.2. Unité de déshydratation de garde

- La teneur en eau dissoute dans le produit à l'entrée est de 5 p.p.m. en poids (valeur de design) et au plus égale à 1 p.p.m. 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 adsorbent et dérivée au cours de la régénération.
- La durée d'adsorption est de 26 jours.

CHAPITRE II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION



II.4.2. Description du système

II.4.2.1. 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 **Figure II.3.** La section déshydratation (Train 100) [4] l'entrée 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 processus 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.

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

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. [5]

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. [4]

Le lit adsorbant régénéré sous l'effet de la chaleur doit être refroidi avant d'être réutilisé pour l'adsorption, car le lit chaud présente peu ou aucune capacité d'adsorption vis-à-vis de l'eau.

Le gaz de refroidissement provenant du collecteur de gaz naturel (31.0 °C au max 5,8°C à la norme, -21°C au min.) sera introduit au sécheur par ouverture automatique des vannes d'admission de gaz de refroidissement.

Ce gaz entrant par le fond du sécheur commence à refroidir le lit et la température du gaz sortant à la tête du sécheur sera de 280°C environ (300°C au max .250°C à la min)

Au fur et à mesure du processus de refroidissement, la température à la sortie du haut du sécheur s'approchera de celle des produits à l'entrée du lit.

Lorsque le contrôleur de cycle de refroidissement (Controller) signale que le cycle de refroidissement est achevé, il 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, jusqu'au moment où le contrôleur à matriciel la place en position d'adsorption. La teneur en eau est mesurée à la sortie de l'unité.

II.4.2.2. 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.

C H A P I T R E II: DESCRIPTION DE LA SECTION HUILE CHAUDE ET UNITE DESHYDRATATION

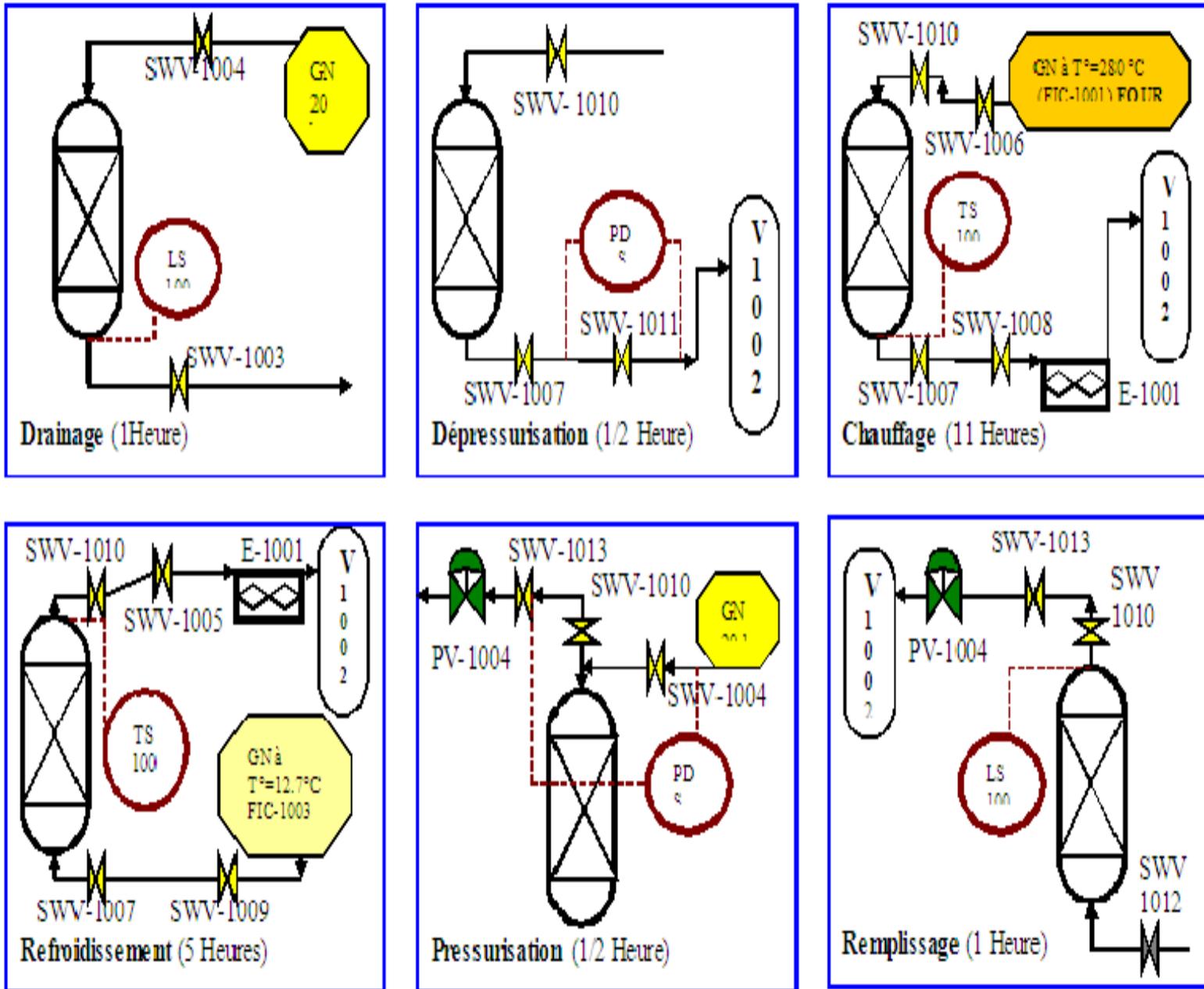


Figure.II.4. Les séquence de déshydratation. [4]

CHAPITRE III

III.1. PROBLEMATIQUE

III.1.1. Introduction

L'implémentation de l'application **APC** (Advanced Process Control) sur les trains de procédé a rapporté des gains considérables en matière de consommation énergétique, comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent.

Cette réduction d'énergie est liée directement à la réduction de la consommation de l'huile chaude au niveau des rebouilleurs des colonnes du fractionnateur et du déethaniseur.

Suite à cela, et pour bien apprécier les gains rapportés par l'application APC l'opportunité suivante se présente :

III.1.1.1. 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 1800 m³/h pour deux trains identiques en service, y compris le dépentaniseur. (Chaque train consomme 800 m³/h d'huile. la partie restante d'huile et qui représente 12,5% de la quantité consommée par les deux trains (soit 200 m³/h) sera envoyée vers le ballon d'expansion servant à maintenir l'inventaire d'huile circulant dans le circuit).

Ce débit d'huile (1800 m³/h) a été proposé par les ingénieurs du département technique car il représente un cas extrême n'existant pas au niveau de la salle DCS et qui correspond à un traitement de charge de GPL dépassant les 110%.

Pour cela il faut procéder à :

A/ La vérification du circuit d'huile

Le circuit comprend : le circuit d'huile chaude ainsi que le circuit de GN de réchauffage.

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

Dans le cas où il y a des contraintes lors de la circulation des deux fluides, il faut trouver les solutions adéquates. [6]

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT

B/ La vérification de la pompe d'huile

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. **(C'est l'équipement ciblés et analyser dans cette étude).** [6]

C/ 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.

D/ 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.

Remarques

- 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.

III.2. VERIFICATION DU 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. [7]

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

III.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.

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT

- 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 sera assurée par des vannes manuelles permettant son retour au premier train, ces vannes seront installées à la sortie du four afin d'éviter la pénétration d'huile dans le four ainsi qu'à l'entrée du ballon d'expansion.
- L'emplacement des vannes permettra d'avoir une flexibilité lors de la permutation des trains. (Voir figure.III.1 et figure.III.2)

III.2.2. Description du circuit proposé de GN de réchauffage

- Le GN provenant du réseau RTO à une pression d'environ 40 bars entre dans la zone de convection du four afin d'être chauffé jusqu'à 280°C.
- Ensuite, le débit de GN sera dispatché en deux; une partie du gaz sera envoyée aux sécheurs du premier train, l'autre partie sera envoyée au deuxième train.
- L'alimentation du deuxième train par le GN sera assurée en installant une conduite dans un endroit convenable.
- La division du GN est effectuée par des vannes contrôlées placées sur les conduites. (Voir figure.III.3 et III.4) [7]

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT

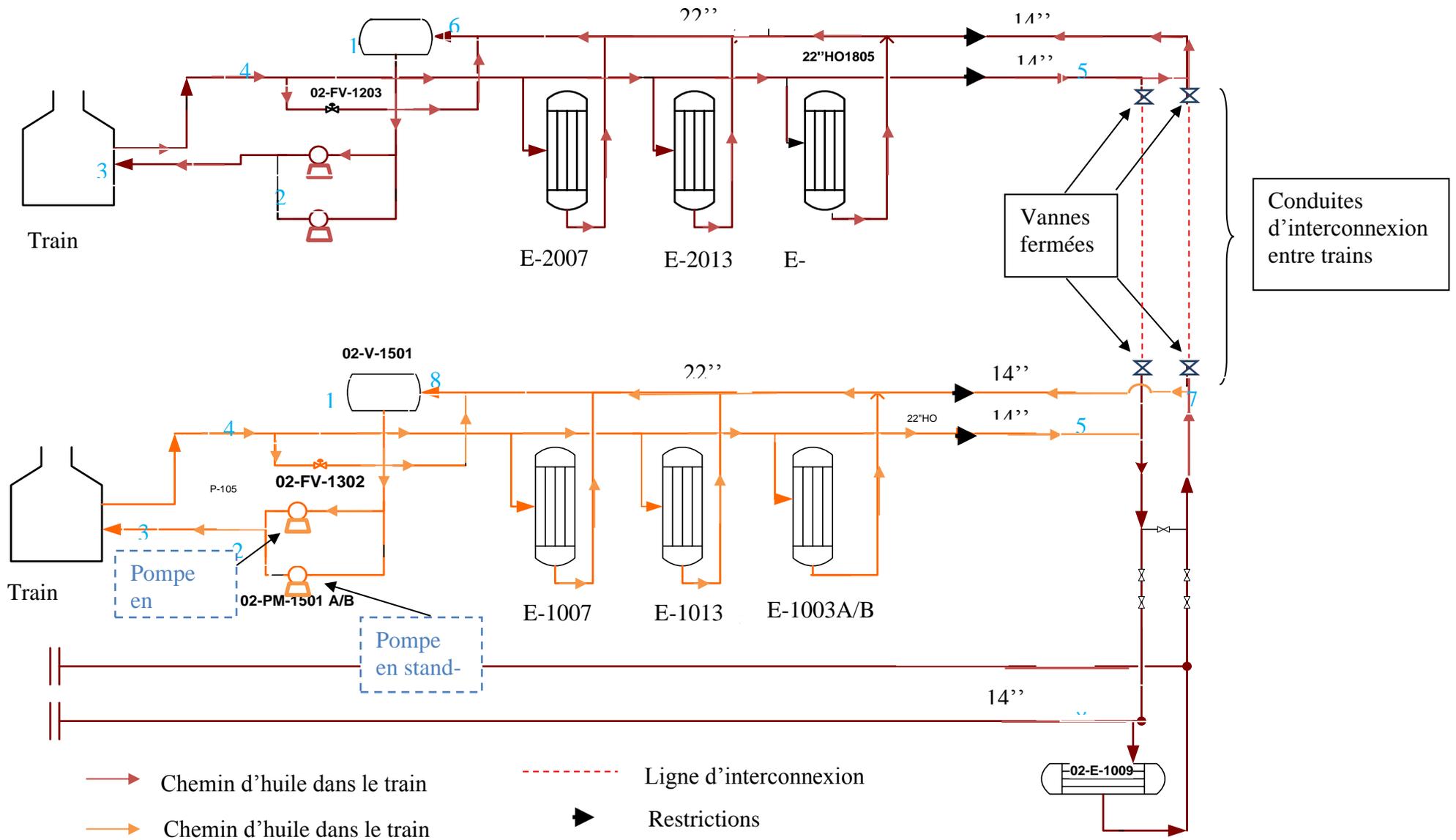


Figure.III.1. Circuit d'huile actuel

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT

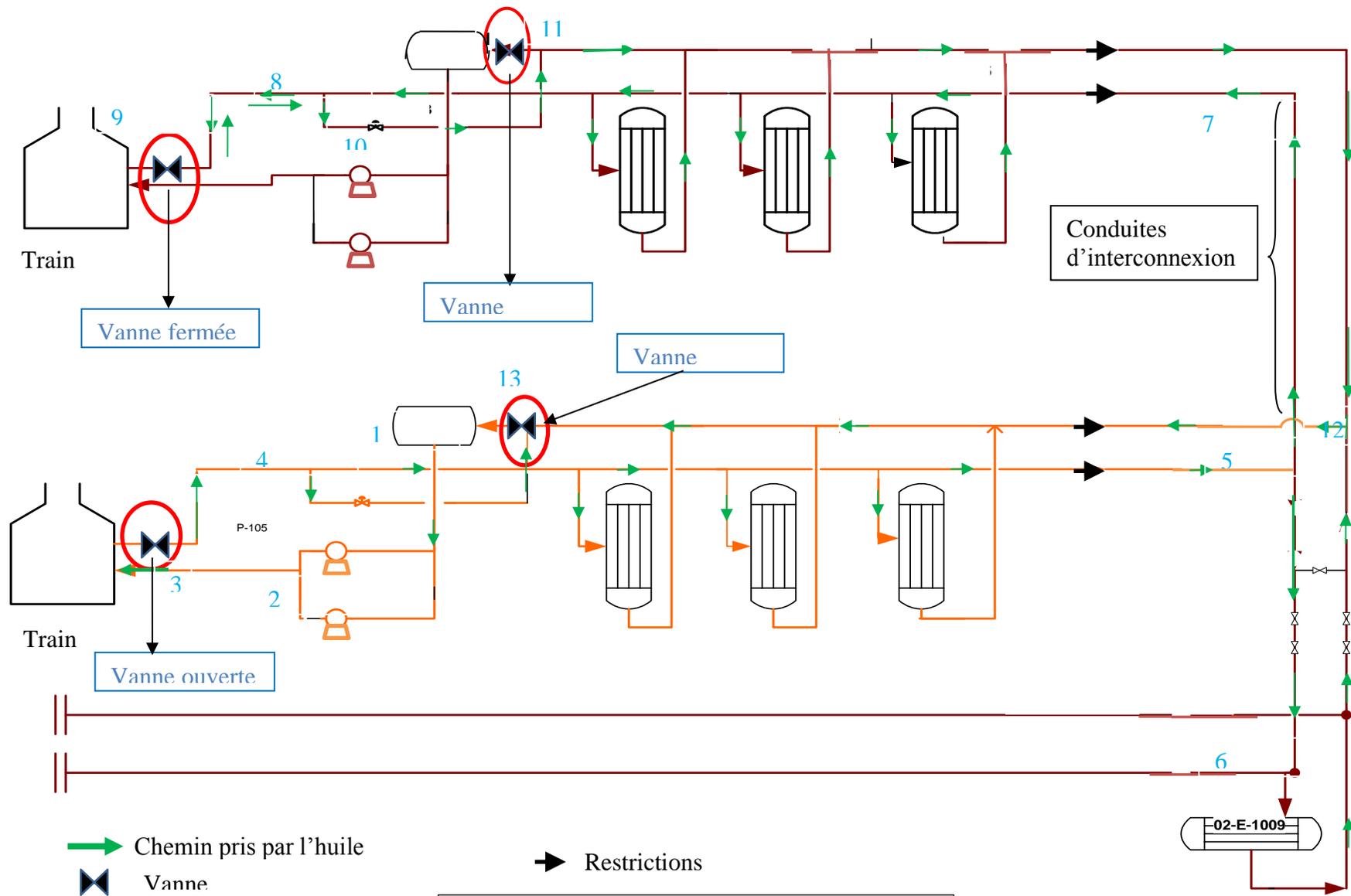
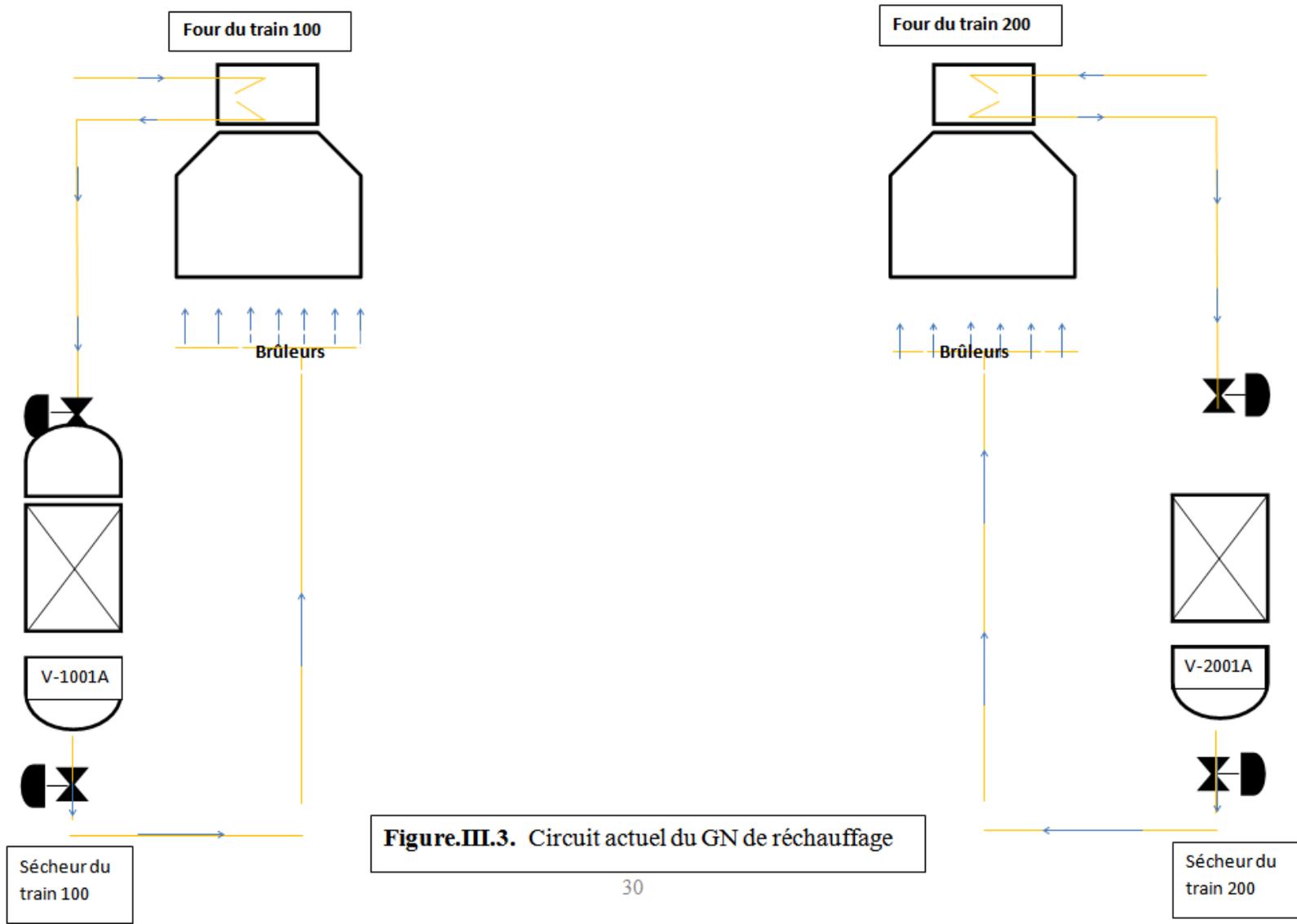
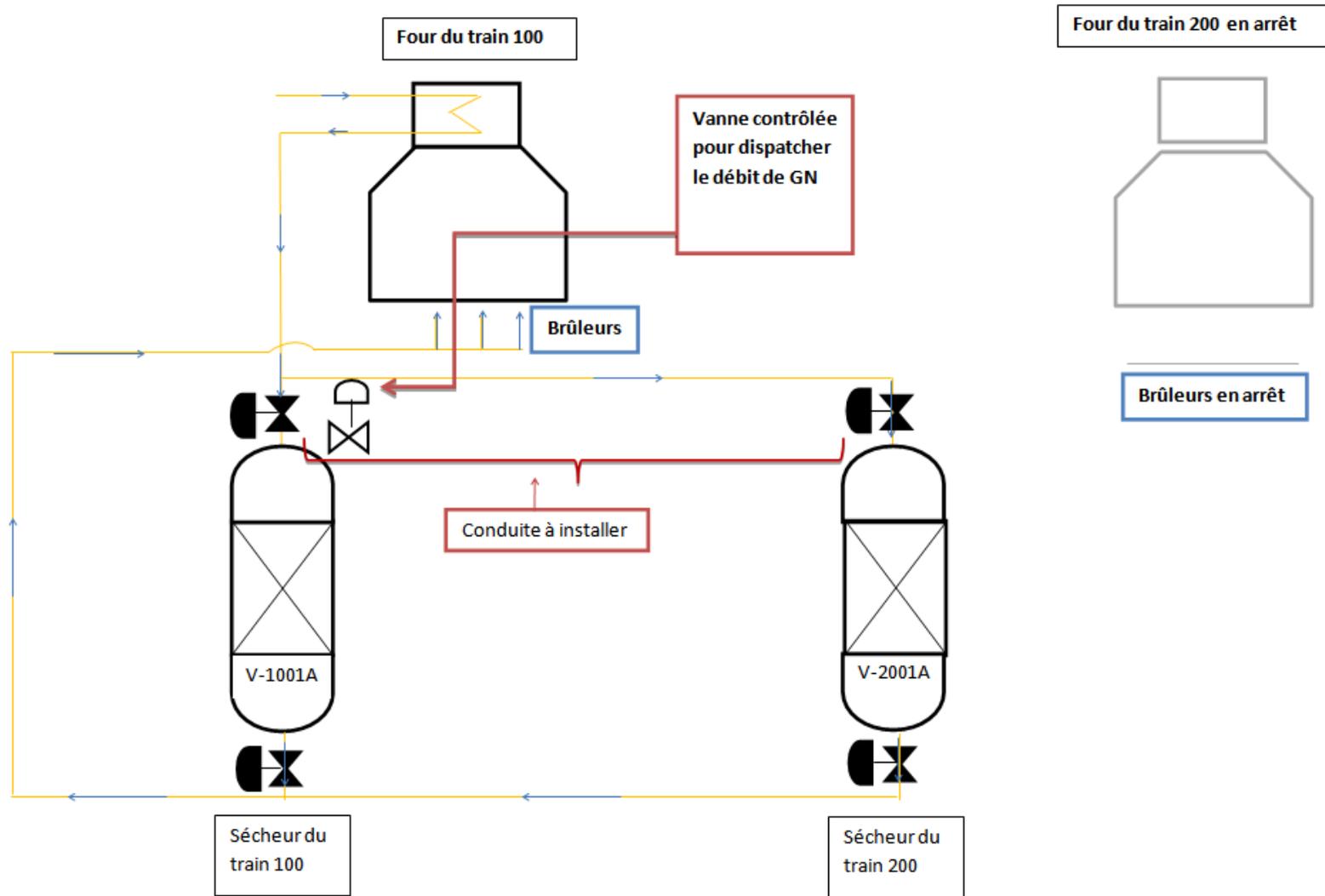


Figure .III.2. Circuit d'huile proposé

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT



CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT



31

Figure.III.4. Circuit de GN de réchauffage proposé

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET VERIFICATION DU CIRCUIT

CONCLUSION

D'après cette étape qui consiste à vérifier le chemin pris par les deux fluides (huile chaude et GN) nous pouvons dire que le circuit d'alimentation des deux trains existe sauf quelques modifications d'installation d'une conduite avec ses accessoires ainsi que les vannes assurant la circulation d'huile.

CHAPITRE V

V. INTRODUCTION

La pompe d'huile d'un débit nominal de 1900 m³/h est une pompe centrifuge servant à circuler l'huile TORADA vers les utilisateurs du train. Chaque train comprend une pompe 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.

V.1. 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). Pour cela, nous pouvons dire que le débit étudié (1800 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.

V.1.1. La méthode de calcul

L'huile sortant de la pompe va parcourir une distance de 343m pour atteindre le dépentaniseur et une distance de 421m pour atteindre le dernier utilisateur du deuxième train. Lors de sa circulation, l'huile passera par 16 coudes de 90° pour alimenter le dernier utilisateur du deuxième train et 12 coudes de 90° afin d'alimenter le dépentaniseur.

Pour cela, il faut passer par un calcul des pertes de charges à travers tout le circuit d'huile pour voir l'influence de la distance parcourue et l'influence des coudes sur la pression de refoulement de la pompe qui est environ 7 bars (Voir Annexe). [9]

V.1.2. 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.

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

✚ La perte de charges linéaire est donnée par la formule suivante [8]

$$F_L = \frac{2fV^2L}{g_c D} \dots (1)$$

Avec :

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

ε : la rugosité du pipe ; ε/D : est sa rugosité relative ;

V : vitesse du fluide en (ft/s) ;

L : distance de la perte de charge en (ft) ;

g_c : gravité en (ft.lbm/lbf.s²) / $g_c=32.17 \text{ ft.lbm/lbf.s}^2$

D : diamètre de la conduite en (ft).

✚ La perte de charges à travers le coude est donnée par la formule suivante [8]

$$F = \frac{2fV^2L_c}{g_c D} \dots (2)$$

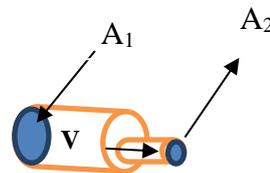
L_c : longueur équivalente à celle d'une perte de charge linéaire.

L_c/D : dépend de la forme du coude.

✚ La perte de charges due à la restriction est donnée par la formule suivante [8]

$$F_c = \frac{kc \times (V)^2}{2 \times \alpha \times g_c} \dots (3)$$

$$\rightarrow \begin{cases} \alpha = 1 & (\text{régime turbulent}) \\ \alpha = 0.5 & (\text{régime laminaire}) \end{cases}$$

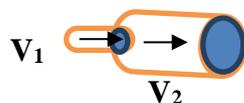


$$\left[\begin{array}{l} \text{Si : } A_2/A_1 < 0.715, \text{ alors } k_c = 0.4 \times (1.25 - (A_2/A_1)) \\ \text{Si : } A_2/A_1 > 0.715, \text{ alors } k_c = 0.75 \times (1 - (A_2/A_1)) \end{array} \right.$$

Figure.V.1. Restriction de la conduite

✚ La perte de charges due à l'élargissement est donnée par la formule suivante

$$F_e = \frac{2 \times f \times (V_1 - V_2)^2}{2 \times \alpha \times g_c} \dots (4)$$



Remarque

Figure.V.2. élargissement de la conduite.

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

Notons que la perte de charges sera calculée en unités anglo-saxonnes et en termes d'énergie. Pour cela nous allons convertir à la fin de chaque calcul le terme énergétique en termes de pression et l'unité anglo-saxonne en unité internationale.

✚ **Le rendement de la pompe est donné par la formule suivante**

$$\eta = \frac{P_{\text{théo.}}}{P_{\text{réel.}}} \dots (5)$$

Tel que

$P_{\text{théo.}}$: est la puissance théorique en (Kwatt) ; $P_{\text{théo.}} = Q_v \times \Delta P$

Et $\Delta P = P_{\text{refoulement}} - P_{\text{aspiration}}$;

Q_v : Débit volumique d'huile en (m^3/h).

$P_{\text{réel.}}$: est la puissance réelle en (Kwatt).

Notons que la valeur de $P_{\text{réel.}}$ Est prise du simulateur (INDISS) car, le débit étudié ($1800 \text{ m}^3/\text{h}$) n'existe pas réellement au niveau de la salle DCS et pour la comparaison nous prenons de la même source la $P_{\text{réel.}}$ Pour un débit de $1150 \text{ m}^3/\text{h}$ qui représente un débit existant dans le procédé.

V.1.3. 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 le train 100, fin du train 100 jusqu'au dépentaniseur, 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 proces.

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

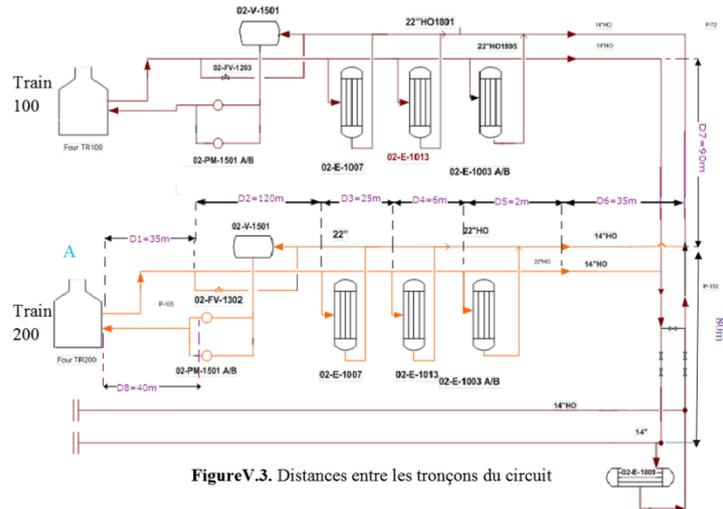


Figure V.3. Distances entre les tronçons du circuit

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

V.2. LES ETAPES DE CALCUL

V.2.1. Les pertes de charges du train 100

✚ Premier tronçon : de la Pompe vers le four

La pompe aspire l'huile d'une pression de 1,6 bars et la refoule avec une pression de 7 bars. L'huile parcourra une distance linéaire de 40m entre la pompe et le four et passera par 8 coudes de 90°. [10]

V.2.1.1. Calcul de la perte de charges linéaire

$$F_L = \frac{2fV^2L}{g_c D}$$

Calcul du facteur de friction « f »

Le facteur de friction dépend du Reynolds (R_e) et de la rugosité relative (ϵ/D). [11]

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

Calcul de la masse volumique (ρ) et de la viscosité (μ) d'huile

L'huile sort de la pompe à une température de 130°C. Pour cela nous déterminons la masse volumique et la viscosité d'huile à 130°C.

La détermination de la masse volumique et la viscosité d'huile se fait graphiquement à partir des courbes de l'Annexe.

Par projection nous obtenons

$$\rho_{130^\circ\text{C}} = 798 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 49.817 \text{ lbm/ft}^3$$

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

$$\mu_{130^{\circ}\text{C}}=2.8 \text{ cp}=1,936.10^{-3} \text{ lbm/ft.s}$$

Calcul de la vitesse V

Nous avons: $V=Q_v/S$

Avec: Q_v : le débit volumique d'huile ; $Q_v=1800 \text{ m}^3/\text{h} = 63576 \text{ ft}^3/\text{h}$

S : la section de la conduite ; $S = \pi D^2/4$

D : diamètre de la conduite ; $D = 22' = 1,833 \text{ ft}$

$$\text{Alors : } S = 2.638 \text{ ft}^2. \implies V = 6.69 \text{ ft/s} \implies R_e = 315528.7$$

Calcul de la rugosité relative (ϵ/D) [10]

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 (7bars) et une faible corrosivité d'huile TORADA (PH>7). Alors le matériau convenable est l'acier commercial (commercial steel) car il possède une faible résistance à l'écoulement d'huile ($\epsilon = 0,00015$) avec une bonne résistance à la pression et à la corrosion.

Nous avons : $\epsilon = 0,00015$ et $D = 1,833 \text{ ft}$. **Alors : $\epsilon/D = 8,2.10^{-5}$**

Pour :

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon/D = 8,2.10^{-5} \text{ (commercial steel)} \\ R_e = 315528.7 \end{array} \right.$$

Par projection nous obtenons : **$f = 0.0029$** (Voir Annexe)

Nous avons : **$g_c = 32.17 \text{ ft.lbm/lbf.s}^2$**

La perte de charges linéaire est alors : **$F_L = 0.578 \text{ lbf.ft/lbm}$**

Cette perte de charges est en terme d'énergie. Pour avoir une unité de pression il faut multiplier par la masse volumique d'huile :

$$\Delta P = F_L \times \rho_{130^{\circ}\text{C}} = 0.578 \text{ lbf} \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \times 49.817 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3}$$

$$\Delta P_L = 2.08.79 \text{ lbf/ft}^2$$

Conversion en unité international

Nous avons : $1 \text{ lbf} = 4,4482 \text{ N}$ et $1 \text{ ft}^2 = 0,0929 \text{ m}^2 \implies \Delta P_L = 1,379.10^{-2} \text{ bars}$

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

V.2.1.2. Calcul de la perte de charges à travers le coude

$$F_c = \frac{2fV^2L_e}{g_c D}$$

Nous avons L_e/D qui dépend de la forme du coude. Pour cela nous choisirons le coude de 90° qui possède une bonne résistance à la pression engendrant une faible perte de charges. Le coude de 90° à rayon standard. Avec : $L_e/D = 32$; (elbows, std.radius). (Voir annexe) sera notre choix.

Nous avons : $L_e/D = 32$, $V = 6,69$ ft/s, $f = 0,0029$;

Le nombre de coudes est 8 ;

Alors : $F_{8c} = 2.0657 \frac{\text{lb.f.ft}}{\text{lbm}}$

Donc: $\Delta P_{8c} = 4,927.10^{-2}$ bars

$$\Delta P_{\text{Total}} = \Delta P_L + \Delta P_{8c} = 6,306.10^{-2} \text{ bars}$$

V.2.2. Perte de charges à travers le four

D'après les données design de la section huile chaude et les données du simulateur (Voir annexes), nous admettons une perte de charges moyenne de **1,5 bars** à travers le four.

Deuxième tronçon : four vers le point A (figure.V.3)

L'huile sortant du four à 180°C parcourra une distance linéaire de 35m et passera par 6 coudes de 90° pour atteindre la point (A) où $200\text{m}^3/\text{h}$ d'huile sera envoyée à l'aide d'une vanne contrôlée vers le ballon d'expansion servant à maintenir l'inventaire d'huile circulant dans le circuit.

V.2.2.1. Calcul de la perte de charges linéaire

De la même manière précédente nous calculons la perte de charge linéaire ;

Calcul du facteur de friction « f »

Calcul du Reynolds : Par projection nous obtenons : (annexe)

$$\rho_{180^\circ\text{C}} = 768 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 47.937 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu_{180^\circ\text{C}} = 1.2 \text{ cp} = 8,063.10^{-4} \text{ lbm/ft. s}$$

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

$$D = 1.833 \text{ ft}$$

$$V = Q_V / S \text{ avec: } Q_V = 1800 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } S = \pi D^2 / 4 = 2.638 \text{ ft}^2 = 0.245 \text{ m}^2$$

$$V = 6.69 \text{ ft/s} \quad \Rightarrow R_e = 72895.19$$

Calcul de la Rugosité relative

Toujours nous prenons l'acier commercial pour nos calculs (commercial steel, $\epsilon = 0,00015$).

Pour :

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon/D = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ (commercial steel)} \\ R_e = 72895.19 \quad \Rightarrow f = 0.00217 \text{ (Annexe 06)} \end{array} \right.$$

$$\text{Donc : } F_L = 0.403 \text{ lbf} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{lbm}}$$

$$\text{Alors : } \Delta P_L = F_L \times \rho_{180^\circ\text{C}} = 0.403 \text{ lbf} \cdot \frac{\text{ft} \cdot \text{lbm}}{\text{lbm}} \times 47.937 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3}$$
$$\Delta P_L = 19.31 \text{ lbf/ft}^2$$

V.2.2.2. Calcul de la perte de charges à travers le coude

$$F_c = \frac{2fV^2L_e}{g_c D}$$

De la même manière précédente nous calculons la perte de charge à travers le coude;

Nous avons : $L_e/D = 32$; (elbows, std.radius).

$$\text{Le nombre de coudes est } 6 ; \quad \text{Donc : } F_{6c} = 1.1589 \frac{\text{lbf} \cdot \text{ft}}{\text{lbm}}$$

$$\text{Alors : } \Delta P_{6c} = 55,55 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P_{\text{Total}} = \Delta P_L + \Delta P_{6c} = 3,586 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

✚ Troisième tronçon : Du point (A) vers Rebouilleur de déethaniseur E1007

L'huile provenant du point (A) atteindra le déethaniseur avec un débit de $1600 \text{ m}^3/\text{h}$.

Nous n'avons que des pertes linéaires de 120 m. En appliquant la même méthode déjà vue nous obtenons : $\Delta P_L = 2.714 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$.

✚ Quatrième tronçon : Du Rebouilleur de déethaniseur E1007 vers préchauffeur E1013

Le déethaniseur prend $88 \text{ m}^3/\text{hr}$ d'huile pour chauffer son rebouilleur. Donc l'huile atteindra le préchauffeur avec un débit de $1512 \text{ m}^3/\text{h}$.

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

Nous avons : une distance de 25 m parcourue par 1512m³/h d'huile.

Par conséquent nous aurons : $\Delta P_L = 5.208 * 10^{-3}$ bars

✚ Cinquième tronçon : Du préchauffeur E1013 vers les Rebouilleurs E1003A/B (du fractionateur)

Le préchauffeur prend 10,13m³/h d'huile. Donc l'huile atteindra le fractionateur avec un débit de 1501,87m³/hr.

Nous avons : une distance de 6 m parcourue par 1501,87m³/hr d'huile.

Par conséquent nous aurons : $\Delta P_L = 1.244 * 10^{-3}$ bars

✚ Sixième tronçon : Du fractionateur vers Restriction

Le fractionateur utilise 526,64m³/h d'huile. Donc l'huile atteindra le fractionateur avec un débit de 975,23m³/h.

Nous avons : une distance de 2 m parcourue par 975,23m³/hr d'huile.

Par conséquent nous aurons : $\Delta P_L = 1.815 * 10^{-4}$ bars

✚ Septième tronçon : La Restriction

$$F_c = \frac{K_c \times (V_2)^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

Calcul de α

Nous avons (α) qui dépend du régime d'écoulement c'est pour cela qu'il faut calculer le Reynolds :

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

$$\rho_{180^\circ\text{C}} = 768 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 47.937 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu_{180^\circ\text{C}} = 1.2 \text{ cp} = 8,063 \cdot 10^{-4} \text{ lbm/ft. s}$$

Calcul de la vitesse V:

$$\text{Nous avons: } V = Q_v / S$$

$$\text{Avec: } Q_v = 975,23 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$S : \text{ la section de la conduite } S = \pi D^2 / 4$$

Avec :

$$D : \text{ diamètre de la conduite } D = 14'$$

La vitesse sera donc: $V = 8.95 \text{ ft/s}$

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

Alors: $R_e=620676$ régime turbulent implique : $\alpha = 1$

Calcul de k_c

Nous avons : $A_2/A_1 = D_2/D_1 = 14^2 / 22^2 = 0,41 < 0,715$

Alors : $k_c = 0,4 * (1,25 - (A_2/A_1)) = 0,338$

Nous avons donc :

$$\alpha = 1$$

$$k_c = 0,338$$

$$V_2 = 8,95 \text{ ft/sec}$$

$$g_c = 32,17 \text{ ftlbm / s}^2\text{lbf}$$

Alors nous trouvons : $\Delta P_C = 9,657 \cdot 10^{-3} \text{ bars}$

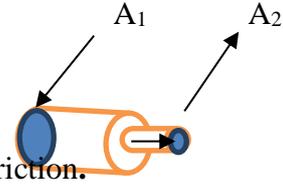


Figure.V.4. La Restriction.

✚ Huitième tronçon : La Restriction vers Interconnexion

Nous avons une distance de 35m avec un débit de $975,23 \text{ m}^3/\text{h}$. La perte de charge sera alors :

$$\Delta P_L = 2,82 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

$$4 \text{ coudes à la fin du train 100 : } \Delta P_{4c} = 3,659 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

V.2.2.3. Les pertes de charges de l'Interconnexion vers dépentaniseur

Nous n'avons que des pertes de charges linéaires de 80 m.

$$\text{Alors : } \Delta P_L = 6,446 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

V.2.2.4. Les pertes de charges de la conduite d'interconnexion

Nous n'avons que des pertes de charges linéaires de 90 m.

$$\text{Alors : } \Delta P_L = 8,101 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

V.2.2.5. Les pertes de charges pour le train 200

Le train 200 est identique au train 100. Pour cela nous suivons la même méthode de calcul précédente et nous obtenons :

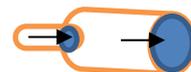
$$\text{✚ Nous avons 4 coudes au début du train 200 } \implies \Delta P_{4c} = 3,659 \cdot 10^{-2} \text{ bars}$$

$$\text{✚ Interconnexion vers élargissement } \implies \Delta P_{\text{élarg}} = 2,096 \cdot 10^{-2} \text{ bars.}$$

$$\text{✚ Elargissement}$$

$$F_e = \frac{2 \times f \times (V_1 - V_2)^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

Nous avons:



CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

$$\alpha = 1$$

$$V_1 V_2$$

$$V_1 = 7.346 \text{ ft/sec}$$

$$V_2 = 2.976 \text{ ft/sec}$$

$$g_c = 32.17 \text{ ftlbm /sec}^2\text{lbf}$$

Alors : $\Delta P_E = 6.81710^{-2}$ bars

✚ Elargissement vers Rebouilleurs E2003 A/B (fractionateur)

$$\Delta P_L = 1.312 * 10^{-4} \text{ bars}$$

✚ Rebouilleur A/B (fractionateur) E2003 préchauffeur E2013

$$\Delta P_L = 5.147 * 10^{-5} \text{ bars}$$

✚ Préchauffeur E2013 vers Rebouilleur (déethaniseur) E2007

$$\Delta P_L = 2.447 * 10^{-4} \text{ bars}$$

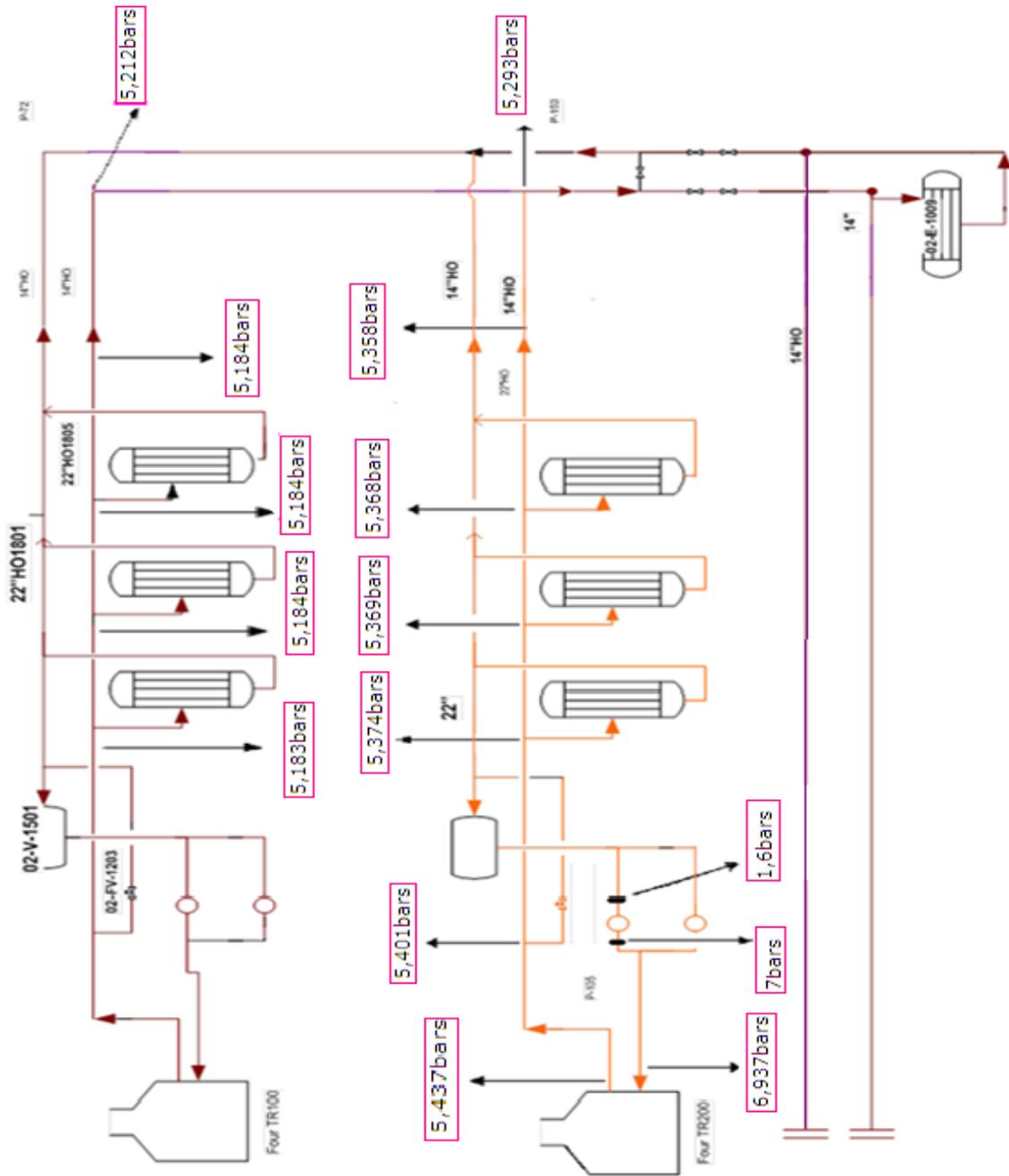
V.2.2.6. Les pertes de charges totales jusqu'au dernier utilisateur du deuxième train

$$\Delta P_T = \sum \Delta P_i \quad \Delta P_{\text{Totales}} = 1,915 \text{ bars}$$

V.2.2.7. Les pertes de charges totales jusqu'au dépentaniseur

$$\Delta P_{\text{Totales}} = 1,772 \text{ bars}$$

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE



CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

V.2.3. Calcul du rendement de la pompe

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

$$\eta = \frac{P_{\text{théo.}}}{P_{\text{réel.}}}$$

$P_{\text{refoulement}} = 7 \text{ bars}$ (Voir Annexe)

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

1) Pour un four alimentant un train nous avons :

$$Q_{v1} = 1150 \text{ m}^3/\text{hr} \Rightarrow P_{\text{théo.}} = 172,5 \text{ Kw}$$

$P_{\text{réel.}} = 273 \text{ Kw}$ D'après le simulateur (Voir Annexe 09)

Donc $\eta = 63,19\%$

2) Pour un four alimentant deux trains nous avons :

Train 100

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{v2} = 1800 \text{ m}^3/\text{hr} \Rightarrow P_{\text{théo.}} = 270 \text{ Kw} \\ P_{\text{réel.}} = 326,2 \text{ Kw D'après le simulateur (Voir Annexe)} \end{array} \right.$$

Donc : $\eta = 82,77\%$

→ 5,228bars

D'après ces calculs nous concluons que :

- ✓ Les pertes de charges à travers la boucle ne perturbent pas la circulation d'huile.
- ✓ Une pompe alimentant deux trains consomme moins d'électricité que deux pompes alimentant deux trains et cela se traduit par un gain électrique important.
- ✓ Le rendement d'une pompe alimentant deux trains est de 82%, il est alors inférieur à 100%. Ceci conduit à l'utiliser pour alimenter les deux trains.

V.3. ETUDE ECONOMIQUE

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.

V.3.1. La méthode de calcul

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

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.

Les valeurs de la consommation électrique et celle du combustible seront prises du simulateur INDISS car, pour un débit de 1800 m³/h qui n'existe pas dans le procédé ces valeurs ne sont pas disponibles au niveau de la DCS.

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

V.3.2. Calcul des bénéfices

Nous calculerons la consommation électrique totale de deux pompes, chacune alimente son propre train par un débit d'huile de 1150 m³/h (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 1800 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'_{réel.} : La puissance électrique réelle totale consommée par les deux pompes en (Kwatt).

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

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

- La réduction de la consommation électrique = **P'_{réel.} - P''_{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.

Remarque :

Les valeurs de **P_{réel.}** et **P''_{réel.}** seront prises du simulateur INDISS.

V.3.3. Application de la méthode

-Pour deux pompes alimentant deux trains la consommation sera :

CHAPITRE V : VERIFICATION ET CALCUL DE LA POMPE

$P'_{\text{réel.}} = 2 \times 273 = 546 \text{ Kw}$ D'après le simulateur (Voir Annexe)

-Pour une pompe alimentant deux trains la consommation est :

$$P''_{\text{réel.}} = 326,2 \text{ Kw D'après le simulateur (Voir Annexe 0)}$$
$$546 - 326,2 = 219,8 \text{ Kw de gain.}$$
$$\% \text{ de la réduction de la consommation} = \frac{546 - 326,2}{546}$$
$$= 40,26 \%$$

Soit 40,26% de réduction de la consommation électrique.

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

Heures de pointe (17h-21h) \rightarrow P.U=550.71 cDA/ Kw

Heures de pointe (6h à 17h et 21h à 22h30) \rightarrow P.U=113.85 cDA/ Kw

Heures de pointe (22h30 à 6h) \rightarrow P.U=49.19 cDA/ Kw

Le gain économique sera : 8780,76 DA par jour.

V.4. Conclusion

Le capital investi sera récupéré dans deux mois d'application engendrant un gain financier de **10480 196,58 DA** pour la première année de production, alors, nous pouvons dire que cette amélioration est rentable.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Rappelons que le but de notre travail était d'étudier la faisabilité technique de l'idée d'alimentation des deux trains par une seule pompe suite aux améliorations apportées par l'application **APC**.

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.

L'étude économique nous a donnée les résultats suivants :

- Une grande quantité de GN et d'électricité sera récupérée engendrant un gain économique important de « **10480 196,58 DA** » pour la première année d'application.
- Le capital investi sera récupéré dans deux 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

Bibliographie

- [1] Manuel Opérateur ; Process : Volume I et II (GP1/Z).
- [2] Reid, 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] Data Book Dehydration and treating. section 15, 9^{ème} édition, Rev(1974 - 1976).
- [6] J. Lenogeu, Etude des fours pétroliers et pétrochimiques. Editions technique, institut français de pétrole (IFP).
- [7] Max. Peters Klaus D. Timmerhaus Plant Design Economics for Chemical Engineers Mc Graw Hill, Ins. fourth edition.
- [8] Jean-Charles Sisi, Principes thermodynamique. Éditions McGraw-Hill.
- [9] Sherwood, properties of gas and liquids, Mc Graw-Hill, New York, 1977.
- [10]-Grace ; Les tamis moléculaire caractéristiques et applications Western Germany ; Juin 1980.
- [11]-P. Wuythier « le pétrole raffinage et génie chimique » Tome 1 et 2, Edition Tech. Paris 1972.

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

Annexes

Annexe (03) : facteur de compressibilité Z

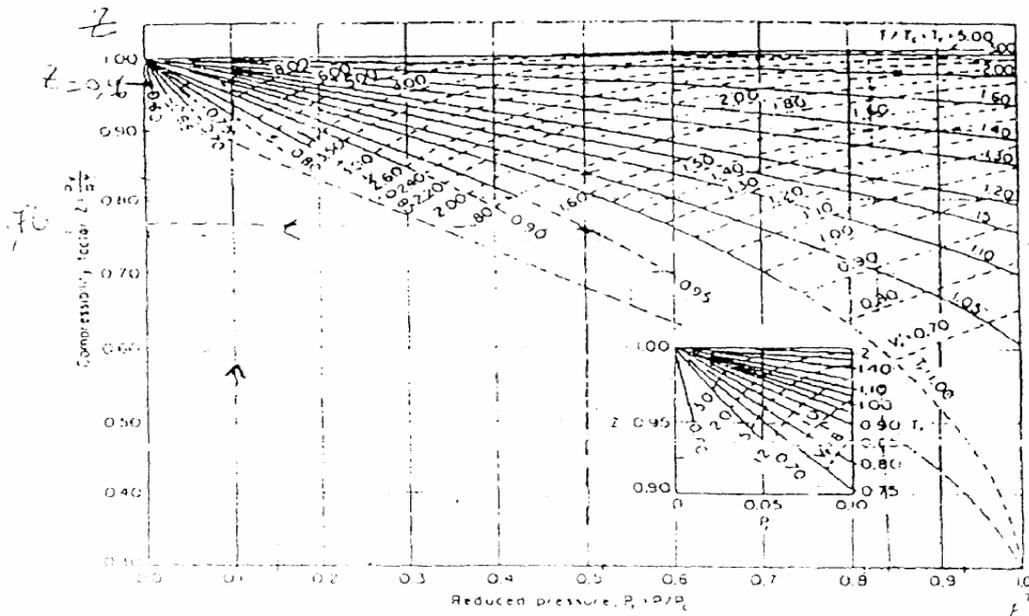


Figure 12 - Generalized compressibility charts

$$\frac{v}{V_c} = \frac{Z}{Z_c} \frac{T_r}{P_r}$$

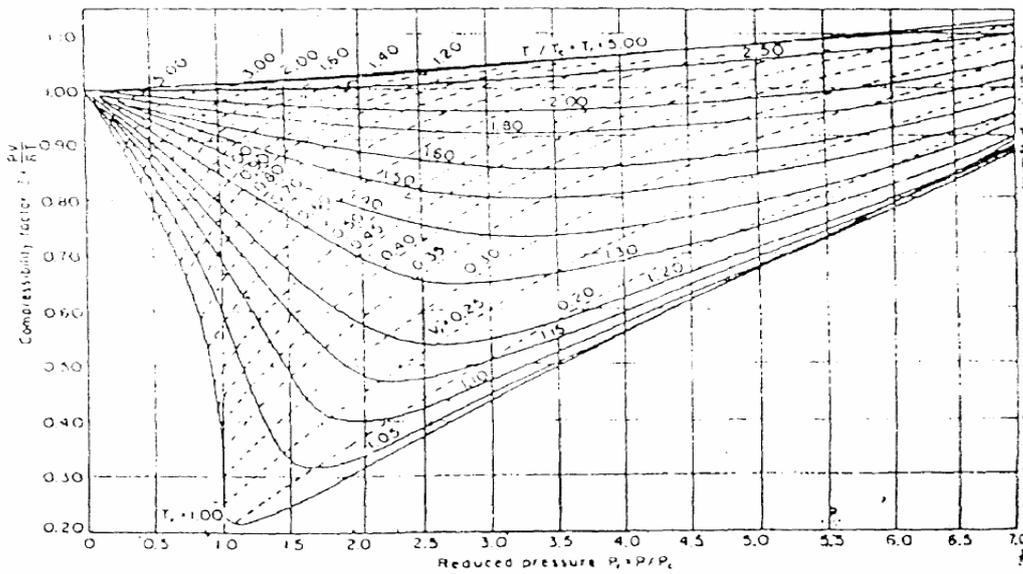
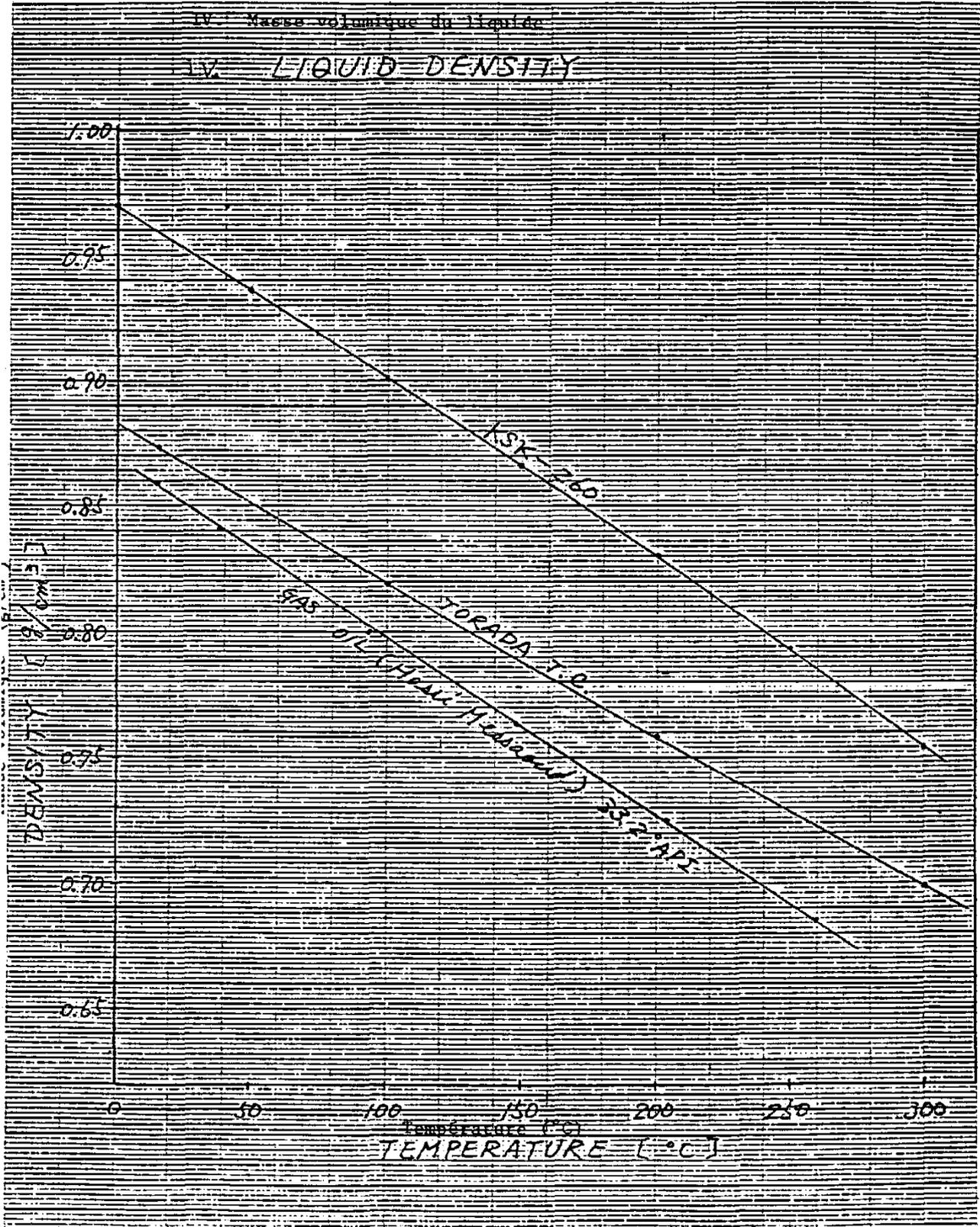


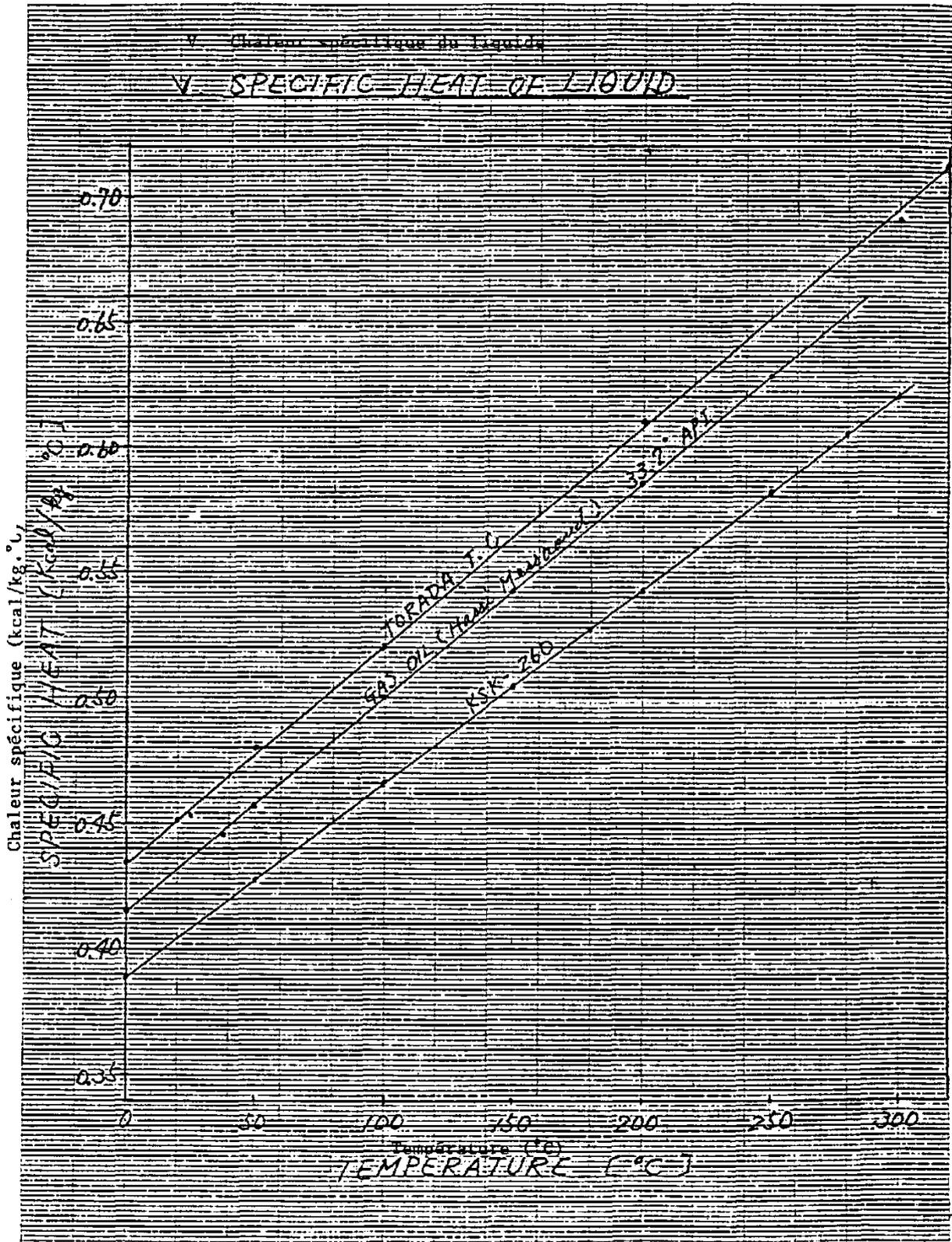
Figure 11 - Détermination du coefficient de compressibilité Z.

Annexe 05 : caractéristiques d'huile

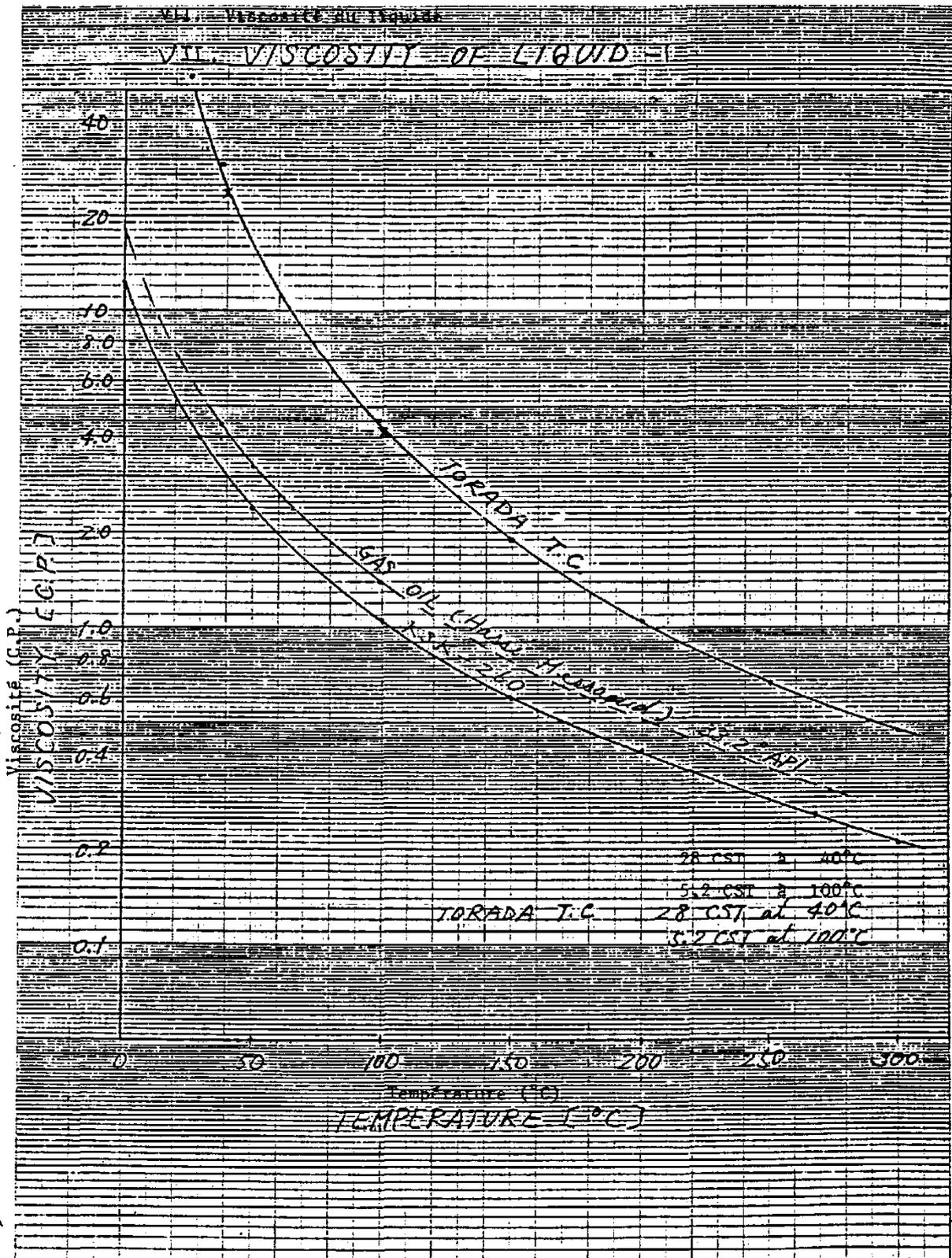
LA MASSE VOLUMIQUE D'HUILE « TORADA TC »



LA CHALEUR SPECIFIQUE D'HUILE « TORADA TC »



VISCOSITE D'HUILE « TORADA TC »



Annexe 06 : Calcul des pertes de charges

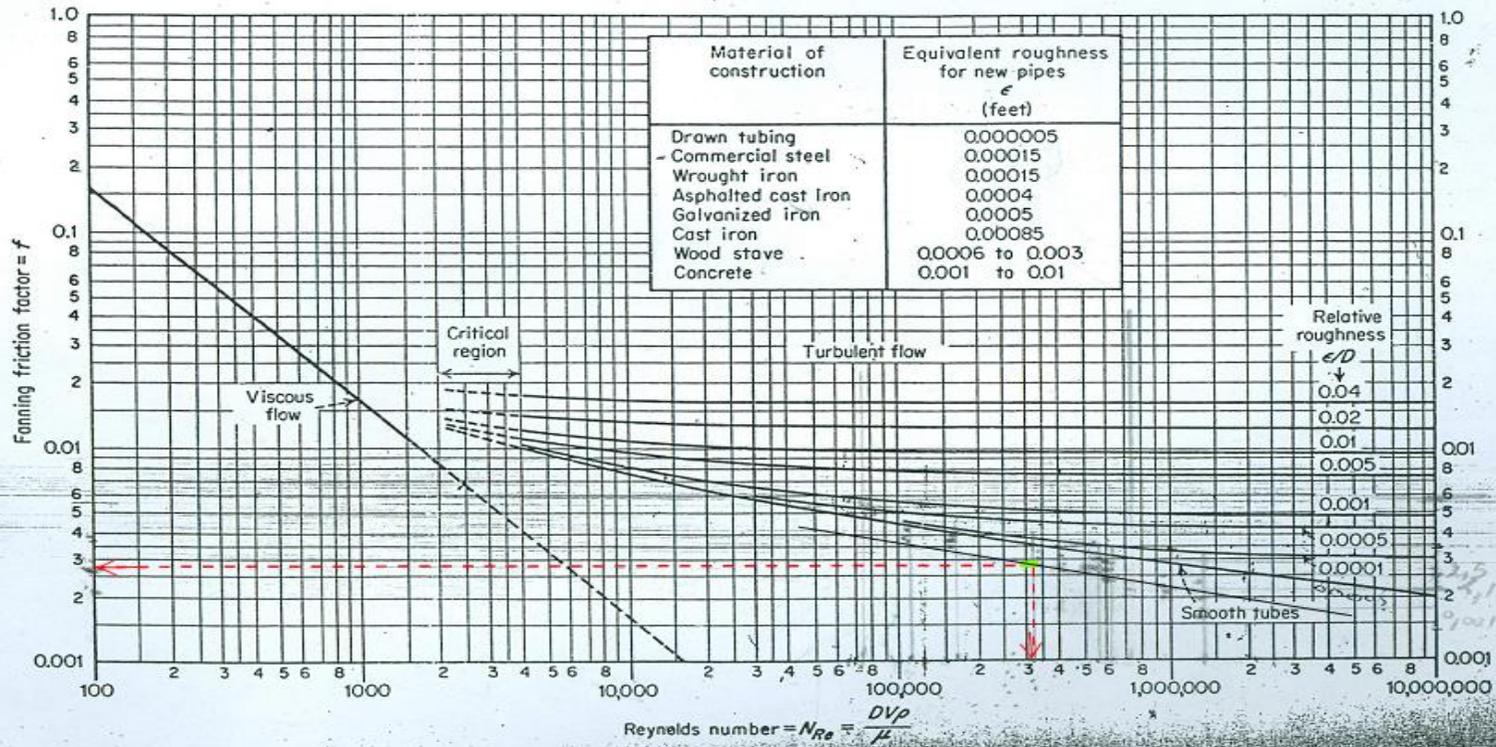
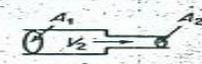


Fig. 13-1. Fanning friction factors for long straight pipes. [Based on J. F. Moody, Trans. ASME, 66:371-384 (1945)]

Table 1. Expressions for evaluating frictional losses in the flow of fluids through conduits
 For noncircular, cross-sectional area and turbulent flow, replace D by $4R_H = 4$ (cross-sectional flow area/wetted perimeter).

Friction caused by	General expression for frictional loss	Limited expression and remarks												
Flow through long straight pipe of constant cross-sectional area	$dF = \frac{2fV^2 dL}{g_c D}$	For case in which fluid is essentially noncompressible and temperature is constant $F = \frac{2fV^2 L}{g_c D}$												
Sudden enlargement	$F_e = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2\alpha g_c}$	The following values for α may be used in design calculations: turbulent flow, $\alpha = 1$; streamline flow, $\alpha = 0.5$												
Sudden contraction	$F_e = \frac{K_c V_2^2}{2\alpha g_c}$	The following values for α may be used in design calculations: turbulent flow, $\alpha = 1$; streamline flow, $\alpha = 0.5$												
Fittings, valves, etc.	$F = \frac{2fV^2 L_e}{g_c D}$	<p>L_e/D per fitting (dimensionless):</p> <table border="1"> <tr><td>45° elbows</td><td>15</td></tr> <tr><td>90° elbows, std. radius</td><td>32</td></tr> <tr><td>90° elbows, medium radius</td><td>26</td></tr> <tr><td>90° elbows, long sweep</td><td>20</td></tr> <tr><td>90° square elbows</td><td>60</td></tr> <tr><td>180° close-return bends</td><td>75</td></tr> </table>	45° elbows	15	90° elbows, std. radius	32	90° elbows, medium radius	26	90° elbows, long sweep	20	90° square elbows	60	180° close-return bends	75
45° elbows	15													
90° elbows, std. radius	32													
90° elbows, medium radius	26													
90° elbows, long sweep	20													
90° square elbows	60													
180° close-return bends	75													



4 elbows
 ↑
 Fittings, valves, etc.
 (Valves)
 (Conds)

Annexe 07 : caractéristiques de la pompe

MARUSHICHI ENGINEERING Co.,LTD. CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET
 NIIGATA JAPAN

DOC. NO. 080101-S		P. 1 / 1	
COMPANY			
CUSTOMER / SITE SONATRACH / ARZEW ALGERIA		REV. 1	DATE APR-11-2008
PROJECT / UNIT L3.Z (LPG Phase-III)		MADE BY S.INOMATA	CHKD BY S.SATO
PURCHASER IHI		2	AUG-29-2008
WORK / JOB NO. 5011-117		3	OCT-29-2008
ITEM NO. 32-P-7501A/B, 32-P-8501A/B, 32-P-9501A/B		REQ. / P.O. NO. R3110-0005	
SERVICE MAIN HOT OIL CIRCULATION PUMP			
NO. REQUIRED (WORKING + STAND-BY) (3 + 3)			
MFR MARUSHICHI ENGINEERING CO., L.		MODEL DVH 450 x 400	
		SERIAL NO. 080101-1.2.3.4.5.6	

OPERATING CONDITIONS ()

AUTOMATIC START : ITEM NO. () INTERMITTENT USE (START/DAY) () PARALLEL RUNNING

LIQUID HOT OIL () HAZARDOUS CAPACITY NOR. 1376 (m3/h) RATED 1900 (m3/h)

CORR./ERO. BY () FLAMMABLE OTHER

PUMP TEMP. NOR. 124 MIN. MAX. 180 (Deg.C) SUCT.PRESS. MAX./RATED 390 / 160 (kPaG)

SPEC.GRAV.@NOR.TEMP. 0.8 MAX. DISCH.PRESS. 700 (kPaG)

VAPOR PRESS. NIL (kPaA) @ (Deg.C) DIFF.PRESS. 540 (kPa)

VISCOSITY 2.7 (mPa.s) @ (Deg.C) DIFF.HEAD 67.2 (m) NPSHA 10 (m)

MELTING POINT (Deg.C) LOCATION:AMB.TEM 45/0.5 (Deg.C) () INDOOR (x) OUTDOOR

HAZARD AREA CLASS Zone2 II AT3

CONSTRUCTION

PUMP TYPE () OTHER

() OH1 () OH2 () OH3 () OH4 () OH5 () OH6

() BB1 (x) BB2 () BB3 () BB4 () BB5

() VS1 () VS2 () VS3 () VS4 () VS5 () VS6 () VS7

CASE TYPE () SINGLE-VOL. (x) DBL-VOL. () DIFFUSER

CASE JACKET () FULL () PARTIAL

NOZZLE	SIZE	TYPE/RATING	FACE	POSITION
SUCTION	18"	ASME#300	RF	SIDE
DISCHARGE	16"	ASME#300	RF	SIDE

NO. OF STAGES: 1

IMPELLER : (x) CLOSED () SEMI-OPEN () OPEN

() SINGLE SUCT. (x) DBL SUCT. () W / INDUCER

DIA.RATED 485 (mm) MAX/MIN 500 / 418 (mm)

BRG RADIAL BALL NO. 6317 DB

THRUST BALL NO. 7317 DB

LUBE () FLING (x) FLOOD () RING OIL () PRESS.

() GREASE () PURE MIST () PURGE MIST

POWER TRANSMISSION (x) DIRECT () GEAR ()

CPLG (x) FLEX.DISK () FLEX.FLG () GEAR () RIGID

(x) SPACER MFR/MODEL NO. PILLAR / SERIES 71

ROTATION VIEWED FROM CPLG END (x) CW () CCW

BASEPLATE (x) COMMON API 610 10th

CASE PNEUM. TEST PRESS. (kPaG)

VERT.PUMP: SUMP DEPTH (m) PUMP LENGTH (m) LINE SHAFT () OPEN () ENCLOSED

GUIDE BUSHING: MATL LUBE () EXT.WATER () OIL () GREASE () PUMPAGE

PUMP THRUST: RATED(UP/DOWN) / (N) O / () WITH SUCTION STRAINER

SHAFT SEAL () SEAL-LESS

() PACKING : MFR MATL SIZE NO. OF RINGS

(x) MECH.SEAL : MFR EAGLE API CODE BSTRNIC2A1C1162 SIZE 120/API 682 CATEGORY-2 TYPE-C

MATL : FACES CARBON VS SIC METAL O/V - RING GRAPHITE FOIL

TYPE (x) SINGLE () DUAL UN-PRESS. () DUAL PRESS. () DOUBLE (BACK TO BACK)

(x) CARTRIDGE () HOOK SLEEVE (x) INSIDE () OUTSIDE () ROTATING (x) STATIONARY

() MULTIPLE SPRING () SINGLE SPRING (x) METAL BELLOWS () AUX-SEAL DEVICE

AUXILIARY PIPING

SERVICE	FLUID	INLET CONDITIONS (kPaG) (Deg.C)	FLOW (m3/h)	API PLAN NO.	MATL (#)	PURCHASER'S CONNECTIONS SIZE	TYPE/RATING	FACE
COOLING	COOLING WATER	490/700 (NOR/DES) 50/100 (NOR/DES)	1.0	A	P-CS	3/4	ASME#300	RF
FLUSH (PRIM.) (AUX.)	SELF	DISCH.	1.2	11	P-316L SS	1/2	ASME#300	RF
QUENCHING	LP STEAM		1.0kg/Hr	62	P-316L SS	1/2	ASME#300	RF

PRESS.CASE CON'N (x) VENT WITH (x) VALVE (x) CAP () PLUG () FLANGE (SIZE 3/4 / RATING / FACE)

(x) DRAIN WITH (x) VALVE (x) CAP () PLUG (x) FLANGE (SIZE 3/4 / RATING # 300 / FACE RF)

MOTOR (ITEM NO. 32-PM-7501A/B, 32-PM-8501A/B, 32-PM-9501A/B NO. (3 + 3)) TURBINE (ITEM NO.) NO.

PROVID.BY IHI MOUNT.BY VENDOR PROVID.BY MOUNT.BY

MFR FUJI TYPE/ENCLOSURE TEFC/Zone2 II AT3 MFR TYPE

RATED OUTPUT 365 (kW) POLES 4 RATED OUTPUT (kW) RPM

PHASE 3 Hz 50 VOLT 5500 VERT. THRUST CAP. (UP/DOWN) (N)

VERT THRUST CAP. (UP/DOWN) (N) CODE/STANDARD/ENG SPEC API 610 10th

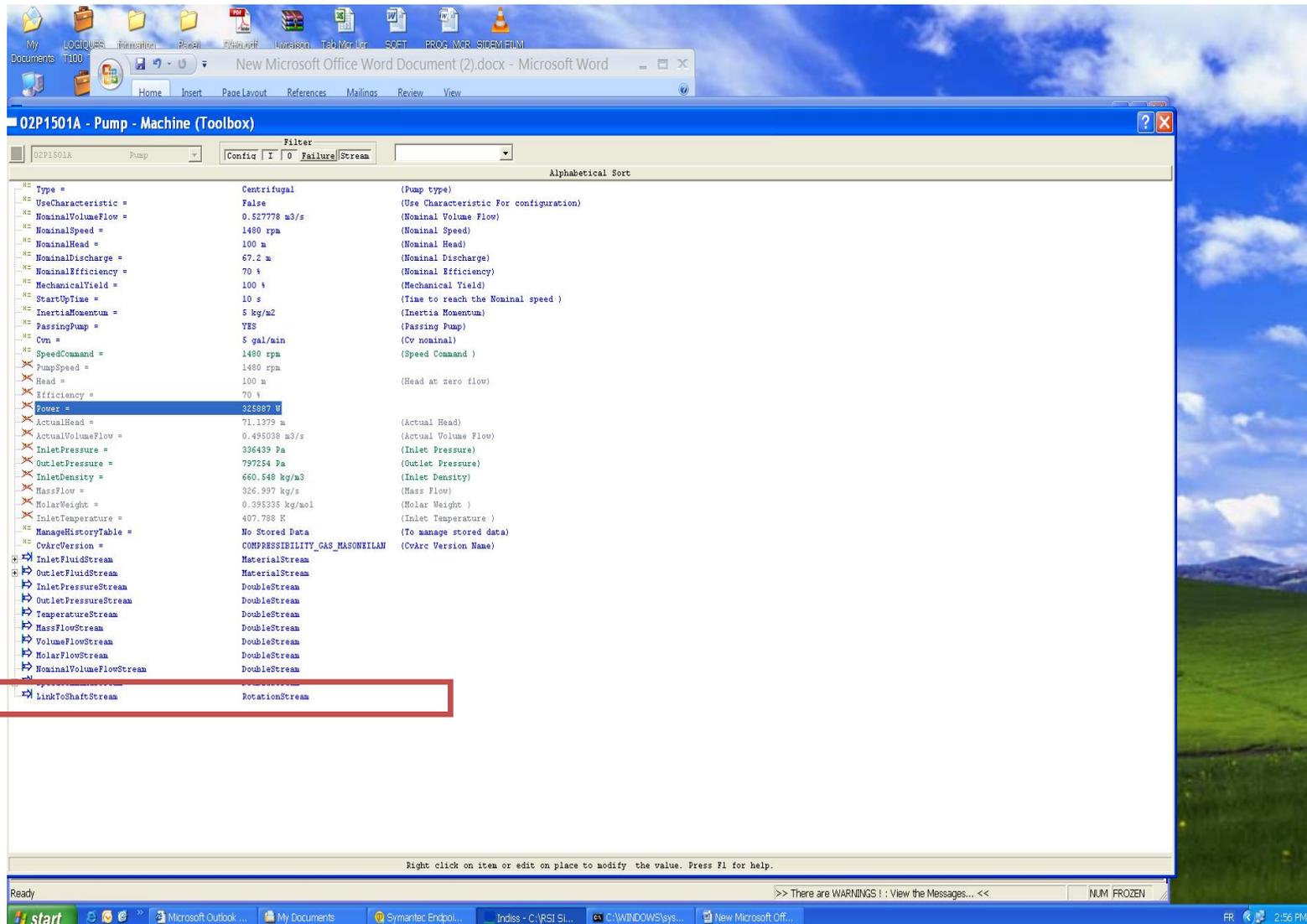
REMARKS START-UP PERIOD SG 0.882 Vis 309 mPa.S

* MIN FLOW OPERATION 360 (m3/h) HEAD 77m EFF 20% BHP 333kw (See PERFORMANCE CURVE).

NOTE: INDICATES INFORMATION COMPLETED BY PURCHASER BY MANUFACTURER BY MANUFACTURER OR PURCHASER
 FLANGE RATING : Lb or K SIZE : Inch (#) MATERIAL : P(PIPING) T(TUBING) - CS(C.STL) SS(S.STL) CU(COPPER) or ACTUAL MATL
 (X) : INQUIRED or APPLIED (*) : VENDOR'S CHOICE (#) : REMARKED (R) : IF REQUIRED

ANEXES

Annexe 09: consommation de la pompe d'après le simulateur



POUR $Q_{Huile}=1800 \text{ m}^3/\text{hr}$

ANEXES

02P1501A - Pump - Machine (Toolbox)

Filter: 0 Failure | Stream

Alphabetical Sort

Type =	Centrifugal	(Pump type)
UseCharacteristic =	False	(Use Characteristic For configuration)
NominalVolumeFlow =	0.527778 m ³ /s	(Nominal Volume Flow)
NominalSpeed =	1480 rpa	(Nominal Speed)
NominalHead =	100 m	(Nominal Head)
NominalDischarge =	67.2 m	(Nominal Discharge)
NominalEfficiency =	66 %	(Nominal Efficiency)
MechanicalYield =	100 %	(Mechanical Yield)
StartUpTime =	10 s	(Time to reach the Nominal speed)
InertiaMomentum =	5 kg/m ²	(Inertia Momentum)
PassingPump =	YES	(Passing Pump)
Cv _n =	5 gal/min	(Cv nominal)
SpeedCommand =	1480 rpa	(Speed Command)
PumpSpeed =	1480 rpa	
Head =	100 m	(Head at zero flow)
Efficiency =	66 %	
Power =	272964 W	
ActualHead =	88.2056 m	(Actual Head)
ActualVolumeFlow =	0.316456 m ³ /s	(Actual Volume Flow)
InletPressure =	343680 Pa	(Inlet Pressure)
OutletPressure =	915059 Pa	(Outlet Pressure)
InletDensity =	660.553 kg/m ³	(Inlet Density)
MassFlow =	209.036 kg/s	(Mass Flow)
MolarWeight =	0.395335 kg/mol	(Molar Weight)
InletTemperature =	407.784 K	(Inlet Temperature)
ManageHistoryTable =	No Stored Data	(To manage stored data)
CvArcVersion =	COMPRESSIBILITY_GAS_MASONWELLAN	(CvArc Version Name)
InletFluidStream	MaterialStream	
OutletFluidStream	MaterialStream	
InletPressureStream	DoubleStream	
OutletPressureStream	DoubleStream	
TemperatureStream	DoubleStream	
MassFlowStream	DoubleStream	
VolumeFlowStream	DoubleStream	
MolarFlowStream	DoubleStream	
NominalVolumeFlowStream	DoubleStream	
SpeedCommandStream	DoubleStream	
LinkToShaftStream	RotationStream	

Right click on item or edit on place to modify the value. Press F1 for help.

POUR $Q_{Huile}=1150$
3/11

ANEXES

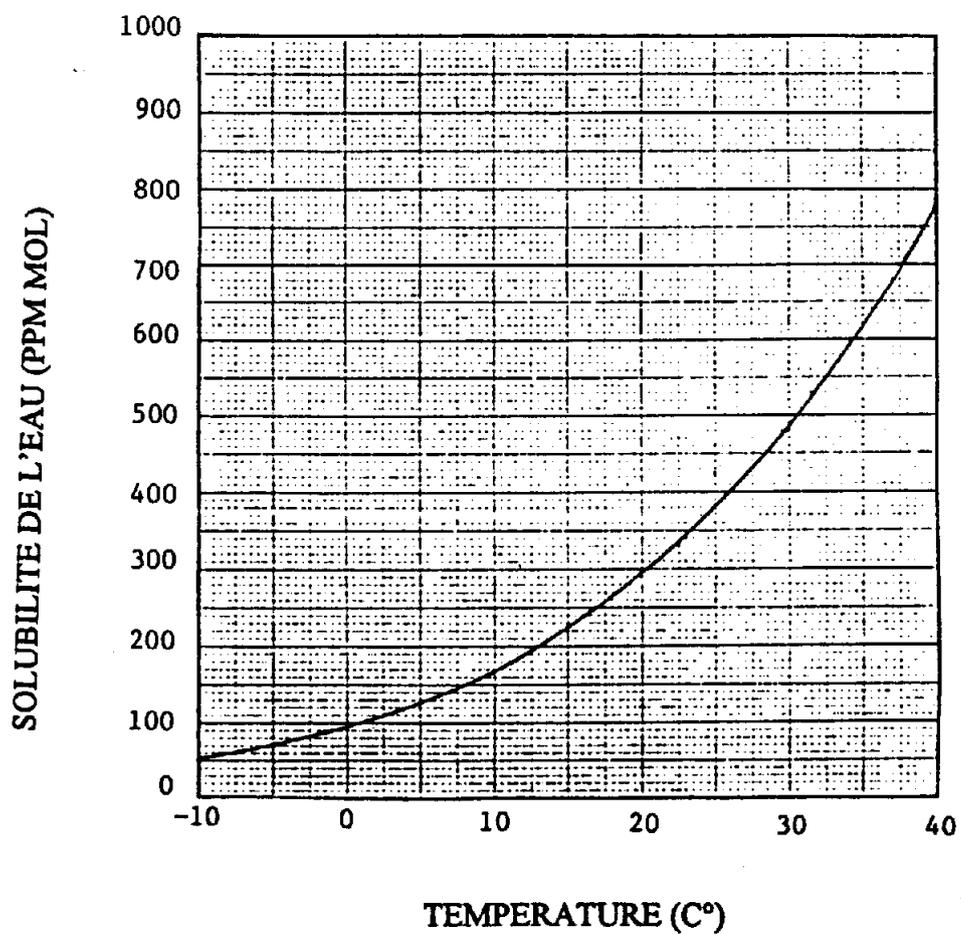
Annexe 12 : Données design de la pompe et du four

	ITEM N°		02-H-1501	ITEM N°	02-V-1501	ITEM N°	02-P-1501A B	
	SERVICE		HOT OIL HEATER		SERVICE	EXPANSION VESSEL	SERVICE	MAIN HOT OIL RECYCLE PUMP
1	TYPE		BOX (TWN,CABIN)		TYPE	HORIZONTAL	TYPE	CENTRIFUGAL
		HOT OIL HEATING	GAS HEATING	IDx LENGTH (T.T) (mm)	3500x14000	RATED CAPACITY (m ³ /HR)	1900	
	HEAT ABSORPTION (Kcal/H)	47.37x10 ⁶	0.33x10 ⁶	DESIGN PRESS; (kg/cm ² G)	3.0	DISCHARGE PRESS; (kg/cm ² G)	7.0	
	DESSIGN PRESS. (kg/cm ² G)	10.0	9.5	DESSIGN TEMP. (°C)	200	DIFERENTIAL PRESS. (Kg/cm ² G)	5.4	
	DESIGN TEMP. (°C)			INSULATION (mm)	HC-125	SHUT OFF. PRESS. (Kg/cm ² G)		
						S.G. AT PUMPING TEMP	0.804AT124°C	
						BMP (Kw)		
	P	O	N	M	L	K		

Annexe (13) solubilité de l'eau dans la charge

SOLUBILITE DE L'EAU DANS LA CHARGE DE GPL

- Note 1. Calcul selon la procédure API
- 2. Source de charge = 13 (moyenne)



Annexe 1

Coefficient des équation du pouvoir calorifique de l'enthalpie et de l'entropie des mélanges de gaz parfaits

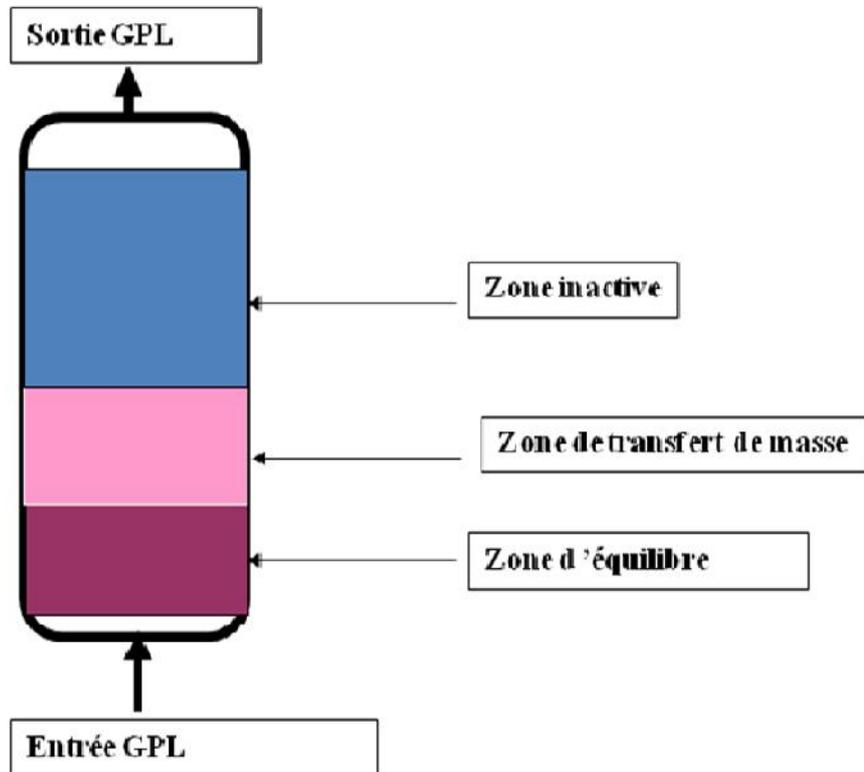
No. CPT	Composant	A	B	Cx 10 ⁿ	Dx 10 [*]	Ex 10 [*]	Fx 10 [»]	0	Intervalle °C
Non-Hydrocarbones									
1	Oxygène	-2,283574	0,952440	-0,281140	0,655223	-0,452316	1,087744	2,080310	-175 to 1200
2	Hydrogène	28,671997	13,396156	2,960131	-3,980744	2,661667	-6,099863	-11,801371	-175 to 1200
3	Eau	-5,729915	1,915007	-0,395741	0,876232	-0,495086	1,038613	0,702815	-175 to 1200
4	Sulfure d'hydrogène	-1,437049	0,998865	-0,184315	0,557087	-0,317734	0,636644	1,394812	-175 to 1200
5	Azote	-2,172507	1,068490	-0,134096	0,215569	-0,078632	0,069850	1,805409	-175 to 1200
6	Ammoniac	-2,202606	2,010317	-0,650061	2,373264	-1,597595	3,761739	0,990447	-175 to 1200
7	Carbone	9,572700	-0,199901	1,535456	0,267516	-0,811532	2,726889	1,687611	-175 to 1200
8	Monoxyde de carbone	-2,269176	1,074015	-0,172664	0,302237	-0,137533	0,200365	2,018445	-175 to 1200
9	Dioxyde de carbone	11,113744	0,479107	0,762159	-0,359392	0,084744	-0,057752	2,719180	-175 to 1200
10	Dioxyde de soufre	3,243188	0,461650	0,248915	0,120900	-0,188780	0,568232	2,086924	-175 to 1200
Paraffines									
11	Méthane	-16,228549	2,393594	-2,218007	5,740220	-3,727905	8,549685	-0,339779	-175 to 1200
12	Ethane	-0,049334	1,108992	-0,188512	3,965580	-3,140209	8,008187	1,995889	-175 to 1200
13	Propane	-1,717565	0,722648	0,708716	2,923895	-2,615071	7,000545	2,289659	-175 to 1200
14	n-Butane	17,283134	0,412696	2,028601	0,702953	-1,025871	2,883394	2,714861	-75 to 1200
15	2-Méthylpropane	26,744208	0,195448	2,523143	0,195651	-0,772615	2,386087	3,466595	-75 to 1200
16	n-Pentane	63,201677	-0,011701	3,316498	-1,170510	0,199648	-0,086652	4,075275	-20 to 1200
17	2-Méthylbutane	64,252075	-0,131900	3,541156	-1,333225	0,251463	-0,129589	4,572976	-20 to 1200
18	2,2-Diméthylpropane	27,380416	0,018305	3,063221	-0,375030	-0,530964	2,059134	3,388342	-75 to 1200
19	n-Hexane	-17,191071	0,959226	-0,614725	6,142101	-6,160952	20,868190	-0,207040	-75 to 1200
20	2-Méthylpentane	33,798408	0,173685	2,348998	0,844100	-1,559115	5,534684	2,968423	-75 to 1200
21	3-Méthylpentane	17,964768	0,397799	1,209870	3,254556	-3,942661	14,384148	2,149541	-75 to 1200
22	2,2-Diméthylbutane	92,706801	-0,500323	4,525783	-2,415290	0,713199	-0,591097	5,617113	-20 to 1200
23	n-Heptane	-0,153725	0,754499	0,261728	4,366358	-4,484510	14,842099	0,380048	-75 to 1200
24	2-Méthylhexane	17,893709	0,404849	1,334653	2,877698	-3,511818	12,540055	1,823456	-75 to 1200
25	3-Méthylhexane	36,807299	0,167431	2,262250	1,067097	-1,781538	6,169491	2,864993	-75 to 1200
26	2,4-Diméthylpentane	11,508769	0,093303	2,598254	0,630349	1,428307	4,569218	2,847131	-20 to 1200
27	n-Octane	2,604725	0,724670	0,367845	4,142833	-4,240199	13,734055	0,327588	-75 to 1200
28	2,2-Diméthylhexane	21,451302	0,226073	2,074483	1,466277	-2,169048	7,742088	2,139163	-20 to 1200
29	2-Méthylheptane	27,405630	0,305110	1,826883	1,744174	-2,311344	7,752627	2,038844	-75 to 1200
30	2,2,4-Triméthylpentane	26,118096	0,039675	2,742294	0,328610	-1,206010	4,586420	2,846608	-75 to 1200
31	n-Nonane	4,000278	0,707805	0,438048	3,969342	-4,043158	12,876028	0,257265	-75 to 1200
32	n-Décane	-6,962020	0,851375	-0,263041	5,521816	-5,631733	18,885443	-0,412446	-75 to 1200
33	n-Undécane	65,290564	-0,099827	3,472495	-1,354336	0,264721	-0,145574	3,407959	-20 to 1200
34	m-Dodécane	60,967391	-0,077548	3,420649	-1,308559	0,247576	-0,130380	3,227042	-20 to 1200
35	n-Tridécane	62,748642	-0,096018	3,463033	-1,353243	0,264564	-0,145439	3,245905	-20 to 1200
36	n-Tétradécane	61,655096	-0,092312	3,452192	-1,345181	0,261574	-0,143007	3,172971	-20 to 1200
37	n-Pentadécane	62,217244	-0,100961	3,472075	-1,366935	0,269684	-0,150082	3,163060	-20 to 1200
38	n-Hexadécane	60,927011	-0,095563	3,459313	-1,356807	0,265935	-0,146753	3,095128	-20 to 1200
39	n-Heptadécane	60,853132	-0,098655	3,465969	-1,365537	0,269340	-0,149768	3,071276	-20 to 1200
40	n-Octadécane	60,419501	-0,098876	3,466295	-1,367430	0,270024	-0,150334	3,038272	-20 to 1200
41	n-Nonadécane	59,195816	-0,092752	3,451465	-1,354690	0,265281	-0,146249	2,979932	-20 to 1200
42	n-Eicosane	59,163624	-0,095147	3,456592	-1,360776	0,267410	-0,147933	2,963523	-20 to 1200

H = 0 kJ/kg pour le gaz parfait à 0 K.

S = 1 kJ/kg K pour le gaz parfait à 0 K et 1 kPa

Les unités sont le kJ/kg pour l'enthalpie, le kJ/kg K pour le pouvoir calorifique et l'entropie.

Annexe 15: Zone de transfert de masse et zone d'équilibre



La zone ZMT se déplace lors de l'adsorption

Annexe 16 : caractéristiques d'huile TORADA



CARACTERISTIQUE PHYSICO-CHIMIQUE		NORME	UNITE	RESULTAT		
				GARANTIE		TYPIQUE
				MINIMUM	MAXIMUM	
COULEUR		D 1500				
DENSITE A 15° C		D 1298			0.865	
VISCOSITE	A 40 °C	D 445	CST		32	
	A 100° C		CST		5.25	
INDICE DE VISCOSITE		D 2270		93	96	
POINT D'ECLAIR		D 92	°C		210	
POINT D'ECOULEMENT		D 97	°C		-12	
POINT D'AUTO INFLAMMABILITE			°C		230	
CHALEUR SPECIFIQUE	à 0°C		Kcal/Kg/°C		0.434	
	à 20°C		Kcal/Kg/°C		0.451	
	A 320°C		Kcal/Kg/°C		0.712	

SPECIFICATIONS :

Grade ISO VG 32

Annexe 21 : Température design du GN de réchauffage

ITEM NO.	02-V-1010
SERVICE	DECONTAMIN
TYPE	VERTICAL
ID x HEIGHT (T.I) (m)	1800 x 2610
DESIGN PRESS (kg/cm ² G)	29/34 13
DESIGN TEMP. (°C)	80 330
INSULATION	MC-175

La variation du temps de chauffage en fonction de la température est comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Température de chauffage	Déshydratation de la charge	Déshydratation de garde
500°C	à proscrire	à proscrire
280°C à 300°C	Env.10 heures	Env.13 heures
250°C à 280°C	Env.11 heures	Env.14 heures
220°C à 250°C	Env.13 heures	Env.16 heures
220°C	A éviter	A éviter

Annexe 18 : Données DCS sur le GN dans le four et la turbine

	Train 100	Train 400	Train 500	Train 600
T tubes °C	278	299	234	245
T cheminée °C	190	217	205	198
Débit GN Nm ³ /hr	2438	2416	2800	2411

$$Q \text{ turbine} = 1288 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

$$T \text{ amb} = 19^\circ\text{C}$$