RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université M'hamed Bougara Boumerdès
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Département Transport et Equipements des Hydrocarbures

MEMOIRE DE MASTER

Option :

Mécanique des chantiers pétroliers

THEME

Etude des performances d'un circuit d'huile chaude dans une usine de traitement de gaz

Réalisé par : CHERRERED Nacereddine

Membres du jury :

Pr. A.Benbrik	Professeur	Encadreur
Mr. A.GUEBLI	MC/B	Examinateur
Mr. M.ARBAOUI	MC/A	Examinateur

Boumerdès 2016

À la science,

À mes parents,

À ma famille,

À mes amis.

Remerciement

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur le Pr. Benbrik Abderrahmane. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Mes remerciements s'adressent ensuite à Mr. Ibrahim Mourad, et Mr.Birem Mohamed, qui m'ont accueilli dans leur établissement et ont pris toutes les dispositions nécessaires au bon déroulement de mon stage et à la réalisation de mon mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ».

Enfin, je remercie tous mes Amis, pour leur sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Sommaire

CHAPITRE 1 : Présentation du site gazier de Tiguentourine

1.1 Présentation de la région 9
1.2 Site gazier de Tiguentourine....9
1.3 Description du procédé du traitement de Gaz....11
1.3.1 Installations de réception....11
1.3.2 Traitement du gaz....13
1.3.3 Systèmes d'utilité....19

CHAPITRE 2 : Les systèmes à fluide caloporteur

2.1 Introduction....22
2.2 Les systèmes thermiques à fluide caloporteur 22
2.3 Fluides caloporteur 22
2.4 Les huiles thermiques 23
2.4.1 Applications des huiles thermiques....23
2.4.2 Types d'Huiles thermiques 24
2.4.3 Sélection d'une huile thermique - Considérations de conception 25
2.4.4 Comparaison : fluide thermique par rapport à la vapeur....28
2.4.5 Comparaison de chaudière à vapeur et un réchauffeur d'huile chaude 31
2.5 Système standard d'un circuit d'huile thermique 32
2.5.1 Composants du système 32
2.5.2 Fonctionnement du système....33

CHAPITRE 3 : Présentation du circuit d'huile chaude (Système 32-06)

3.1 Introduction....36
3.2 Equipements composants du circuit 36
Fonctionnement et rôles des équipements composants....42
3.2.1 Ballon d'expansion de l'huile chaude 06-V-321 42
3.2.2 Pompes de circulation de l'huile chaude 06-P-321A/B/C....42
3.2.3 Filtre d'huile chaude 06-V-323 43
3.2.4 Récupérateurs de chaleur 06-H-322A/B/C 44
3.2.5 Fours de chauffe d'huile chaude 06-H-321A/B 44
3.2.6 Aéroréfrigérant de l'huile chaude 06-E-322 45
3.2.7 La distribution de l'huile chaude 45
3.2.8 Bac de stockage d'huile chaude 06-T-321....46
3.2.9 Pompe de transfert 06-P-322....47

3.2.10 Ballon de collecte des purges d'huile chaude 06-V-322 47
3.2.11 Pompe du ballon de collecte de purge de l'huile chaude 06-P-323 48
3.2.12 L'isolation thermique.....48
CHAPITRE 4 : Théorie de calcul
4.1 Introduction.....51
4.2 Notions 52
4.2.1 Flux de chaleur.....52
4.2.2 Chaleur spécifique 52
4.2.3 Chaleur massique variable 53
4.2.4 Cas chaleur massique non-linéaire 54
4.2.5 Les UFD's 55
4.2.6 Les TAR 57
4.3 Méthodologie de l'étude 57
4.3.1 Données et instruments de mesure 58
4.3.2 Données manquantes et solutions 58
4.3.3 Données Incohérentes et filtrage 61
CHAPITRE 5 : Résultats et discussion
5.1 Calcul théorique.....64
5.1.1 Echanges thermiques théoriques 64
5.1.2 Calcul des pertes de charges théoriques 65
5.2 Calcul réel 66
5.2.1 Résultats des calculs thermiques 67
5.2.2 Vérification aux conditions limites 76
5.2.3 Performances globale du circuit d'huile chaude 77
5.2.4 Vérification des performances du Four 06-H-321A.....78
5.3 Conclusion 79
6 Bibliographie 81

LISTE DES SYMBOLES

Q : Quantité de chaleur (Kj)

P : Pression (Bar)

Cp : Chaleur spécifique (Kj/Kg.K)

Φ : Flux thermique (Kj/s)

m: Masse (Kg)

ṁ : Débit massique (Kg/s)

Pe : Pression d'entrée (Bar)

Ps : Pression de sortie (Bar)

T : Température (K)

Te : Température d'entrée (K)

Ts : Température de sortie (K)

t : temps (s)

η : Rendement/efficacité

μ : Viscosité dynamique Kg/(m·s)

ρ : Masse volumique Kg/m^3

FC : Vanne de régulation de débit

HC : Vanne manuelle

TC : Régulateur de température

PDC : Régulateur de pression différentielle

Introduction générale

Le traitement du gaz est un procédé complexe qui nécessite une multitude d'installations et d'unités de traitement afin de produire des fluides hydrocarbures répondant aux spécifications commerciales.

Au niveau du site gazier de Tiguentourine le traitement du gaz brut permet de produire trois types d'hydrocarbures, à savoir le condensat, le GPL, et le Gaz naturel.

Afin d'accomplir ce processus de traitement et de séparation, une consommation d'énergie thermique est indispensable pour pouvoir manipulé les températures des fluide process, et ainsi pourvoir les séparer.

L'apport et la distribution de cette énergie thermique est assurée par un système d'utilité qui est le système d'huile chaude (système 32-06), ce système est conçu afin d'alimenter trois trains de traitement identiques.

Le système d'huile chaude doit assurer une maintenabilité et une continuité de fonctionnement afin de satisfaire les conditions d'exportation, avec des performances de fonctionnement acceptables, toute en respectant l'intégrité humaine et matériel.

L'huile chaude utilisée à une durée de vie déterminée, et durant cette durée de vie elle doit répondre aux besoins de fonctionnement.

Dans cette étude on verra le fonctionnement de ce système d'huile chaude, puis l'évaluation des performances thermique réelles aux niveaux de tous les équipements concernés, ces performances thermiques nous diront d'avantage sur l'efficacité de ce système d'huile chaude, et le degré de dégradation durant ces neuf dernières années (2007 à 2016).

CHAPITRE 1

Présentation du site gazier de Tiguentourine

1.1 Présentation de la région

La direction régionale In Amenas se situe dans le chef-lieu de daïra (In Amenas) dans la partie centrale du bassin d'Illizi à 1500 km au centre-est de la capitale Alger, à 820 km au sud-est d'Ouargla sur le plateau de Tinhert et à 200 km au nord-est d'Illizi (chef-lieu de wilaya), dont elle relève administrativement. L'altitude moyenne est plus ou moins 600 m par rapport au niveau de la mer.

Figure 01 : Localisation de la région d'IN AMENAS

La superficie des champs producteurs de la région est de l'ordre de 30 000 Km². Cette région se divise en trois (3) secteurs :

1. Secteur Nord : Zarzaitine dépendant de l'association SH&SINOPEC.
2. Secteur Est : Edjeleh.
3. Secteur Ouest : Tiguentourine, El-adeb Larache et Assekaifaf.

1.2 Site gazier de Tiguentourine

Le site du groupement Sonatrach-BP-Statoil est une exploitation isolée de gisements gaziers, située à Tigantourine, à 40 km d'In Amenas, dans la région d'Illizi, à 1.500 km au sud-est d'Alger, près de la frontière libyenne.

Le projet de Tiguentourine à In Amenas inclus le système de production des puits et le système de collecte de production, conçue pour collecter les fluides d'hydrocarbure et de les transporter à l'unité centrale de traitement. L'unité centrale de traitement (CPF) sépare le gaz et les produits liquides et les distribue aux canalisations de produit, pour les transporter au point final de livraison sur le système existant de Sonatrach.

Le développement de In Amenas produit et maintient un taux de production annuelle de gaz humide de 29.85 millions standard m^3/jour (998 MMSCFD), tel que mentionné dans le contrat de partage de production (PSC) entre BP et Sonatrach. En tenant compte de la durée d'immobilisation et interruption de service des installations, l'exigence de la capacité de conception est de 28.2 millions standard m^3/jour (1056 MMSCFD), excluant l'eau.

Le gaz sera traité pour répondre aux spécifications de vente de **gaz**, ainsi qu'à produire des hydrocarbures liquides : **GPL** et **condensat**, et cela aux niveaux des trains de traitement.

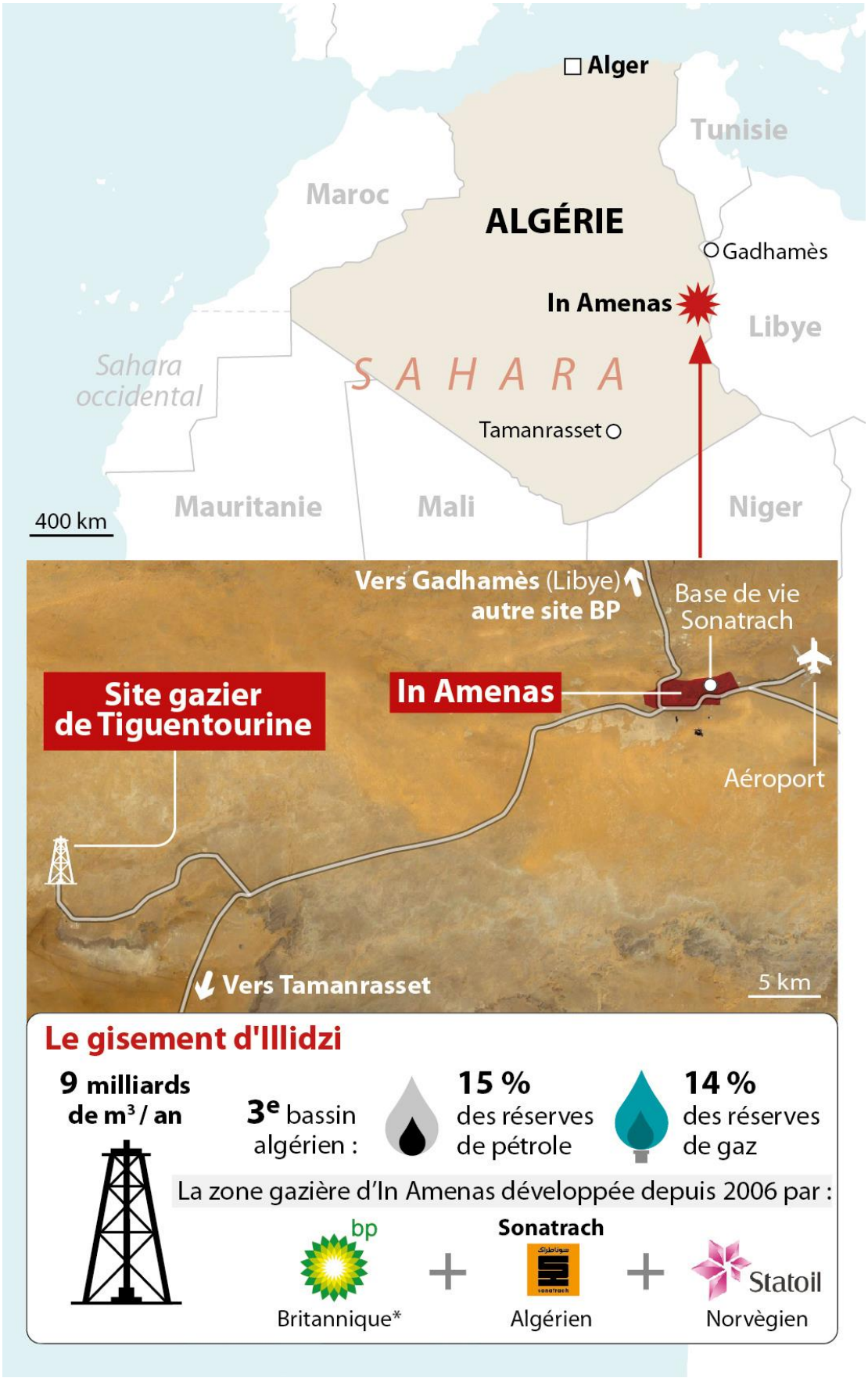


Figure 02 : Localisation de la région du site gazier de TIGUENTOURINE

1.3 Description du procédé du traitement de Gaz

1.3.1 Installations de réception

Les fluides provenant des puits passent par un système de collecte de production composé d'un réseau de ligne de collecte (Flow-Line) individuelle connectée via les collecteurs du champ (manifolds) aux quatre conduites principales (Trunk-Line), qui livrent les fluides produits aux Installation de réception au CPF. La production des quatre conduites principales s'écoule dans le collecteur d'entrée 42", qui transporte les fluides au Capteur-bouchon (Slug-Catcher).

Figure 03 : Tête de puits

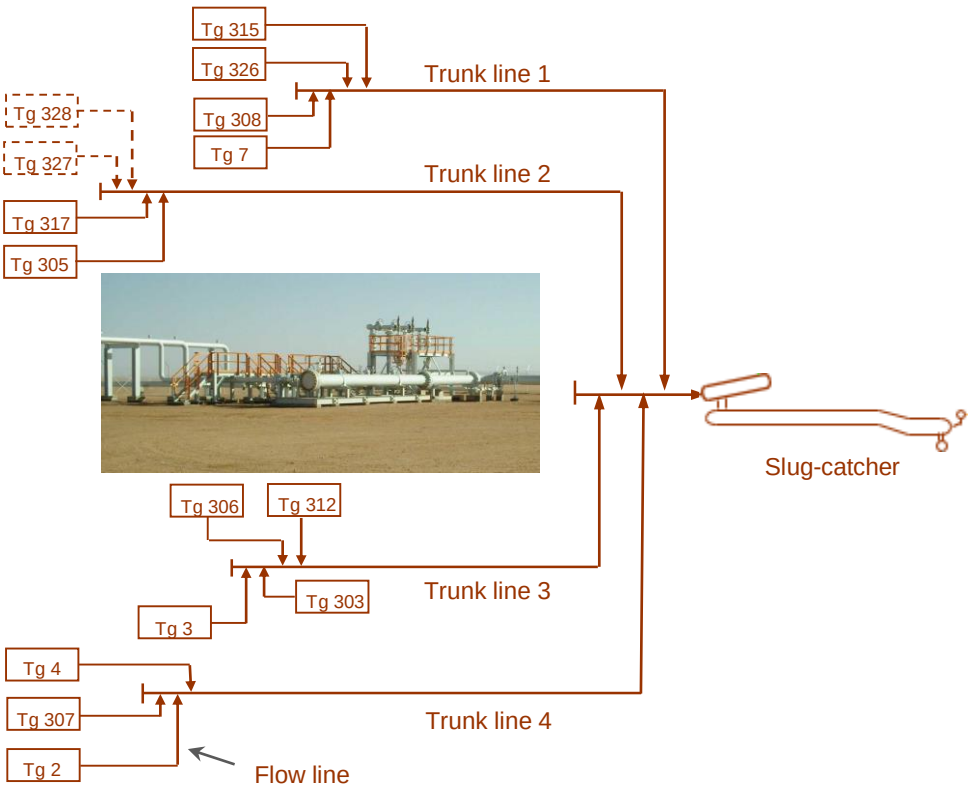


Figure 04 : Système de collecte de production des puits vers CPF

Au niveau du CPF les fluides du système de collecte sont reçus dans une grande multi-pipe Capteur-bouchon (slug-catcher) qui assure la séparation initiale des fluides produits en phases de gaz, de liquide hydrocarbure et d'eau, ainsi qu'une alimentation stable en gaz et en condensât pour les trains de traitement.

L'objectif du collecteur d'entrée et du système du Capteur-bouchon (Slug-Catcher) est de :

- Recevoir les fluides du système de collecte de production
- Séparer les fluides produits en phases de gaz, de liquide d'hydrocarbure et díeau.
- Fournir un volume augmenté, une charge de liquide pour le condensât et l'eau produite provenant du système de collecte.
- Fournir une alimentation stable en gaz et en condensât pour les trains de procédé.
- Fournir une source tertiaire en de gaz combustible pour le système Gaz combustible.

Figure 05 : Slug-catcher

Figure 06 : Des compresseurs centrifuges entraînés par des turbines à gaz fournissent du gaz au système de transport intérieur par pipeline.

1.3.2 Traitement du gaz

Après la séparation initiale au niveau du Slug-catcher, le gaz passe par 3 trains de traitement identiques, constitué de divers équipements permettant le traitement du gaz brut afin de produire du gaz naturel, du condensat et du GPL avec les spécifications de vente.

Le traitement du gaz brut est effectué grâce à plusieurs étapes effectué aux niveaux des différentes unités et installations de traitement dont on peut citer :

- Traitement du gaz humide
- Unité de décarbonatation (co2)
- Déshydratation du gaz
- Traitement du gaz sec
- Stabilisation du condensat
- Séparations des produits liquides
- Unité de récupération de vapeur
- Production d'eau
- Compression et comptage du gaz export
- Stockage et expédition du condensat
- Stockage et expédition du GPL

Traitement du gaz humide

Le système de traitement du Gaz humide reçoit le gaz humide non traiter du capteur bouchon, le gaz récupère du système de condensât par les compresseurs de récupération de vapeur, le gaz de régénération de la boucle de régénération des dès hydrateurs et le gaz recyclé provenant des compresseurs de gaz export 00-C-161 A/B/C.

L'objectif du système de gaz humide est de :

- Fournir un refroidissement initial et une séparation des liquides du gaz humide provenant du capteur-bouchon.
- Eliminer le H2S et le Mercure du courant de gaz afin de s'assurer que la spécification du gaz export sera satisfaite après un traitement ultérieur.
- Récupérer le froid du courant de gaz export avant de l'expédier vers la compression pour réduire les exigences de refroidissement des équipements en aval.

Unité de décarbonatation (CO_2)

L'unité de décarbonatation reçoit un courant latéral de gaz s'écoulant des post filtres de H_2S du gaz 01-V-1111A/B. Après traitement, le gaz provenant de l'unité de décarbonatation est mélangé avec le flux du gaz by-pass du courant principal et ensuite le courant mélangé est acheminé vers la section de d déshydratation du train de traitement.

L'objectif de l'unité de décarbonatation est de :

- Faire circuler le solvant d'amine pauvre jusqu'à l'absorbeur du CO_2 et de régénérer Liamine riche provenant de l'absorbeur.
- Eliminer le CO_2 des Ecoulements de filets d'eau du gaz alimenté vers l'unité de telle façon qu'après être mélangé avec le gaz déviant l'unité, ce mélange gazeux répondra aux spécifications du produit.

Figure 06 : Traitement de gaz comprend l'élimination du H_2S et du mercure par adsorbant solide et l'élimination du CO2 par absorption amine.

Déshydratation du gaz

Le système de déshydratation du gaz reçoit :

- Le gaz traité des filtres après l'absorbeur de H2S et de l'unité d'extraction de CO_2.

Le but du système de déshydratation est de :

- Enlever l'eau du gaz d'alimentation pour satisfaire les conditions de traitement.
- Enlever l'eau du gaz d'alimentation pour répondre aux spécifications du gaz résiduelle produit.
- Fournir une alimentation sèche au système de traitement du gaz sec pour chaque train de traitement.
- Fournir les moyens pour régénérer les dés hydrateurs avec le gaz déshydraté de l'aval des dès hydrateurs.

Figure 07 : Le gaz est séché dans dés hydrateurs de tamis moléculaire et filtré avant d'entrer dans la section froide de la plante.

Traitement du gaz sec

Le système de gaz sec reçoit le gaz déshydraté du filtre du gaz sorti dès hydrateur

Le but du système de gaz sec est de :

- Récupérer les composants liquides (propane et les lourds) du gaz par refroidissement.
- Enlever l'éthane et les composants légers du séparateur liquide par le fractionnement.
- Re-compressé le courant du gaz traité pour réduire la charge le compresseur d'expédition.

Stabilisation du condensat

Le système de stabilisation reçoit le fluide du système slug-catcher 05, du système de gaz humide 10 et du système des pompes de recyclage du condensât.

Le but principal du système de stabilisation du condensât est de :

- Séparer le gaz et l'eau du condensât.
- Enlever toutes les particules solides du condensât.
- Enlever les traces d'eau de l'hydrocarbure liquide.
- Produire un liquide stable pour alimenter le débutaniseur
- Récupérer les gaz et les fournir à l'unité de récupération de vapeur

Séparations des produits liquides

Le système de production du débutaniseur reçoit les liquides froids du dééthaniseur et du condensât partiellement stabilisé de la stabilisation du condensât.

Le but du système de production du débutaniseur est de :

- Produire un mélange de GPL et l'expédie par le pipeline
- Produire du condensât stable et l'expédie par le pipeline.
- Refroidir le courant du condensât produit pour le stocker à une température appropriée.

Unité de récupération de vapeur

L'unité de récupération de vapeur "VRU" reçoit simultanément les vapeurs provenant de la tête du stabilisateur condensât et le gaz flash de séparateur d'entrée de pré-flash de condensât.

L'objet de l'unité de récupération est comme suit :

- Rassembler et comprimer les gaz libérés dans le système de stabilisation de condensât, afin de les livrés au système de traitement de gaz humide.
- Maintenir la pression de service du système de stabilisation de condensât dans la marge désirée.

Figure 08 : Stabilisateur

Figure 09 : Unité de récupération de vapeur

Production d'eau

Le système d'eau produit reçoit l'eau provenant des sources suivantes :

- Ballon Séparateur " Capteur-bouchons " 00-V-051
- Séparateur de gaz /condensât d'entrée 01-V-101
- Séparateur d'alimentation déshydratation 01-V-102
- Ballon épurateur " Scrubber " 01-V-123 de gaz de régénération
- Séparateur pré-flash de condensât d'entrée 01-V-211
- Stabilisateur de condensât 01-V-221

L'objet du système d'eau produite est comme suit :

- Recevoir l'eau produite provenant de la séparation dans les systèmes process aval.
- Les gaz dissociés de séparation permettent le flash externe de la solution.
- Séparation de tous les liquides d'hydrocarbure actuels dans l'eau produite.
- Transfert de l'eau produite au séparateur CPI sous la commande de niveau.

Compression et comptage du gaz export

Le système de gaz Résiduel de compression reçoit le gaz traité provenant de chaque train à travers un collecteur commun d'aspiration de gaz sec.

L'objet du système de gaz Résiduel de compression et d'expédition est comme suit :

- Comprimé le gaz Résiduel arrivant du système de gaz de process sec jusqu'à la pression d'expédition.
- Comptage de gaz Résiduel comprimé " custody transfer accuracy ".
- Transport du produit gaz Résiduel à travers le pipeline vers le pipeline de transport de SONATRACH situé à Ohanet.

Stockage et expédition du condensat

Le système de stockage de GPL et expédition reçoit le GPL on-spécification et off-spécification à partir des accumulateurs 01/02/03-V-232 de tête de séparation de produit dans chaque train de process.

L'objet de stockage de GPL et le système d'expédition est comme suit :

- Enlevé H_2S à partir de la courant GPL afin d'assurer la spécification de GPL est atteindre.
- Fournir le volume de stockage et la capacité de pompage pour le produit GPL on-spec avant l'expédition.
- Fournir le volume de stockage et la capacité de pompage pour le produit GPL on-spec avant retraitement.
- Pompé le Produit GPL du stockage pour à la pression souhaitable pour l'expédition.
- Compter le GPL pompé à l'exactitude de transfert en garde
- Transfert de produit GPL via pipeline au pipeline de Transportation de Sonatrach à Ohanet.
- Fournis les moyens pour lancer et reçu des gares racleurs pour le nettoyage de pipeline de produit.

Stockage et expédition du GPL

Le système d'expédition et de stockage de condensât reçoivent le condensât hydrocarbure on-spécification ou off-spécification à partir des séparateurs de produit 01/02/03-V-231 dans chaque train de process.

Le but de système d'expédition et le stockage de condensât est comme suit :

- Fournir un volume de stockage et surcapacité pour le condensât on-spec préalable à l'expédition.
- Fourni un volume de stockage et surcapacité pour le condensât off-spec préalable au retraitement.
- Produit de condensât pompé à partir de stockage à la pression adapté pour l'expédition.
- Conduit le condensat pompé au comptage de transfert de garde.
- Transfert de produit condensât via pipeline de pipeline transportation de sonatrach à Ohanet.
- Fourni les moyens pour lancer et recevoir les racleurs pour le nettoyage de pipeline de produit.

Figure 10 : Stockage de condensat

Figure 11 : Stockage de GPL

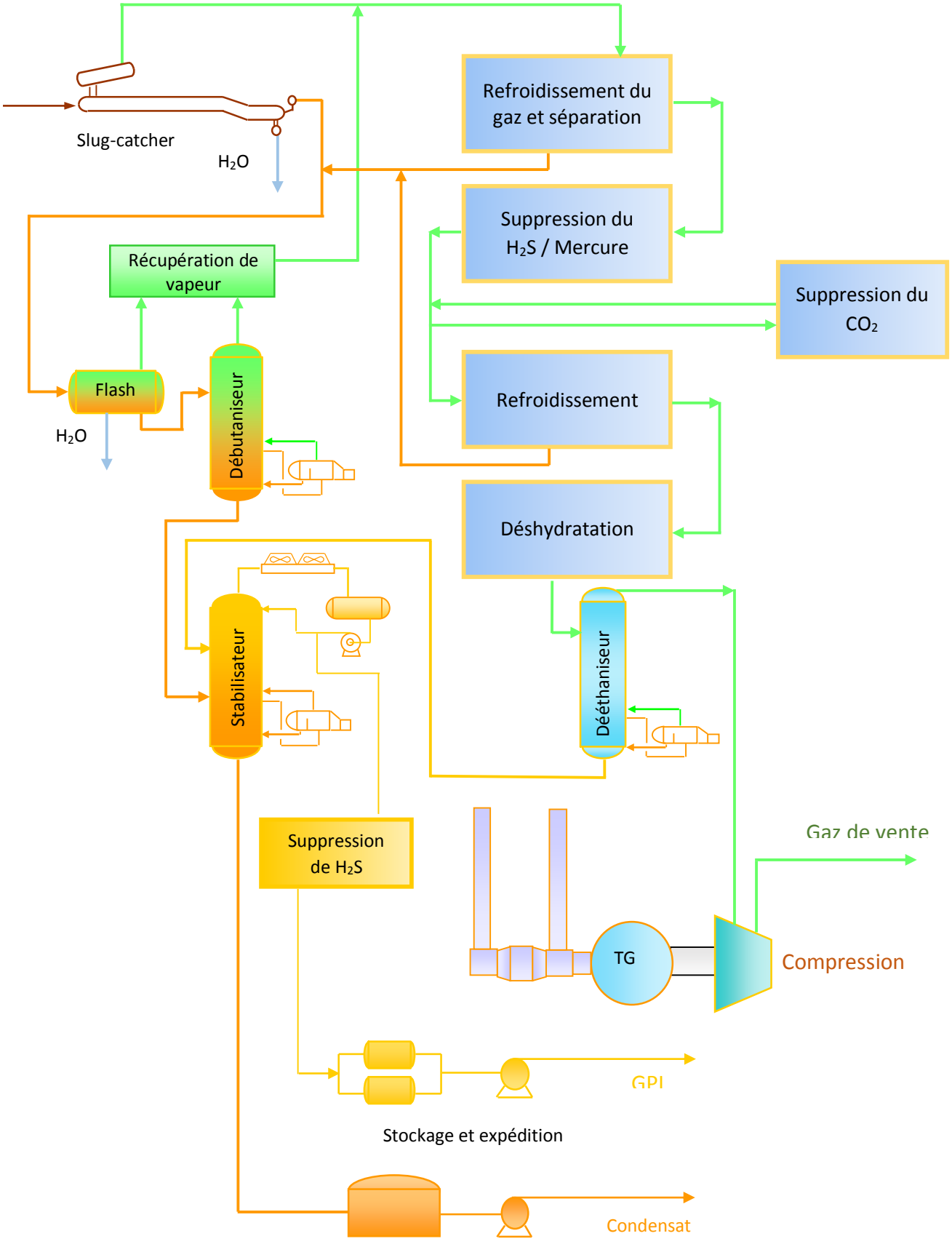


Figure 12 : Schéma simplifié du processus de traitement de gaz au niveau du CPF

1.3.3 Systèmes d'utilité

Le gaz brut est traité au niveau du CPF grâce à une multitude d'installations et d'unités de traitement qui interagissent directement avec le fluide process, pour assurer le fonctionnement de ces installations et avec de bonnes conditions, un ensemble de systèmes qu'on appelle les systèmes d'utilité sont indispensable afin de contrôler, sécuriser, maintenir, et fournir l'énergie requise aux opérations mécaniques, hydrauliques, chimiques ou bien thermique aux niveaux des différents équipements.

Les principaux système d'utilité sont :

- Système de gaz combustible
- Système de torche
- Système de vidange fermé
- Système d'huile chaude
- Système d'injection de méthanol
- Système de corrosion inhibiteur

Au niveau de chaque train de traitement 5 équipements reçoivent une énergie thermique grâce au circuit d'huile chaude (système 32-06) afin d'assurer leur tâches :

- Rebouilleur de la colonne de stabilisation (01/02/03-E-221A/B)
- Rebouilleur de régénérateur de l'amine (01/02/03-E-115)
- Réchauffeur du gaz de régénération (01/02/03-E-121)
- Rebouilleur du débutaniseur (01/02/03-E-131)
- Rebouilleur du dééthaniseur (01/02/03-E-151)

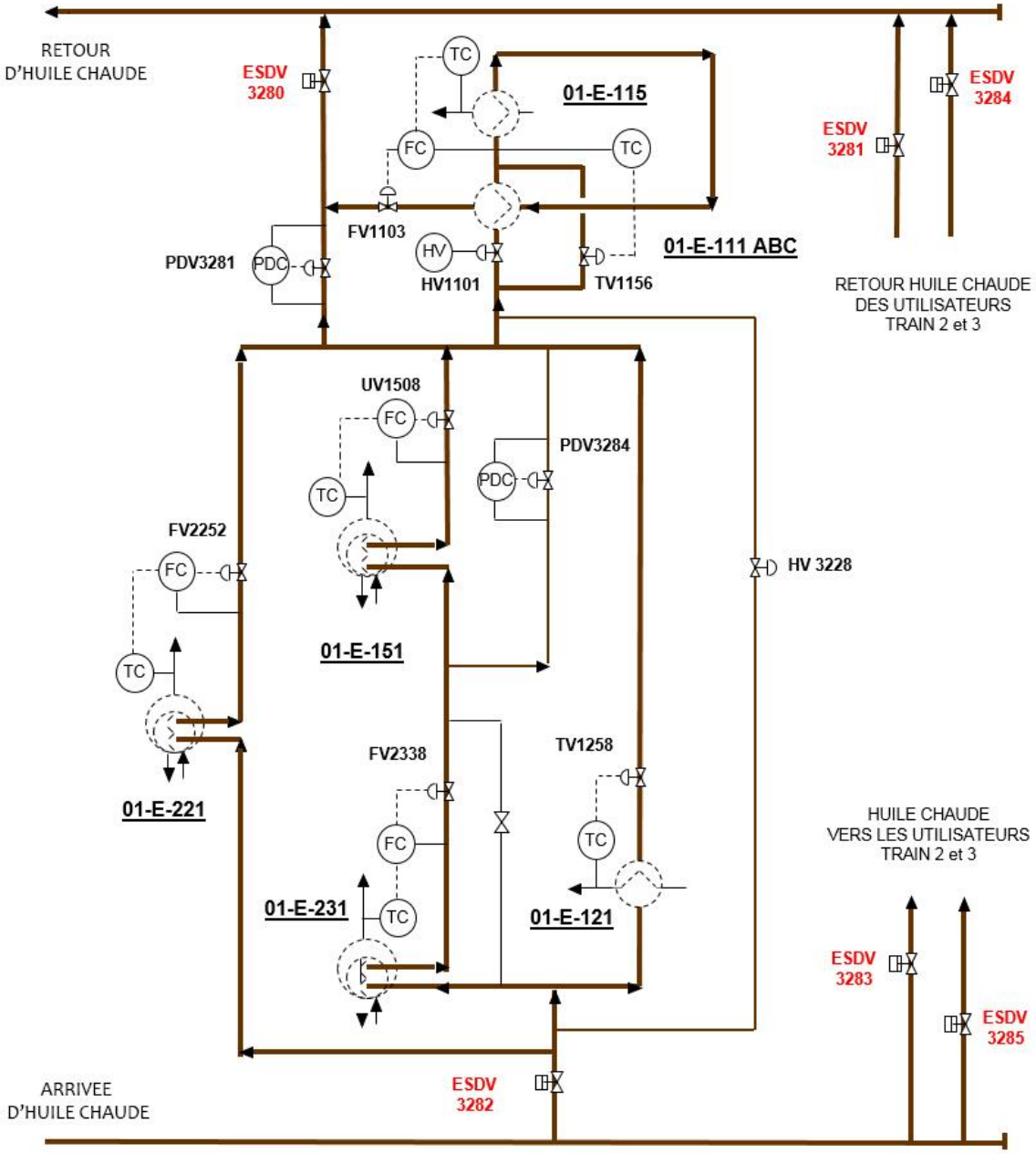


Figure 13 : Schéma du circuit d'huile chaude au niveau du Train 01

CHAPITRE 2

Les systèmes thermiques à fluide caloporteur

2.1 Introduction

Dans l'industrie en générale on a besoin d'énergie afin d'accomplir des tâches, faire fonctionner des machines, réaliser des transformations physiques ou chimiques, cette énergie peut être apporté ou transférée sous diverse formes, électrique, mécanique ou thermique, dans le cas thermique sa peut être de façon :

- Directe : on utilisant la chaleur d'un combustible brulé (à l'aide d'un four ou un échangeur de chaleur), résistance électrique, ou autre
- Indirecte : et là on parle d'un système de transfert thermique à l'aide d'un fluide caloporteur, ce système est très utile et efficace voir indispensable pour le traitement des produits hydrocarbures.

2.2 Les systèmes thermiques à fluide caloporteur

L'utilisation d'un fluide thermique afin de transférer la chaleur thermique est un type de chauffage indirect dans lequel un fluide caloporteur est chauffé et mis en circulation à l'intérieur d'un système en boucle fermée passant par plusieurs équipements, ce circuit permettra de distribuer l'énergie thermique à un ou plusieurs utilisateurs.

L'huile thermique, le glycol et l'eau sont les fluides communs de transfert de chaleur.

2.3 Fluides caloporteur

Les fluides thermiques les plus communs sont la vapeur et l'eau dans le cas où la température est supérieure la température de congélation de l'eau (0 ° C) et inférieure à 175 ° C, le choix se situe habituellement entre ces deux fluides. D'autre part, si la température d'application est inférieure à la température de congélation de l'eau ou au-dessus d'environ 175 ° C, il est nécessaire, ou tout au moins souhaitable d'envisager d'autres fluides.

Pour une température inférieure au point de congélation de l'eau, les fluides thermiques les plus courants sont l'air, les fluides frigorigènes tels que les hydrocarbures halogénés, l'ammoniac, les saumures et / ou des solutions de glycol et d'eau.

Lorsque la température augmente au-dessus de 175 °C, la pression de vapeur d'eau augmente rapidement, et les problèmes de la résistance structurelle de l'équipement de traitement deviennent de plus en plus sévères. Ainsi, avec les systèmes à haute température, il devient de plus en plus important de considérer les fluides avec des pressions de vapeur inférieures à celle de l'eau. C'est la raison pour laquelle l'huile chaude est nécessaire.

Le système d'huile chaude est un système de chauffage à haute température, utilisé pour les procédés industriels le plus souvent au lieu de la vapeur d'eau, en raison des températures de fonctionnement élevées, avec une pression de fonctionnement basse, ainsi que pour son coût global de fonctionnement significativement inférieur.

2.4 Les huiles thermiques

Les huiles thermiques sont largement utilisées pour transporter l'énergie thermique dans le domaine de l'industrie et surtout le domaine pétrolier et gazier. Ils sont principalement utilisés dans les applications de traitement à haute température où les températures du fluide de fonctionnement optimales sont comprises entre 150 °C et 400 °C, ils sont plus sûrs et plus efficaces que la vapeur, l'électricité, ou les méthodes de chauffage du feu direct.

L'utilisation de systèmes d'huile thermique a commencé à la fin des années 1930. Ils ont été utilisés en raison de leur efficacité et de la chaleur des taux de transfert élevés de l'énergie. Cependant, les huiles utilisées étaient instables si la température augmente au-dessus de la température stable de consigne nominale à des intervalles de fonctionnement réguliers, conduisant l'huile à décomposer et devenir partiellement oxydée et thermiquement instable. En conséquence, un certain nombre d'incidents thermiques du système d'huile est survenue provoquant les entreprises à revenir à, ce qu'ils pensaient était l'option la plus sûre, les systèmes à vapeur. En réalité, toutefois, les systèmes d'huile thermique sont moins complexes, plus faciles à concevoir et plus sûr que les systèmes de vapeur quand ils sont bien conçus, entretenus et que le fluide a été correctement sélectionnée.

Depuis le lancement des systèmes d'huile thermique, des progrès importants dans la technologie a été faite et les huiles d'aujourd'hui thermique sont beaucoup plus thermiquement stable, non toxique et capable de créer des températures plus élevées à la pression atmosphérique, que leurs anciens homologues. En conséquence de nombreuses entreprises étudient l'utilisation de la technologie dans leurs processus de transfert de chaleur.

La décision d'utiliser l'huile thermique comme moyen de transfert de chaleur peut être basée sur de nombreuses raisons, mais l'une des principales incitations est l'utilisation d'un système non-pressurisé. Les systèmes à vapeur fonctionnent sous pression et sont soumis à des exigences légales et réglementaires en raison du risque inhérent à la pression et l'augmentation du coût de l'installation et les exigences d'inspection d'assurance de routine.

2.4.1 Applications des huiles thermiques

Le transfert de chaleur utilisant un fluide peut être considéré comme un fluide thermique. L'eau est le fluide thermique le plus rentable et largement utilisé, avec des rendements élevés et facile à contrôler. Cependant, sa principale limitation est que, à une température supérieure à 100 °C, il commence à bouillir et devenir vapeur, par conséquent elle ne peut être utilisée que dans un système pressurisé en imposant des restrictions à sa manipulation et son utilisation pour assurer un fonctionnement en toute sécurité.

Les huiles thermiques permettent l'utilisation de systèmes de transfert de chaleur à basse pression pour atteindre des températures élevées qui auraient nécessitées des systèmes de vapeur à haute pression. Les systèmes à vapeur sont soumis à des exigences légales et

réglementaires en raison du risque inhérent à la pression et l'augmentation du coût de l'installation et les exigences d'inspection d'assurance de routine.

Les huiles thermiques en tant que fluide caloporteur sont utilisées dans une variété d'applications et d'industries où des températures élevées sont requises. Certains produits sont utilisés dans l'aérospatiale, l'automobile, de la marine ou des applications militaires. D'autres sont utilisés avec des moteurs à combustion, des équipements de traitement, les compresseurs, les pompes à pistons, engrenages et transmissions finales. Les huiles thermiques peuvent également être utilisées dans des applications alimentaires, des boissons et des produits pharmaceutiques.

Les systèmes thermiques à l'huile sont utilisés dans les industries suivantes :

- Plantes chimiques
- Installations de fabrication de textiles
- Préparation des aliments
- Blanchisseries
- Applications marines
- La production de pétrole et de gaz
- Traitement du bois
- Traitement des matières plastiques et caoutchouc
- Métal, papier et carton traitement
- Matériaux de construction

2.4.2 Types d'Huiles thermiques

Il existe plusieurs types d'huiles de transfert de chaleur disponibles sur le marché.

- Réfrigérants circulants, les fluides de refroidissement, antigels et les fluides frigorigènes sont utilisés pour assurer le refroidissement dans les moteurs de machines, équipements de process ou de combustion.
- Huiles chaudes, les huiles de chauffage et d'autres huiles thermiques sont utilisés pour fournir ou transférer la chaleur à une région proche de la machinerie ou d'un processus matériel.

Dans le cas de cette étude il s'agit d'huile thermique à haute température.

En résumé, les huiles de transfert de chaleur à haute température peuvent être classées selon la structure chimique en trois groupes principaux :

- Synthétiques
- Huiles chaudes
- D'autres, y compris les silicones

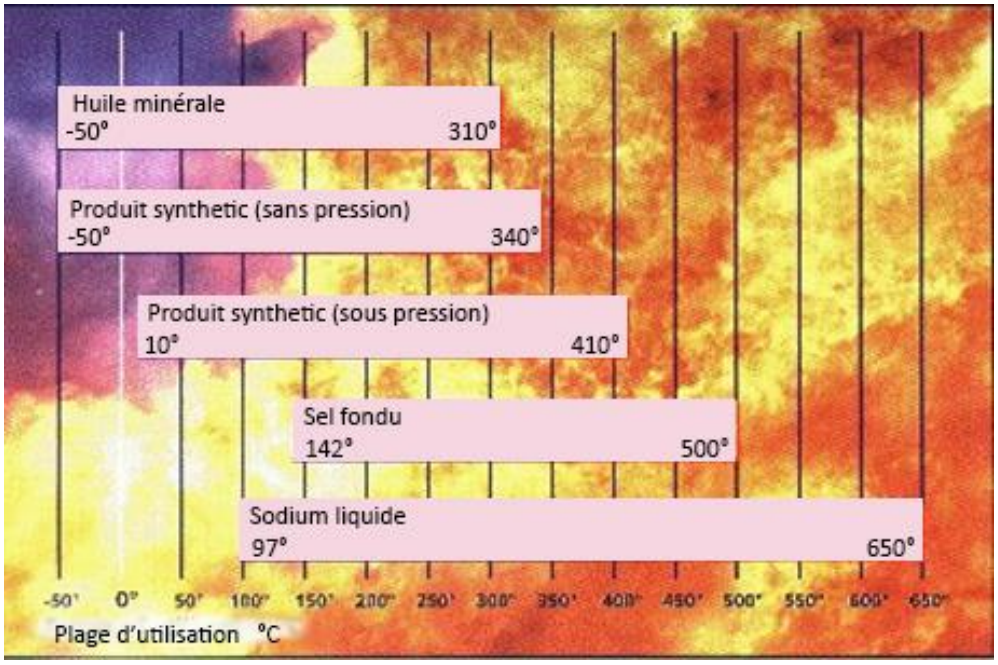


Figure 13 : Plages de température de fonctionnement des fluides thermiques communes

2.4.3 Sélection d'une huile thermique - Considérations de conception

Les fluides de transfert de chaleur et les huiles thermiques varient en termes de viscosité cinématique, température de fonctionnement, le point d'écoulement, le point d'ébullition et le point d'éclair, donc il y a beaucoup de facteurs à prendre en considération lors du choix d'une huile thermique pour un système de transfert de chaleur, les principaux facteurs sont énumérés ci-dessous :

Sécurité et prévention des incendies

En plus des caractéristiques de conception du système, l'huile thermique peut grandement influencer la probabilité d'incendie et de danger pour la sécurité d'un système de transfert de chaleur. Parce que les systèmes de chauffage à l'huile thermique comprennent le carburant, l'air et une source d'inflammation, le risque d'incendie est toujours présent.

Cependant, les plantes peuvent réduire le risque d'incendie en choisissant l'huile thermique correcte.

Lors de la sélection d'une huile thermique, la sécurité incendie dépend de trois mesures, à savoir le point d'éclair, point de feu et de la température d'auto-inflammation.

- Point d'éclair : le point d'un fluide d'éclair est la température à laquelle la vapeur suffisante est produite pour le fluide à clignoter lorsqu'elle est exposée à une source d'inflammation.
- Point d'incendie : Le point de feu est le point où un fluide génère de la vapeur suffisante pour supporter une combustion continue. Le point de feu est généralement 5°C à 35°C plus chaud que le point de feu.
- Température d'auto-allumage : La température à laquelle un fluide enflammera sans aucune source externe d'inflammation est la température d'auto-allumage (AIT).

Relativement peu d'incendies ont pour origine dans les systèmes d'huile thermique en raison des conditions de fonctionnement dépassant l'ACI, mais cela est principalement dû à une bonne sélection de fluide. La plupart des incendies qui se produisent sont des feux d'isolation, ou sont causés par une perte de débit, une fissuration des tubes ou une fuite.

Stabilité thermique

La stabilité thermique d'une huile ou d'un fluide est définie simplement comme la capacité inhérente de l'huile de transfert de chaleur pour résister à la fissuration moléculaire de stress thermique. les essais de stabilité thermique relative des huiles de transfert de chaleur moléculaire mesure la force de liaison d'un fluide particulier à une température donnée par rapport à un autre fluide de transfert de chaleur particulier à la même température et dans des conditions d'essai identiques.

La stabilité thermique d'un fluide est le facteur principal dans la détermination de sa température de fonctionnement maximale du fluide en vrac. Ceci est la température maximale que le fabricant recommande, l'huile peut donc être utilisée et conservé un niveau acceptable de stabilité thermique. Puisque les taux de dégradation des fluides sont étroitement liés à la température, l'utilisation continue au-dessus de la température de fonctionnement maximale recommandée du fabricant augmentera la dégradation exponentielle.

Les problèmes potentiels du système causés par la dégradation excessive et la formation subséquente de la dégradation des sous-produits comprennent une augmentation de la cokéfaction et l'encrassement, des difficultés mécaniques, et une diminution de l'efficacité du transfert de chaleur.

Les structures moléculaires des huiles de transfert de chaleur synthétique sont nettement plus stables thermiquement que les huiles chaudes à des températures supérieures à 300 °C et sont donc recommandés pour les procédés à haute température. Les applications de processus nécessitant des températures d'huile en vrac ci-dessous 300°C peuvent spécifier des fluides synthétiques ou des huiles chaudes. A cette plage de température des données relatives à la stabilité thermique fournie par les fabricants de fluides est disponible pour comparer les différents fluides à des températures spécifiques.

Efficacité de transfert de chaleur

La comparaison de l'efficacité de transfert thermique entre les huiles de transfert de chaleur est réalisée en utilisant des coefficients de transfert de chaleur. Plus le coefficient de transfert de chaleur n’est grand, plus la capacité de l'huile à conduire et transférer de la chaleur est grande.

À une température donnée, dans l’ensemble le coefficient de transfert de chaleur d'un fluide peut être calculé en utilisant la densité, la viscosité, la conductivité thermique et la chaleur spécifique à un diamètre de la vitesse d'écoulement et le tuyau déterminé. Les coefficients de transfert de chaleur qui en résultent peuvent alors être évaluées et comparées.

La plupart des huiles synthétiques ont un avantage significatif dans efficacité de transfert de chaleur par rapport aux huiles chaudes de 150°C à 260°C.

Remarque : Les liquides qui ont été en service pendant une période de temps prolongée et qui ont subi une dégradation thermique peuvent avoir des coefficients nettement plus faible en raison des variations de viscosité du fluide et la présence de la dégradation de l'efficacité des fluides des sous-produits.

Viscosité cinématique

La viscosité cinématique est le temps nécessaire pour une quantité déterminée de fluide ou de l'huile circule à travers un tube capillaire sous la force de gravité. Il est en effet une mesure de la capacité d'écoulement du fluide. Il est essentiel que l'huile soit assez mince pour circuler à travers le système tout en ayant un transfert de chaleur efficace.

Point de pompabilité

Le point de pompabilité est définie comme la température à laquelle la viscosité du fluide atteint un point où les pompes centrifuges ne peuvent plus circuler le fluide. Bien que la plupart des applications de traitement à haute température fonctionnent à des températures globales bien au-dessus de l'huile chaude et les points de pompabilité du fluide synthétiques, des conceptions de systèmes qui pourraient rencontrer le froid pendant les arrêts d'urgence, des arrêts de maintenance ou l'exploitation d'un procédé discontinu dans un climat froid, devrait prendre en considération les points de pompabilité.

En général, la plupart des huiles chaudes offrent une protection adéquate jusqu'à -17 °C, tandis que les matières synthétiques (environ 340 °C la température maximale en vrac) offrent une protection jusqu'à -50 °C. En revanche, les produits synthétiques haut de gamme, avec une température de fonctionnement pouvant atteindre 400 °C, ont une limite de pompabilité à une température d'environ 4 °C.

Maintenabilité du fluide

Le remplacement des fluides, le retraitement ou la filtration peut être nécessaire de temps en temps en raison d'imprévus excursions de température, des troubles du système, ou la contamination. En raison de son coût relativement faible des huiles chaudes (ou des fluides à base de pétrole), très peu de fournisseurs offrent des services de retraitement. La plupart des matières synthétiques sont composés d'un nombre limité de composants aromatiques et ont une plage d'ébullition étroite, ce qui permet une identification facile de la dégradation des sous-produits et / ou des contaminants. Le retraitement synthétique utilisant une distillation fractionnée est une alternative économique à l'élimination et de remplacement ; par conséquent, la plupart des fournisseurs de fluides synthétiques offrent ce service à un coût nominal.

Coût

Comme mentionné précédemment, plus la température du fluide en vrac est élevée, plus le coût du fluide est élevé. Les synthétiques notés pour une utilisation au-dessus de 340 ° C sont deux à trois fois plus cher que l'huile chaude nominale moyenne à 300 °C, tandis que les

aromatiques notés de 300 °C à 340 °C sont une fois et demie à deux fois plus cher que l'huile chaude moyenne.

Élimination et Transport

Les fluides à base de pétrole offrent des avantages substantiels en termes de facilité de manipulation, le retraitement, le transport et l'élimination par rapport aux fibres synthétiques. En outre, les fluides à base de pétrole ne forment pas une dégradation sous-produits dangereux, donc les huiles chaudes les plus usés peuvent être envoyés à un recycleur d'huile / lubrifiant locale pour l'élimination. Enfin, les huiles chaudes ont tendance à garantir l'absence de précaution particulière de manipulation et nécessitent pas d'exigences particulières de stockage. Ils sont extrêmement faciles à utiliser, ont une odeur non perceptible et sont non toxiques à la fois en contact avec la peau et ingestion.

En raison de la chimie aromatique à base de la plupart des matières synthétiques, certaines huiles peuvent former une dégradation sous-produits dangereuse qui nécessitent des permis spéciaux, et les précautions de manipulation et d'expédition. Certains produits synthétiques et leurs vapeurs peuvent irriter la peau et l'irritation des yeux après une exposition prolongée, et émettent des odeurs piquantes. Comme il existe une large gamme de produits chimiques disponibles dans le groupe aromatique, et que tous les fluides n'ont pas des propriétés similaires et des préoccupations environnementales / personnel, il est donc important que le meilleur fluide est choisi pour l'application.

2.4.4 Comparaison : fluide thermique par rapport à la vapeur

Comme indiqué plus haut, les systèmes d'huile thermique ont été en usage depuis les années 1930. Toutefois, ces dernières années, l'utilisation d'entre eux a été évitée en raison du manque de connaissances et de l'ignorance dans le monde de l'ingénierie à la façon de concevoir et de maintenir les systèmes correctement. En conséquence de nombreux systèmes de transfert de chaleur utilisent de la vapeur pour le chauffage, mais en réalité, il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les systèmes d'huile thermique sont supérieurs à la vapeur des systèmes si elle est conçue et entretenue correctement.

Sécurité, Environnement et Exigences

Pour offrir le genre de chaleur nécessaire dans la plupart des opérations de traitement, les systèmes à vapeur devraient fonctionner à des pressions exceptionnellement élevées. À 300 °C par exemple, un système de vapeur d'eau saturée doit être à une pression d'environ 110bar. Même à 200°C la pression doit encore être à 16bar.

En revanche, la plupart des systèmes de fluides thermiques évacuent vers l'atmosphère. La pression de refoulement de la pompe est juste assez élevée pour surmonter la résistance de frottement de la tuyauterie et les composants tout en maintenant un écoulement turbulent. Il y a beaucoup d'avantages à utiliser un système à la pression atmosphérique. Les systèmes qui fonctionnent à des pressions élevées exigent des niveaux élevés de normes législatives qui doivent être respectées.

Cela peut être coûteux et nécessite des ingénieurs spécialisés qui sont spécialement formés pour traiter avec les systèmes à haute pression. En revanche, les systèmes de fluides thermiques ont des températures d'ébullition beaucoup plus élevé et, par conséquent fonctionner à l'état liquide et donc peuvent être transférés par une installation à la pression atmosphérique, ce qui les rend beaucoup moins onéreux à traiter que les systèmes de vapeur. Par conséquent, si les systèmes de fluide thermique sont conçus correctement, ils sont plus sûrs de fonctionner et généralement moins problématique.

Efficacité

Les systèmes à vapeur éprouvent une grande partie des pertes de chaleur dues à la condensation. On estime que la perte d'énergie due à la perte de flash (y compris les pertes de piège) d'un système de vapeur typique est dans la plage de 6% à 14%, 3% de perte en raison de *Blowdown* et 2% en raison de l'aérateur. En outre les systèmes d'huile thermique subissent aucune de ces pertes, et ils nécessitent moins de traitement d'eau et sont soumis à une diminution de l'encrassement dû à beaucoup plus faible flux de chaleur. En conséquence les systèmes d'huile thermique peuvent être jusqu'à 30% plus efficace que les systèmes à vapeur, à l'exclusion de les efficacités supplémentaires des réchauffeurs et des générateurs de vapeur.

D'autres économies d'énergie et d'entretien sont effectuées en raison du fait que, contrairement aux systèmes à vapeur, la plupart des systèmes d'huile thermique fonctionnent à la pression atmosphérique et sont évacués à l'atmosphère au ballon d'expansion. Par conséquent la pression dans le système de fluide thermique limite la charge de la pompe nécessaire pour maintenir le fluide en écoulement turbulent tout en surmontant la tuyauterie de frottement traînée. Dans les systèmes à vapeur une pression supérieure doit être maintenue ce qui nécessite une augmentation de l'énergie de pompage et par conséquent les coûts d'énergie.

Corrosion

Les systèmes à vapeur sont bien connus pour des problèmes de corrosion. L'air en combinaison avec de l'eau chaude, des sels et d'autres contaminants réactifs présente un fort potentiel de corrosion des métaux. La vapeur est abrasive et n'a pratiquement pas d'onctuosité naturelle. Ajouter les minéraux trouvés dans la plupart des approvisionnements en eau et le potentiel de corrosion du système augmente de façon spectaculaire.

La plupart des produits synthétiques et huiles chaudes utilisées dans les systèmes de fluide thermique sont non-corrosifs et fournissent le même degré élevé de protection de surface des métaux comme les huiles lubrifiantes légères.

Contrôle de la température

Les systèmes à vapeur reposent sur le contrôle de la pression pour contrôler la température. Avec cette dépendance délicate sur l'équilibre de pression, la précision est généralement limitée aux fluctuations de ± 6 °C ou plus, dans le meilleur des cas. Cette valeur peut également augmenter l'usure des systèmes et la corrosion. En comparaison, les systèmes de fluide thermique peuvent avoir un contrôle de la température moyenne de ± 0.8°C ou moins. Cette

précision est réalisée par le dosage et le mélange efficace d'un refroidisseur du fluide de retour avec un fluide plus chaud de la ligne d'alimentation.

Sécurité environnementale

L'eau dans un système de vapeur doit être traitée chimiquement pour réduire la corrosion. En conséquence, la purge de vapeur et de condensat ne peuvent être rejetée dans les égouts, car ils présentent un risque environnemental considérable. Les systèmes de fluides thermiques ne nécessitent pas de gaspillage et sont des systèmes en boucle entièrement clos et ne nécessitent donc pas de disposition pour le fluide.

Maintenance

Les systèmes à vapeur nécessitent l'entretien constamment et sans fin qui se concentre sur les purgeurs, vannes, pompes de retour de condensat, joints de dilatation et d'analyse de l'eau et son traitement. En outre, en cas de manque d'énergie à cause d'un temps froid, les systèmes à vapeur font objet de congélation, éclatement des tuyaux et des composants endommagés.

Les systèmes thermiques à huile ne nécessitent pas de pièges, retour de condensat, purge ou des additifs et si l'huile appropriée est spécifiée, elle peut être fermés dans des conditions inférieures à zéro sans souci de gel.

Les systèmes d'huile chaude se sont avérés fonctionner tranquillement, en toute sécurité et efficacement pendant des années avec un minimum d'entretien.

Coût du système

Le coût d'achat des systèmes de vapeur peut être inférieur à celui des systèmes de fluide thermique. Cependant, il y a une récupération avec les systèmes de fluide thermique, y compris la réduction des coûts d'exploitation, les coûts de maintenance et les préoccupations environnementales et l'augmentation de la production et la qualité des produits résultant d'un meilleur contrôle de chauffage et de refroidissement. Combinez ces avantages avec une sécurité accrue et une réduction des coûts de main-d'œuvre et de l'économie globale du système fluide thermique dépassant de loin la vapeur.

2.4.5 Comparaison de chaudière à vapeur et un réchauffeur d'huile chaude

	Huile chaude	Vapeur d'eau
Pression de service (Sur la base de 250 ℃)	1 bar ou un peu plus (sûr)	Plus de 100 bar (danger)
Traitement de l'eau	Pas besoin (pas cher)	Oui (cher)
Hivernage[1]	Pas besoin (jusqu'à -30℃)	Oui
Durée de vie	Plus de 10 ans Pas de corrosion	Courte Corrosive
Temp. Plage de contrôle	±0.5℃ (sensible)	Plus large que ±0.5℃
Perte de fluide thermique	Non	Vaporisation et piégeage
Blow down	Non	Perte continue
Coût des invest	Relativement bas	Cher

1 : Hivernage est le processus de préparation ou d'intervention à cause de l'hiver.

2 : Blow down est le gaspillage intentionnelle de l'eau d'une chaudière pour éviter la concentration des impuretés lors de l'évaporation de la vapeur continue

On voit bien que l'utilisation d'une huile chaude au lieu de la vapeur d'eau comporte beaucoup plus d'avantages que d'inconvénients, cela dit ça dépend des conditions de fonctionnement souhaité, principalement la température.

2.5 Système standard d'un circuit d'huile thermique

Les systèmes d'huile thermique sont plus sûrs que les systèmes à vapeur à condition qu'ils soient conçus et entretenus correctement. La clé du fonctionnement à faible coût d'un chauffage à l'huile thermique est la simplicité de sa conception et de la sûreté inhérente à son fonctionnement à basse pression.

2.5.1 Composants du système

En général, un circuit d'huile thermique se compose d'un réchauffeur thermique, échangeur thermique, un réservoir d'expansion et de circulation ventilé ou à la pompe du système. Le ballon d'expansion peut être purgé avec un gaz inerte tel que l'azote pour empêcher l'oxydation du fluide, mais dans la plupart des cas, il est évacué à l'atmosphère.

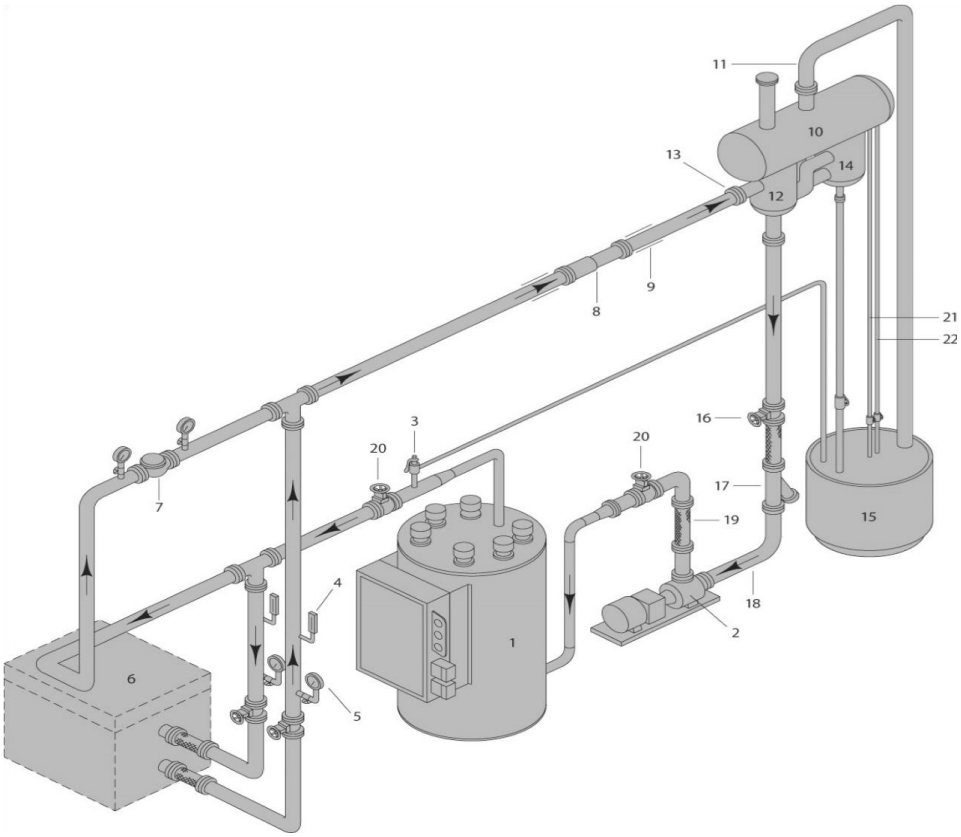


Figure 14 : Circuit d'huile thermique standard

(1) réchauffeur du fluide thermique, (2) Pompe de circulation, (3) Soupape de sûreté, (4) Thermomètre, (5) Indicateur de pression, (6) Equipement utilisateur, (7) clapet de dérivation pour maintenir un débit maximal au réchauffeur, (8) Joints de dilatation, (9) Ancre et tuyaux Guides, (10) Ballon d'expansion, (11) la tuyauterie de ventilation, (12) Aérateur du Réservoir, (13) Entrée Aérateur du Réservoir, (14) Ballon tompon, (15) Réservoir de capture pour la vidange de la soupape de décharge de pression, étanchéité à froid thermique, ballon d'expansion, et de ventilation, (16) système de vanne, (17) Passoire, (18) Remplissez Connexion, (19) connecteur flexible, (20) Vanne d'isolement, (21) Ligne du test manuel du niveau bas, (22) Ligne de test manuel du haut niveau.

2.5.2 Fonctionnement du système

Introduction

Le système se compose d'une pompe qui pousse le fluide thermique à travers le système de tuyauterie isolé vers un dispositif de chauffage jusqu'à l'équipement de traitement. Il y a un ballon d'expansion du système pour permettre l'expansion de l'huile thermique comme elle est réchauffée, et la contraction lorsque l'huile chaude est refroidie. Pour éliminer les particules du système, certains systèmes thermique ont des unités de filtration en série ou en parallèle (méthode préférée). En série l'unité filtre 100% du débit, par contre en parallèle le débit filtré est partiel.

La pompe de circulation

Il existe deux types de pompes utilisées dans un système à huile thermique. Il y a une pompe à engrenages (rarement utilisée) et une pompe centrifuge (le type préférable, car elle peut permettre des débits plus élevés, un écoulement turbulent à travers le réchauffeur). La pompe est comme le cœur humain. Il maintient l'écoulement le fluide thermique et si jamais il arrête, il y aura des problèmes majeurs avec le système. Pour nous, si notre cœur cesse, cela signifie la mort. Donc, nous devons faire tout en notre pouvoir pour maintenir cette pompe en poussant le fluide thermique à travers le système lorsqu'il est chauffé. Donc, accrocher votre pompe à un système de batterie de secours / générateur serait une chose intelligente à faire pour s'assurer de la disponibilité lors d'une panne électrique, ou bien une autre pompe est installé en standby.

Le réseau de tuyauterie

La tuyauterie est comme nos veines dans notre système. Elle transporte le fluide d'un endroit à un autre sur le trajet le plus direct. Les tuyaux rigides sont soudés ensemble ce qui est le meilleur moyen car la viscosité du fluide est si mince à des températures élevées que cela peut provoquer des suintements du système. Il existe également des tuyaux souples et flexibles qui peuvent être utilisés dans un système. Ceux-ci sont parfaitement bien, mais s'il n'y a pas une étanchéité parfaite sur les connexions cela provoquera une certaine infiltration de l'huile. Pour les fluides organiques, il y a seulement trois matériaux qui ne doivent pas être utilisé - tonnelier, aluminium et laiton. Ces matériaux sont des catalyseurs d'oxydation et peuvent décomposer un fluide thermique organique. Il est recommandé de rester avec l'acier ou l'acier inoxydable comme matériaux pour la tuyauterie.

Equipement de chauffage

Comme tout le reste, il existe de nombreux types d'appareils de chauffage. Radiateurs sont classés par la quantité d'énergie produite par heure et le combustible qui est utilisé pour générer de la chaleur tel que l'électricité, le gaz, le pétrole et le bois.

Ballon d’expansion

Le dernier élément d'un système d'huile thermique est le ballon d'expansion. Ce réservoir est essentiel pour le fonctionnement du système. Son but principal est de permettre un espace pour l’expansion du fluide thermique lorsqu'il est chauffé, et d’assurer une source pour alimenter le système en fluide thermique afin de le maintenir pleinement. Ce réservoir est également construit dans d’être un réserve de fluide thermique pour le système juste au cas de fuite. Voilà pourquoi il est important de garder un œil sur le niveau dans le réservoir d'expansion quotidienne. Si le niveau descend de sa position normale, cela signifie que une fuite est présente quelque part.

CHAPITRE 3

Présentation du circuit d’huile chaude

(Système 32-06)

3.1 Introduction

Le processus d'utilité de chauffage sur le site gazier de Tiguentourine est assuré par un système d'huile chaude qui est constitué d'un système de stockage et de circulation pour le fluide thermique ou de l'huile chaude. L'huile chaude est chauffée par la récupération de l'énergie thermique provenant des gaz d'échappement des turbines à gaz qui entrainent les compresseurs de gaz résiduel. En outre, deux fours à gaz combustible 06-H-321A/B fournissent un chauffage supplémentaire dans le cas où la charge de traitement est insuffisante pour répondre à toutes les fonctions de chauffage. L'huile chaude est fournie à la majorité des utilisateurs à une température de 288°C et retourne au ballon d'expansion à environ 187°C.

Les rebouilleurs du dééthaniseur 01/02/03-E 151 utilisent de l'huile chaude qui a déjà passé à travers le rebouilleur du débutaniseur 02/01/03-E-231. Le rebouilleur de régénérateur de l'amine nécessite l'huile chaude à 176 °C afin de réduire la dégradation de l'amine et empêcher la corrosion excessive. Le contrôle de cette température est réalisé dans les échangeurs 02/01/03-E-111, en refroidissant l'huile chaude d'entrée avec le "froid" de l'huile de retour du rebouilleur de régénérateur de l'amine. L'huile circule alors à la température requise.

Le système est équipé de trois pompes de circulation 06-P-321 A/B/C qui fonctionnent à 50% de leurs puissances maximales, chaque pompe capable de servir un train de traitement. Le ballon d'expansion de l'huile chaude 06-V-321 a une taille égale à 160% de la taille du ballon prévu pendant le fonctionnement. Le système est également muni d'un Aéroréfrigérant de l'huile chaude 06-E-322 dimensionné pour 25% du débit totale maximale des deux fours 06-H-321A/B. Le système est également muni d'un bac de stockage d'huile chaude 06-T-321, ballon de collecte des purges d'huile chaude 06-V-322, ainsi que les pompes de transfert sont associés, 06-P-322 et 06-P-323.

3.2 Equipements composants du circuit

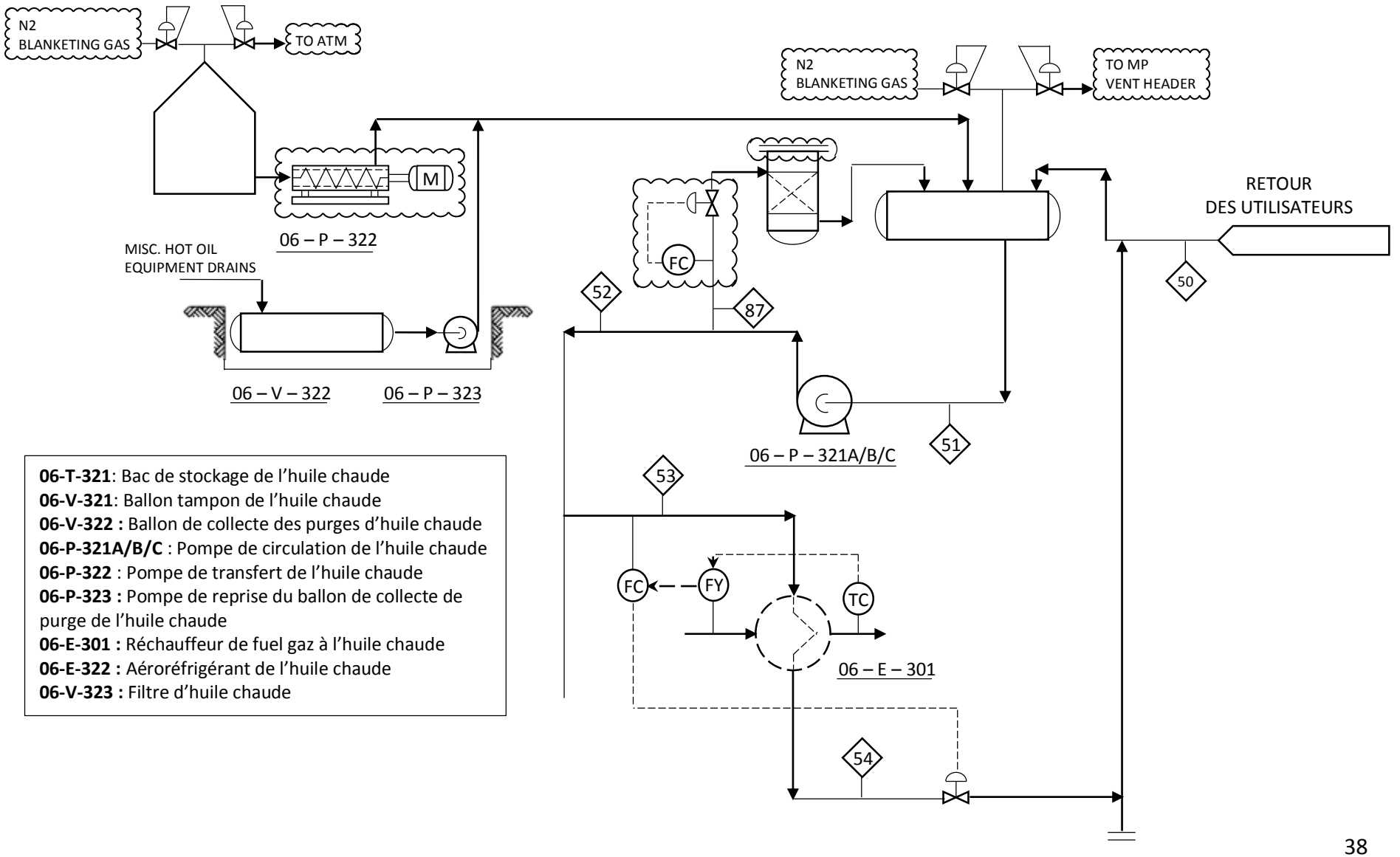
L'énergie thermique est distribuée aux niveaux des équipements suivant :

- Rebouilleur de la colonne de stabilisation 01-E-221A/B
- Rebouilleur de régénérateur de l'amine 01-E-115
- Echangeur huile/huile alimentation du rebouilleur E-115 01-E-111A/B/C
- Réchauffeur du gaz de régénération 01-E-121
- Rebouilleur du débutaniseur 01-E-231
- Rebouilleur du dééthaniseur 01-E-151

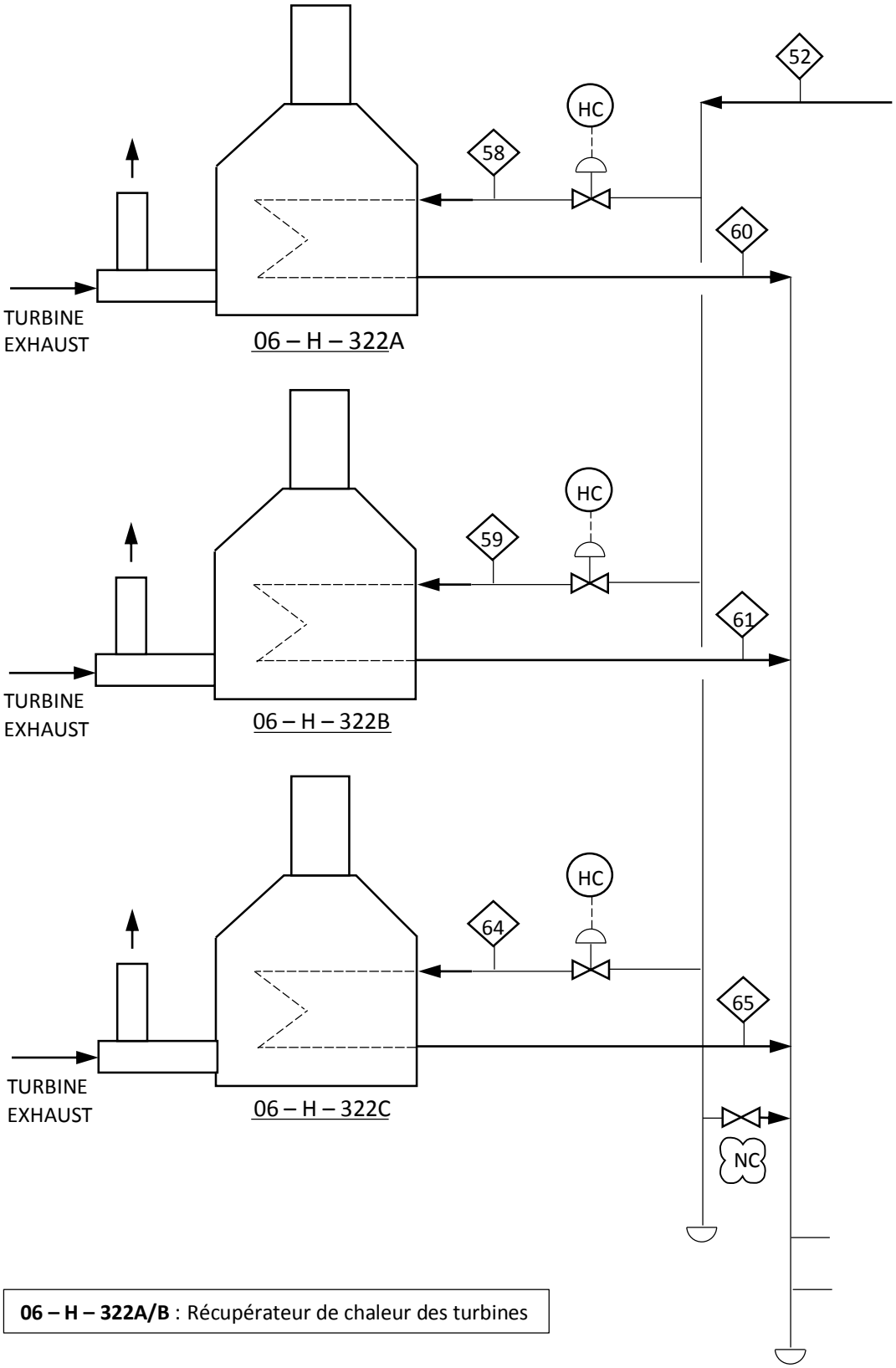
Les équipements suivant sont inclues dans le système d'huile chaude :

- Four de chauffe de l'huile chaude 06-H-321A/B
- Récupérateur de chaleur des turbines pour l'huile chaude 06-H-322A/B/C
- Bac de stockage de l'huile chaude 06-T-321

- Ballon tampon de l'huile chaude 06-V-321
- Ballon de collecte des purges d'huile chaude 06-V-322
- Pompe de circulation de l'huile chaude 06-P-321A/B/C
- Pompe de transfert de l'huile chaude 06-P-322
- Pompe de reprise du ballon de collecte de purge de l'huile chaude 06-P-323
- Réchauffeur de fuel gaz à l'huile chaude 06-E-301
- Aéroréfrigérant de l'huile chaude 06-E-322
- Filtre d'huile chaude 06-V-323

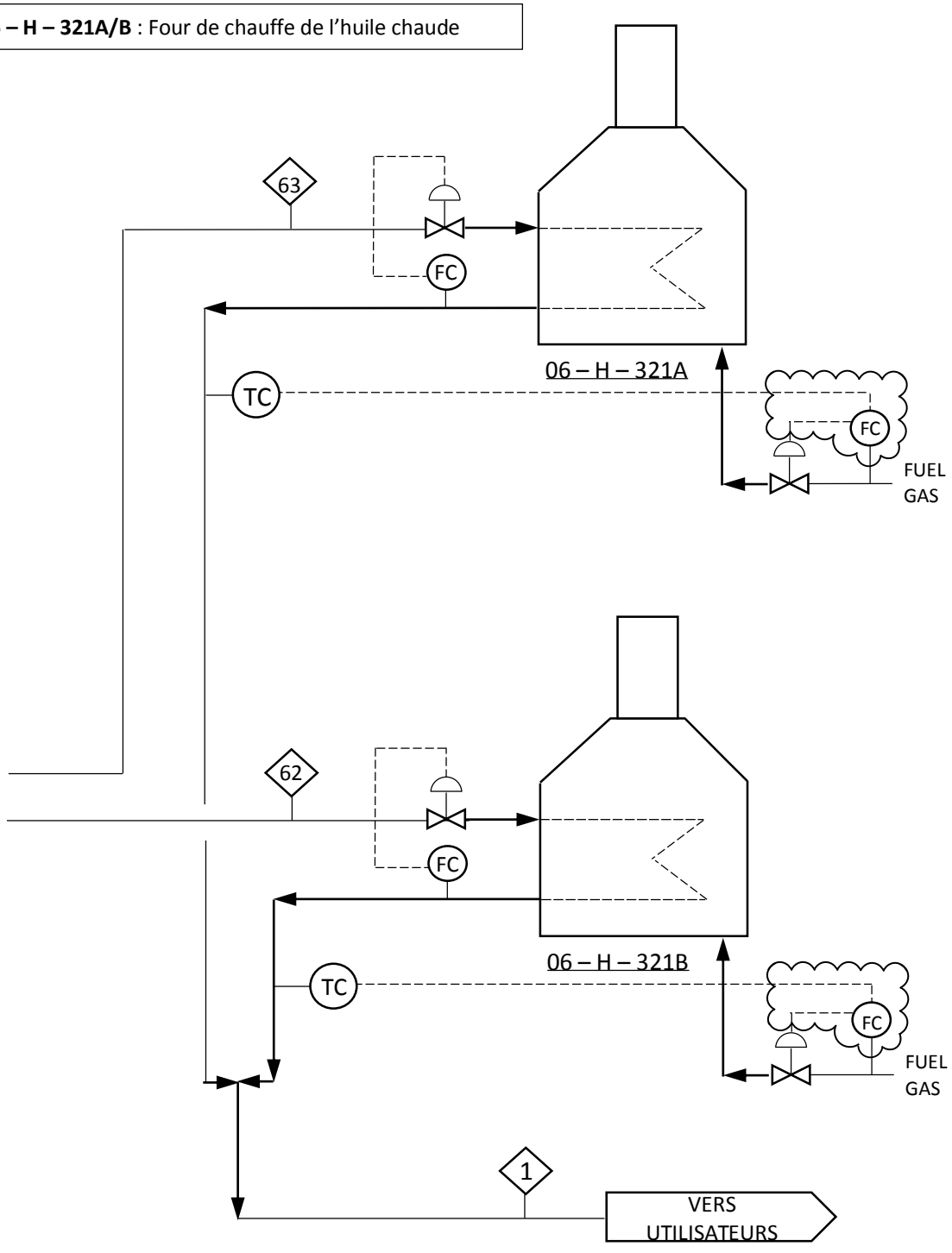


06-T-321: Bac de stockage de l'huile chaude
06-V-321: Ballon tampon de l'huile chaude
06-V-322 : Ballon de collecte des purges d'huile chaude
06-P-321A/B/C : Pompe de circulation de l'huile chaude
06-P-322 : Pompe de transfert de l'huile chaude
06-P-323 : Pompe de reprise du ballon de collecte de purge de l'huile chaude
06-E-301 : Réchauffeur de fuel gaz à l'huile chaude
06-E-322 : Aéroréfrigérant de l'huile chaude
06-V-323 : Filtre d'huile chaude

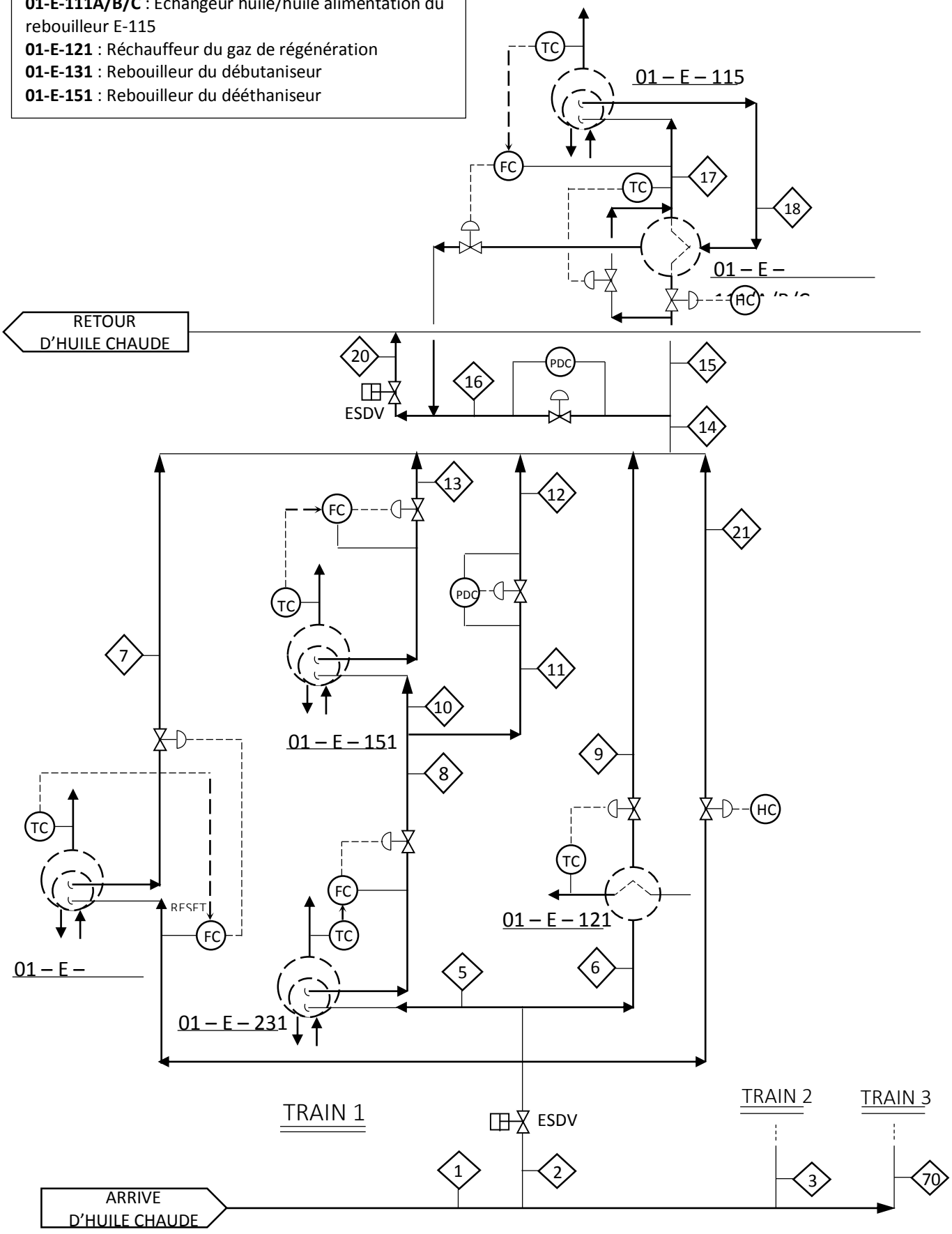


06 – H – 322A/B : Récupérateur de chaleur des turbines

06 – H – 321A/B : Four de chauffe de l'huile chaude



01-E-221A/B : Rebouilleur de la colonne de stabilisation
01-E-115 : Rebouilleur de régénérateur de l'amine
01-E-111A/B/C : Echangeur huile/huile alimentation du rebouilleur E-115
01-E-121 : Réchauffeur du gaz de régénération
01-E-131 : Rebouilleur du débutaniseur
01-E-151 : Rebouilleur du dééthaniseur



3.2.1 Ballon d'expansion de l'huile chaude 06-V-321

Ballon d'expansion de l'huile chaude 06-V-321 est un récipient horizontal sous pression qui fournit le débit d'aspiration pour les pompes de circulation de l'huile chaude et reçoit l'huile chaude arrivée (retour) par le système de circulation. Le ballon d'expansion d'huile chaude est conçu pour recevoir l'augmentation de volume du fluide thermique, l'huile est chauffée de la température ambiante à la température normale de fonctionnement. Le volume d'expansion thermique du système à huile chaude est d'environ 300 m^3.

En plus de recevoir l'huile chaude circulant, le vase d'expansion de l'huile chaude reçoit l'huile recyclée de la décharge des pompes de circulation, recueille tous les rejets des soupapes de décharge de la tuyauterie du système, et reçoit l'huile chaude envoyé depuis le bac de stockage d'huile chaude.

Un système de gaz de protection maintient une pression positive dans le ballon d'expansion de l'huile chaude pour exclure l'air du système. Le gaz d'azote d'inertage passe à l'espace de vapeur de la cuve par une vanne autorégulatrice de pression 06-CVP-3243 fixé à 0,2 bar. Et envoi hors de la cuve au niveau de la tête de décharge MP par la soupape autorégulatrice de pression 06-PCV-3242 fixé à 0,7 bar.

L'huile chaude coule sur le ballon d'expansion à la température normale de fonctionnement de 178°C à l'aspiration des pompes de circulation.

Caractéristiques :

- Type : Bac cylindrique horizontal sous pression
- Taille : 5350 mm DI x 15800 mm Longueur
- Conditions design : 6,9 Bar ; 316°C / -5°C
- Matériaux : acier au carbone
- Type d'isolation : Isolation thermique :
    - Classe H, 140mm de Laine minérale avec une finition en acier aluminisé

3.2.2 Pompes de circulation de l'huile chaude 06-P-321A/B/C

Les pompes de circulation d'huile chaude 06-P-321A/B/C sont des pompes centrifuges horizontales monocellulaires entraînées par des moteurs électriques. Il y a trois pompes de circulation d'huile chaude chacune est évalué pour 50% de la capacité de conception du système. En fonctionnement normal, deux pompes fonctionnent en parallèle et le troisième est en stand-by.

L'huile chaude de la coule tête d'aspiration à travers des vannes d'isolement d'aspiration double et de type T crépine à la buse d'aspiration de la pompe de circulation d'huile chaude. La pompe fonctionne normalement à une pression d'aspiration de 1,0 bar g et une pression de refoulement de 16,8 bar, nécessaire pour maintenir la circulation à travers le système. L'huile chaude circule à partir de la buse de refoulement de pompe à travers une vanne de

sectionnement, une vanne anti-retour et une seconde soupape de blocage au collecteur de refoulement de la pompe. Une ligne d'échauffement avec orifice de restriction 06-FO-3204A/B/C est prévu autour du clapet anti-retour de décharge sur chaque pompe pour permettre au liquide du collecteur de décharge de circuler à travers la pompe de rechange avant de commencer pour éviter un choc thermique.

L'huile chaude coule des pompes de circulation à travers la tête de décharge récupérateurs de chaleur d'échappements des turbines à gaz 06-H-322A/B/C.

Une connexion au système de recyclage est située sur le collecteur de décharge pour permettre à l'huile chaude d'être recyclé, l'huile chaude passe donc à partir de la sortie de la pompe jusqu'au retour au ballon d'expansion. Le courant de recyclage circule à travers un débitmètre vortex de type excrétion 06-FT-3260, régulateur de débit 06-FV-3260 et le filtre d'huile chaude 06-V-323. Une connexion de dérivation est également prise de décharge de la pompe pour alimenter la surchauffeur de gaz combustible 06-E-301.

Une connexion à un ensemble formant dispositif d'échantillonnage est située dans le collecteur de décharge commune pour permettre l'échantillonnage d'huile chaude destiné à d'analyse. La conduite d'évacuation à partir du système d'échantillonnage est dirigée vers l'aspiration de la pompe.

Caractéristiques :

- Type : Centrifuge Horizontale mono-étagée
- Capacité : 1205,8 m^3/h à 15,5 bar (différence de pression)
- Conditions design : 27,0 bar / 316°C, -5°C
- Puissance moteur : 860 kW

3.2.3 Filtre d'huile chaude 06-V-323

Le filtre d'huile chaude 06-V-323 est un filtre à panier conçu pour éliminer les particules solides supérieures à 150 µm. Environ 10% du débit total de l'huile chaude passe à travers le filtre d'huile chaude 06V-323 puis retourne au ballon d'expansion d'huile chaude.

Caractéristiques :

- Type : Filtre à panier
- Taille : 406mm DI x 1450mm Longueur
- Conditions design : 14,6 Bar ; 85°C / -5°C
- Matériaux : corps : en acier au carbone - filtre à panier : en acier inoxydable 316
- Chute de pression : Propre : 0,20 bar - sale : 0,83 bar

3.2.4 Récupérateurs de chaleur 06-H-322A/B/C

L'huile chaude est circulée depuis les pompes 06-P-321A/B/C vers le collecteur de distribution d'entrée des récupérateurs de chaleurs 06-H-322A/B/C.

Les récupérateurs de chaleurs 06-H-322A/B/C sont des unités de récupération de chaleur perdue installés au niveau de l'échappement des turbines à gaz des compresseurs de gaz résiduel 00-C-161A/B/C. L'huile chaude circule à environ 186°C depuis le collecteur d'entrée par plusieurs serpentins de chauffage et chauffé à environ 271°C par les gaz d'échappement circulant à travers l'enveloppe de l'unité de récupération de la chaleur perdue. Après avoir été chauffé, l'huile chaude circule dans les serpentins de chauffage dans un collecteur de sortie, et ensuite à travers un débitmètre de à orifice puis le collecteur commun.

L'huile chaude coule du collecteur de retour des récupérateurs de chaleur vers les fours de chauffe à gaz 06-H-321A/B à environ 13,5 bar.

Caractéristiques :

- Type : Unité de récupération de chaleur d'échappement
- Besoins : 117 x 10^6 Kj/h
- Conception design : Tubes : 27,0 bar, 368°C / -5°C
- Température maxi des tubes en métal : 340 °C
- Orientation des tubes : Horizontal
- Nombre de passe : 26

3.2.5 Fours de chauffe d'huile chaude 06-H-321A/B

L'huile chaude coule des collecteurs de distribution de retour des récupérateurs de chaleur vers les collecteurs de distribution d'entrée de chaque four de chauffe d'huile chaude.

Four de chauffe d'huile chaude à gaz 06-H-321A/B sont à combustion direct. L'huile chaude arrivé à environ 271°C depuis le collecteur de distribution d'entrée passe par plusieurs serpentins de chauffage et chauffé jusqu'à environ 288 °C par la combustion des gaz provenant des brûleurs à gaz combustible. L'huile circule coule des serpentins de chauffage vers un collecteur de sortie, puis à travers un débitmètre de type orifice au collecteur commun d'alimentation. Un agencement de banne de fermeture et de purge sont prévus dans l'entrée d'huile chaude et dans la ligne de sortie d'huile vers et depuis les appareils de chauffage pour permettre l'isolement d'entretien. Raccord de purge est prévu sur le collecteur d'entrée d'huile chaude en aval de l'isolement d'entrée et une borne de drainage est disposée sur la canalisation de sortie.

Caractéristiques :

- Type : Fours de chauffe à gaz naturel
- Besoins : 152 x 10^6 Kj / h
- Conditions design coté tube : 27,0 bar, 343°C
- Chute de pression : 2,0 bar

3.2.6 Aéroréfrigérant de l'huile chaude 06-E-322

Aéroréfrigérant de l'huile chaude 06-E-322 est un échangeur de refroidissement par air, constitué d'une baie de ventilateur unique avec deux ventilateurs. L'huile chaude circule à travers la vanne de régulation de température 06-TV3240 et est refroidi à environ 55 °C avant son mélange avec l'huile chaude de retour du système vers ballon d'expansion 06-V-321. Aéroréfrigérant de l'huile chaude est conçu pour refroidir l'huile chaude pendant le démarrage initial, quand il n'y a pas de demande de chauffage du process.

Caractéristiques :

- Type : Echangeur de refroidissement à air forcé
- Besoins : 11,7 x 10^6 Kj / h
- Conditions design : 27,0 Bar ; 343 °C / -5 °C
- Matériau du tube : acier au carbone
- Nombre de Baies : 1 baies ; 2 ventilateurs / baie
- Puissance du ventilateur : 3,2 kW chacun

3.2.7 La distribution de l'huile chaude

Le système de distribution d'huile chaude fournit l'huile chaude à partir du collecteur d'alimentation principale de chaque train de process et reçoit l'huile chaude retourné des trains pour conduire au ballon d'expansion. Un by-pass est installé sur le collecteur d'alimentation qui permet à l'huile chaude de contourner le système de distribution à travers une vanne de commande de pression différentielle 06-PDV-3292 et passe directement au collecteur de retour d'huile chaude. Ce contrôleur de pression différentielle assure une vitesse de circulation minimale est maintenue en tout temps et fournit ainsi une protection de débit minimum pour les pompes de circulation de l'huile chaude. Deux vannes d'isolement et des vannes de dérivation sont prévus sur l'amont et vers le bas de 06-PDV-3292 pour faciliter le maintien de la soupape de commande en cas de défaillance.

L'huile chaude passe du collecteur d'alimentation vers chaque train de traitement par une vanne manuelle de sectionnement et d'une vanne d'arrêt d'urgence en série. De même, l'huile chaude coule à partir du retour de la distribution du train au collecteur de retour principale à travers une vanne d'arrêt d'urgence et la vanne manuelle de sectionnement. Les vannes d'arrêt d'urgence peuvent être utilisées pour isoler les trains en cas d'urgence comme suit :

	Train 1	Train 2	Train 3
Entrer du train	06-ESDV-3282	06-ESDV-3283	06-ESDV-3285
Sortie du train	06-ESDV-3280	06-ESDV-3281	06-ESDV-3284

Une vanne 1" et une vanne sphérique 1" sont installés dans un by-pass autour de la vanne d'arrêt d'urgence d'entrée de sorte que le train peut être rempli lentement en huile chaude après l'entretien et avant d'ouvrir l'ESDV principal.

Dans chaque train de traitement, l'huile chaude est fournie par trois lignes parallèles aux équipements suivants :

- Rebouilleur de la colonne de stabilisation
- Rebouilleur du débutaniseur
- Réchauffeur du gaz de régénération

Chaque appareil dispose d'une vanne de contrôle de débit dans la ligne de sortie d'huile chaude pour veiller à ce que le besoin process est satisfait. Une ligne de dérivation avec vanne de régulation de pression différentielle 06-PDV-3284/3290/3298 pour les trains 1, 2 et 3 respectivement, est installée autour du rebouilleur du dééthaniseur pour veiller à ce que l'écoulement adéquat est maintenu à travers le rebouilleur du dééthaniseur.

Une partie de l'écoulement commun passe à l'échangeur huile/huile et au rebouilleur de régénération de l'amine selon la position de la vanne de contrôle tandis que le reste passe à travers la vanne de régulation avec la pression différentielle 06-PDV-3281, 06-PDV-3287, et 06 -PDV3294 respectivement pour chaque train. Le courant combiné circule à travers de la vanne d'arrêt d'urgence du train et le collecteur principal de retour d'huile.

L'huile chaude retourne de surchauffeur de gaz combustible vers le collecteur de retour principale, ainsi que le courant de l'huile chaude passé par Aéroréfrigéran, et l'écoulement de la dérivation du 06-PDV-3292. Le courant se mélange et coule vers le ballon d'expansion de l'huile chaude.

3.2.8 Bac de stockage d'huile chaude 06-T-321

Le bac de stockage d'huile chaude 06-T-321 est un réservoir de stockage atmosphérique conçu pour fournir un volume suffisant pour accueillir l'inventaire nécessaire pour le remplissage initial du système. Un système de gaz d'inertie avec de l'azote maintient l'espace de vapeur du réservoir sans air. L'azote circule à l'espace de vapeur du réservoir par la pression de la vanne autorégulatrice de pression 06-CVP-3234 fixé à 1,5 mbar. Et est évacué à l'atmosphère grâce à la vanne autorégulatrice de pression 06-PCV-3230 fixé à 3,5 mbar.

Caractéristiques :

- Type : Bac de stockage atmosphérique
- Taille : 10000mm DI x 12000mm H
- Conditions design : ± 5 mbar ; 85°C / -5°C
- Matériaux : en acier au carbone.
- Isolation : Aucun

3.2.9 Pompe de transfert 06-P-322

La pompe de transfert d'huile chaude 06-P-322 est une pompe à vis entraîné par un moteur horizontale, et en cas de besoin elle est utilisé pour transférer l'huile chaude au ballon d'expansion d'huile chaude 06-V-321. La pompe de transfert d'huile chaude peut également être utilisée pour décharger un camion-citerne d'approvisionnement ou de barils individuels par système de vannes manuelles.

Caractéristiques :

- Type : Pompe à vis horizontale
- Capacité : 35 m^3/h ; 3,1 bar (différence de pression)
- Tête : 36,8 m
- Conditions design : 5,0 bar / 85°C, -5°C
- Power du moteur : 15Kw

3.2.10 Ballon de collecte des purges d'huile chaude 06-V-322

Ballon de collecte des purges d'huile chaude est un récipient horizontal situé sous le niveau dans une fosse en béton. La fonction du ballon de collecte des purges d'huile chaude est de recevoir les purges d'huile chaude des rebouilleurs et appareils de chauffage dans le processus des trains ainsi que le drainage de l'équipement du système d'huile chaude et de la tuyauterie. La capacité disponible dans le réservoir de vidange d'huile chaude est de 60 m^3, ce qui est suffisant pour accueillir le volume à chaud d'un seul four de chauffe et sa tuyauterie associée. L'espace de vapeur du ballon de collecte des purges est relié directement à l'en-tête de décharge MP de sorte que les vapeurs s'évacuent librement et la pression est égalisée avec le système de torche HP.

L'huile chaude est purgé à partir des équipements des trains de traitement sont collectés dans des trains souterrains. Chaque sous-en-tête a des obturateurs à lunette et des vannes d'isolement au niveau du collecteur principal d'huile chaude drainé pour permettre l'isolement de train en cas d'un arrêt d'entretien d'un train particulier. En fonctionnement normal, les obturateurs à lunette sont maintenus dans la position ouverte et les vannes d'isolement du sous-en-tête sont en position ouverte.

L'huile chaude recueillie dans le ballon de collecte des purges d'huile chaude peut être renvoyé au système d'huile chaude en utilisant Pompe de reprise du ballon de collecte de purge de l'huile chaude.

Caractéristiques :

- Type : Récipient cylindrique horizontal sous pression
- Taille : 3100 mm DI x 9600 mm Longueur
- Conditions design : 6,9 Bar ; 200 °C / -45 °C,
- Matériaux : Acier au carbone
- Type d'isolation : Protection du personnel :
    - Classe PP, 40mm de Laine minérale avec une finition en acier aluminisé

3.2.11 Pompe du ballon de collecte de purge de l'huile chaude 06-P-323

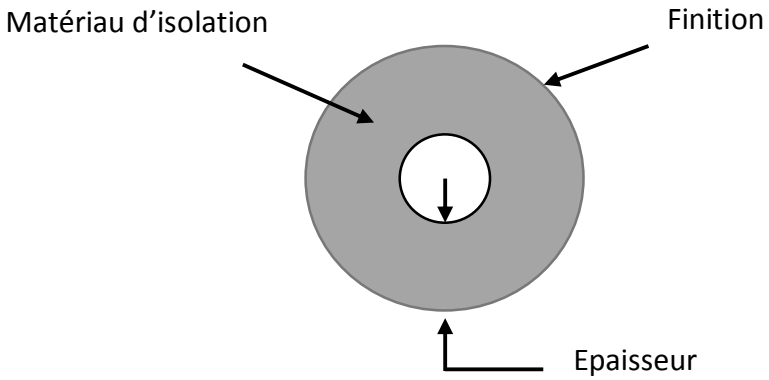
Pompe de reprise du ballon de collecte de purge de l'huile chaude est une pompe centrifuge horizontale mono-étagée entraîné par un moteur et se trouve dans le fond de la fosse du ballon de collecte des purges d'huile chaude. La pompe transfert huile chaude de l'huile chaude depuis le ballon de collecte des purges d'huile chaude vers le ballon d'expansion 06-V-321 d'huile chaude. Une connexion est également installée à partir de la ligne de refoulement de la pompe pour permettre le refoulement vers camion ou un équpement de stockage temporaire.

Caractéristiques :

- Type : Pompe centrifuge horizontale monocellulaire
- Capacité : 31,5 m^3/h ; 2,0 bar (différence de pression)
- Tête : 26,7 m
- Conditions design : 10,5 bar / 316°C, -5°C
- Puissance du moteur : 15,0 kw

3.2.12 L'isolation thermique

L'ensemble de la tuyauterie ainsi que la majorité des équipements sont isolés thermiquement par un calorifuge :



On distingue deux types de calorifuge :

- Classe H :
  - Epaisseur : 140mm de Laine minérale avec une finition en acier aluminisé
- Classe PP :
  - Epaisseur : 40mm de Laine minérale avec une finition en acier aluminisé

Les équipements non concernés par l'isolation thermique sont les vannes, et les corps des pompes.

CHAPITRE 4

Théorie de calcul

4.1 Introduction

Lors du fonctionnement d'un système thermique à l'huile chaude, les composants de ce dernier subissent des dégradations, que ça soit aux niveaux des équipements, de la tuyauterie, ou du fluide thermique.

Cette dégradation peut varier considérablement selon 3 point essentiel :

- ✓ La conception
- ✓ Les conditions de fonctionnement
- ✓ L'entretien ou la maintenance

De nombreux problèmes de fonctionnement avec des systèmes à fluide thermique surgissent à cause d'une mauvaise conception du système ce qui causent des dégradations du fluide thermique. En particulier, la surchauffe de ce dernier peut causer une dégradation rapide. Quand un fluide de transfert de chaleur se dégrade, il y a une formation d'éléments "légers" et "lourds". Les légers sont des molécules à chaînes courtes formées par craquage thermique et peut également comprendre de l'hydrogène gazeux. Ceux-ci ont pour effet de la réduction du point d'éclair de l'huile thermique, ce qui peut conduire à l'ébullition du liquide sous forme de vapeur inflammable.

Les éléments lourds sont des molécules à longue chaîne, provoquées par la liaison des chaînes longues craquées thermiquement et deviennent des matériaux goudronneux épais ce qui augmente la viscosité de l'huile chaude. Lorsque la viscosité augmente, le transfert de chaleur devient moins efficace provoquant une surchauffe de l'huile et donc une dégradation supplémentaire plus rapide. Les matériaux goudronneux ont tendance à coller sur les côtés des surfaces de transfert de chaleur et, éventuellement, à se carboniser en un revêtement épais noir qui offre une résistance importante au transfert de chaleur. Finalement, le revêtement goudronneux durcira en un revêtement solide qui se traduira par de faibles taux de transfert de chaleur avec des températures de film élevées et une dégradation de l'huile accélérée.

La dégradation de l'huile est l'une des principales causes des problèmes de sécurité sur tous les systèmes d'huile chaude car il provoque les problèmes suivants :

- Réduction du transfert de chaleur provoquée par le dépôt de coke sur les tubes du four et par conséquent une surchauffe des tubes du four.
- Génération de vapeur inflammable avec un potentiel de feu extérieur causé par l'allumage de la vapeur ventilé.
- Des dommages au niveau des pompes causées par les particules solides qui entrent dans les joints, roulements et les garnitures mécaniques.
- Colmatage des filtres etc. réduisant l'écoulement et qui portent atteinte à l'efficacité du transfert de chaleur.

La dégradation du fluide thermique est bien sûr prise en compte lors de la conception du système et ces composants, cela dit une étude des performances réelles de fonctionnement du circuit nous permettra de s'assurer du bon fonctionnement et de l'intégrité globale dans le cas normal, ou bien de détecter les anomalies présentent dans le système ainsi que les futurs problèmes en cas ou les conditions de fonctionnement sont préservées.

Pour cela l'étude des performances est effectuée avec des calculs basés sur des données réelles, afin d'avoir les résultats les plus proche possible du cas concret.

4.2 Notions

4.2.1 Flux de chaleur

Le flux thermique ou flux de chaleur, souvent noté Φ, entre deux milieux de températures $\mathbf{T_i}$ différentes correspond au transfert thermique **Q** qui s'écoule par unité de temps entre les deux milieux :

$$\Phi = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{\Delta T}}$$

Ce transfert d'énergie interne est réalisé du corps le plus chaud vers le corps le plus froid, ce qui produit à terme une égalisation des températures des deux corps en contact. Le flux thermique s'exprime en joule par seconde (J/s) ou — c'est équivalent — en watt (W). L'évolution du flux thermique est gouvernée par les principes de la thermodynamique et l'équation de la chaleur.

4.2.2 Chaleur spécifique

La chaleur spécifique, aussi appelée capacité thermique massique ou chaleur massique, correspond à l'apport de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade, la température de l'unité de masse d'une substance ou d'un système. La chaleur spécifique dépend de la structure moléculaire et de l'état de la substance considérée. La découverte de la notion de chaleur spécifique a entraîné le développement de la thermodynamique, qui consiste à étudier le comportement thermique des corps, les transformations d'énergie au sein d'un système en fonction de la chaleur et du travail. La chaleur spécifique et la thermodynamique sont largement utilisées en chimie, en énergie nucléaire et en aérodynamique. Elles ont également de nombreuses applications dans la vie courante, parmi lesquelles on peut citer le radiateur et le système de réfrigération du moteur d'une voiture.

La masse d'un échantillon est représentée par la lettre « **m** ».

La quantité de chaleur est représentée par la lettre « **Q** ». Exprimée en joules (J) ou en kilojoules (KJ)

La lettre « **T** » représente la température d'une substance.

La chaleur spécifique est représentée par le symbole « **Cp** ».

L'équation de la chaleur spécifique : l'équation qui vous permet de calculer la chaleur spécifique d'une substance. Cette formule est donnée par l'expression suivante :

$$\mathbf{Cp = Q / m.\Delta T}$$

Cette formule peut également servir à calculer la variation de la quantité de chaleur. Voici l'expression qui vous permet de faire ce calcul :

$$\mathbf{\Delta Q = m.Cp.\Delta T}$$

Du coup le flux thermique Φ devient :

$$\Phi = \frac{m * Cp * \Delta T}{\Delta t}$$

Ou bien on utilisant le débit **Q** la formule devient :

$$\dot{m} = \frac{m}{\Delta t} \quad => \quad \Phi = \dot{m} * Cp * \Delta T$$

4.2.3 Chaleur massique variable

Dans le cas réel la chaleur spécifique varie en fonction de la température, ce qui peut être négligeable dans le cas où la température ne varie pas beaucoup, dans le cas contraire on doit prendre en considération cette variation de Cp, cette variation peut être linéaire ou non-linéaire.

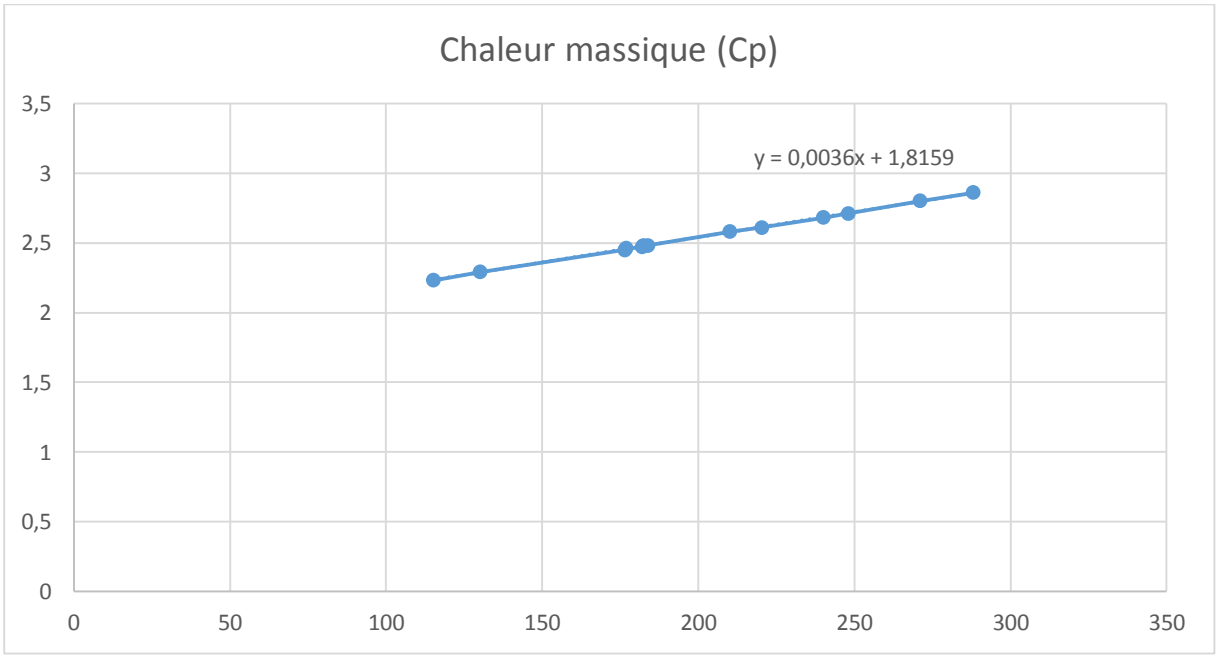


Figure 15 : L'interpolation de la chaleur spécifique de l'huile chaude avec la température

A partir de ce graphe on constate que la variation de la chaleur spécifique en fonction de la température est une variation linéaire :

$$Cp(T) = 0{,}0036T + 1{,}8159$$

Ceci nous permet d'utiliser la moyenne pour calculer le flux de chaleur échangé le long d'un tronçon entre deux températures (Initiales et finales) différente.

Dans le cas d'un fluide traversant un tronçon du point 1 au point 2 avec un débit **Q** et allons d'une température initiale T_1 jusqu'à une température T_2, avec une chaleur spécifique Cp_1 et Cp_2 respectivement aux points 1 et 2, le flux thermique échangé est calculer avec la formule suivante :

$$\Phi = (T_2 - T_1) * \frac{(Cp_1 + Cp_2)}{2} * \dot{m}$$

Ou bien :

$$\Phi = (T_2 - T_1) * Cp(\frac{T_1 + T_2}{2}) * \dot{m}$$

Alors l'expression du flux thermique échangé par l'huile chaude devient :

$$\Phi = (T_2 - T_1) * (0{,}0036\left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right) + 1{,}8159) * \dot{m}$$

4.2.4 Cas chaleur massique non-linéaire

Dans le cas où la capacité massique d'un fluide varie en fonction de la température de façon non-linéaire (exponentielle, polynomiale, … etc.), le calcul du flux thermique ce fait par intégrale comme suit :

Pour un Cp(T) = f(T)

Le flux thermique pour une variation dT de température égale à :

$$d\Phi = \dot{m} * Cp(T) * dT$$

Pour une variation de température de T_1 à T_2, le flux thermique devient :

$$\Phi = \dot{m} * \int_{T1}^{T2} Cp(T).\, dT$$

4.2.5 Les UFD's

Utility Flow Diagram en Anglais, Diagramme d'utilité du flux est un diagramme qui représente sous une forme schématique la circulation des fluides dans :

- Les tuyauteries
- Les équipements principaux
- L'instrumentation associée de contrôle

Dans les circuits d'huile thermique, un UFD correct est absolument transcendant pour garantir la sécurité, l'efficacité et la fiabilité de tout le processus de chauffage. C'est le point de départ à partir duquel tous les équipements seront dimensionné au niveau thermodynamique et hydraulique.

Une bonne consultation et conception des UFD's des circuits d'huile thermique sont nécessaires pour calculer complètement les variables hydrauliques et thermodynamiques et pour garantir que le fluide thermique chauffe efficacement et avec assurance.

Cela passe pour calculer les pertes de charge de tous les équipements impliquées dans le circuit, ses débits concrets, ΔT ou la différence de température des équipements générateurs ou consommateurs, etc. De cette forme et à partir de ces calculs, on pourra évaluer les performances du circuit, sélectionner les pompes principales et /ou secondaires adéquates, les diamètres de tuyauterie, des vannes, les groupes de recirculation et le reste d'éléments.

Dans notre cas il s'agit d'un circuit d'huile chaude destiné à l'apport et à la distribution de l'énergie thermique à divers équipements afin de réaliser le process (le traitement du gaz), le schéma est composé de deux diagrammes :

- Diagramme du circuit de gains de chaleur (Figure1) : Dans cette figure on trouve le circuit par lequel l'huile passe afin qu'elle soit chauffé.

- Diagramme du circuit de distribution de chaleur (Figure2) : Dans cette figure on trouve le circuit par lequel l'huile circule afin de distribuer de l'énergie thermique à un ensemble d'équipements.

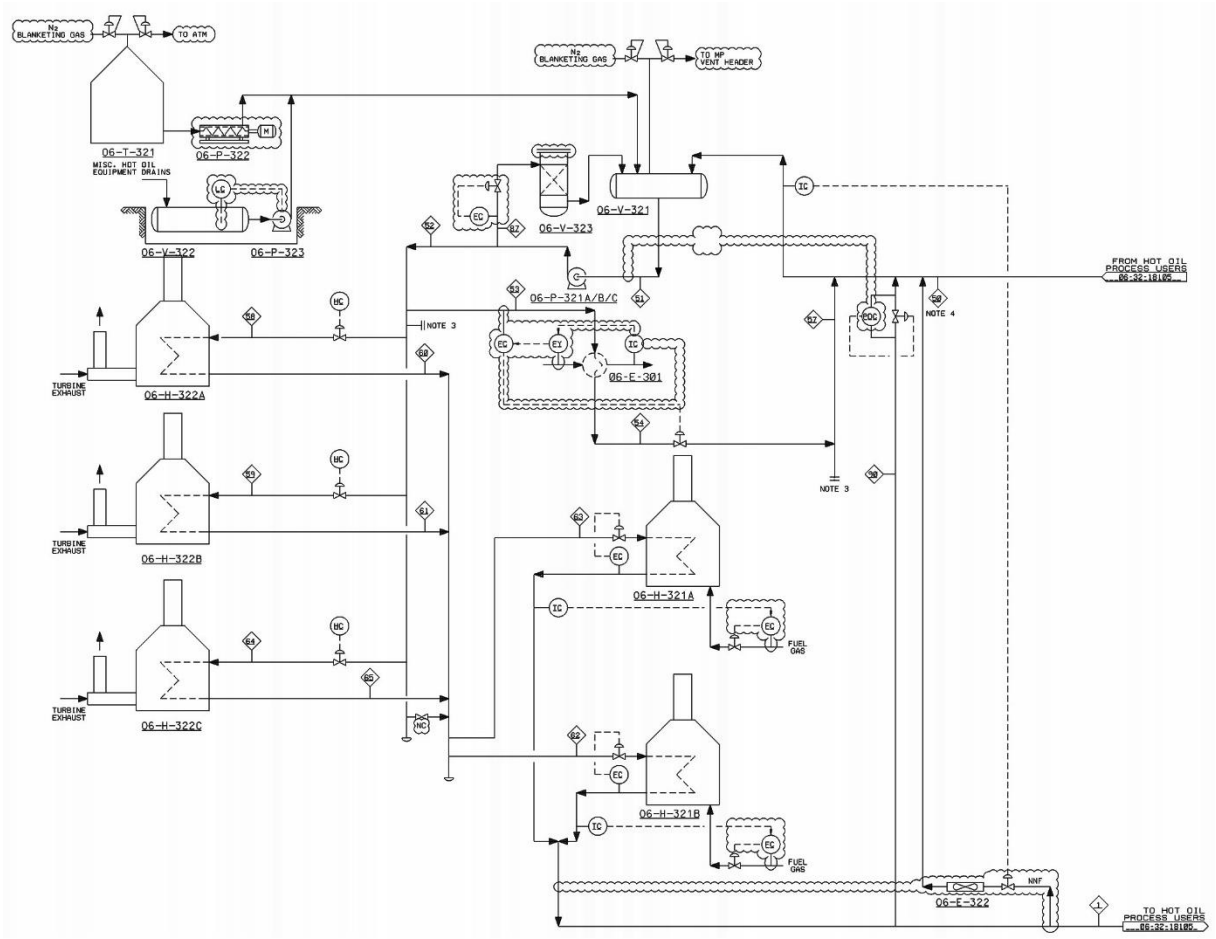


Figure 16 : Schéma d'utilité du système d'huile chaude - Gains de chaleur

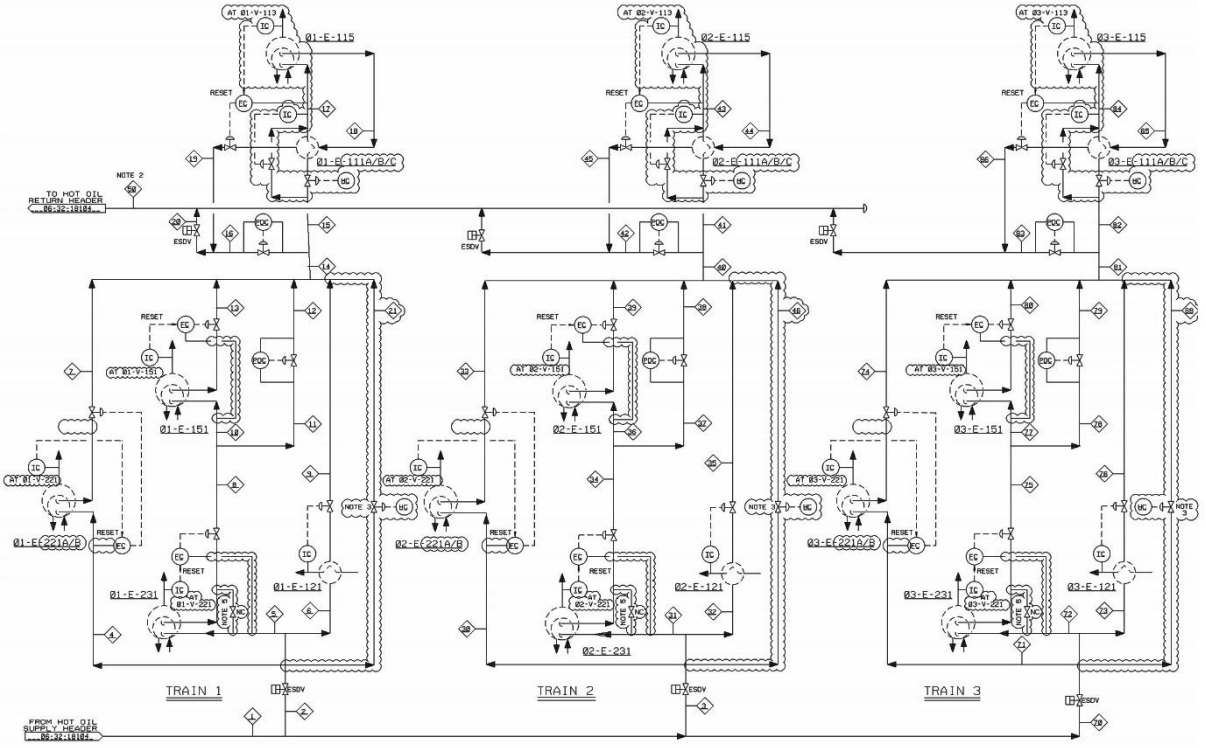


Figure 17 : Schéma d'utilité du système d'huile chaude - Distribution de chaleur

4.2.6 Les TAR

Le TAR (l'abréviation de *Turnarounds* en anglais), est une fermeture (total ou partiel) périodique planifiée, d'une unité de traitement ou de l'usine pour effectuer la maintenance, la révision et les opérations de réparation et d'inspecter, tester et remplacer les matériaux de traitement et des équipements.

Ce programme permet d'identifier le potentiel d'optimisation et d'aider à la conception et l'implantation d'améliorations.

- Les TAR permettent la maintenance et l'entretien nécessaires des unités d'exploitation, et sont nécessaires pour maintenir des opérations sécuritaires et efficaces.
- Les TAR sont prévus à l'avance et ne se concentrent pas nécessairement sur les mêmes unités d'exploitation.
- En fonction de l'unité de traitement et la quantité d'entretien nécessaire, la longueur du demi-tour peut varier de 1 semaine à 4 semaines ou plus.

4.3 Méthodologie de l'étude

L'étude des performances consiste à faire une évaluation des échanges thermiques au niveau des différents équipements concerné le long du circuit.

Les calculs sont basés sur des données réelles, mais pour pourvoir interpréter les résultats, un calcul théorique est nécessaire afin de servir de référence à l'étude, les données théoriques du système sont données par le concepteur et constructeur du circuit et ses équipements.

On obtient le flux thermique réel échangé avec l'huile chaude au niveau de l'équipement en appliquant la formule suivante entre l'entrée et la sortie de chaque équipement :

$$\mathbf{\Phi} = (\mathbf{Ts} - \mathbf{Te}).\mathbf{Cp}.\dot{m} \ \text{[Kj/s]}$$

Les équipements concernés par les calculs sont :

Les équipements générateurs de chaleur :

- 2 X Four de chauffe de l'huile chaude 06-H-321A/B
- 3 X Récupérateur de chaleur des turbines pour l'huile chaude 06-H-322A/B/C

Les équipements consommateurs de chaleur au niveau de chaque train :

- Réchauffeur de fuel gaz à l'huile chaude 06-E-301
- Au niveau de chaque train :
- Rebouilleur de la colonne de stabilisation 01-E-221A/B
- Rebouilleur de régénérateur de l'amine 01-E-115
- Réchauffeur du gaz de régénération 01-E-121
- Rebouilleur du débutaniseur 01-E-131
- Rebouilleur du dééthaniseur 01-E-151

Remarque : l'échangeur huile/huile E-111A/B/C d'alimentation du rebouilleur E-115 est ignoré dans le calcul car c'est un échangeur huile chaude / huile chaude, et son rôle est de contrôler la température d'entrée d'huile au rebouilleur de régénérateur de l'amine E-115, ce qui veut dire qu'il n'est ni un consommateur ni un générateur de chaleur, donc on supposera que son influence sur les performances globale du système sont négligeables.

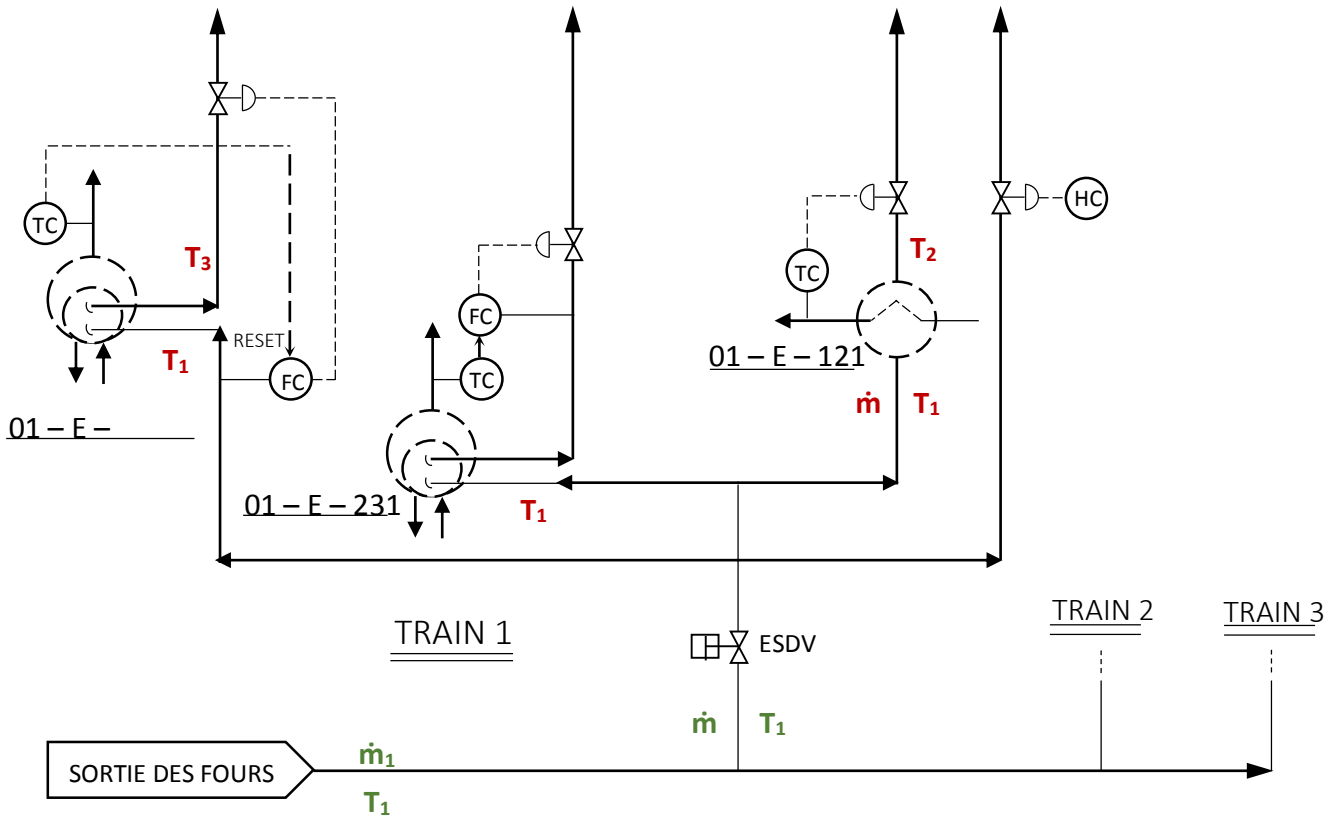
4.3.1 Données et instruments de mesure

Les données théoriques disponibles sont :

Les températures d'entrée et de sortie, les pressions, et les débits de chaque équipement installé sur le circuit d'huile chaude, ces données sont tirées des UFD (Utility Flow Diagram) du circuit, Les UFD correspondent aux plans de dimensionnement du circuit, l'huile est sensée avoir les performances tirées des plans UFD.

Les données réelles sont obtenu à partir des instruments de mesure, seulement ces derniers ne sont pas disponible au niveau de chaque équipement, pour des raisons économique.

4.3.2 Données manquantes et solutions



- **T_1 :** Température d'entrée des équipements E-221, E-231 et E-121
  - Solution adopté : (Calcul)
    - Température de sortie des fours

  L'huile chaude sortant des fours 06-H-321A/B à une température de 290°C avec un débit moyen de 320 Kg/s, passe vers les trains avec un écoulement à grande vitesse pour une petite distance dans des conduite isolé thermiquement avec de la fibre de verre, ce qui nous permet d'estimer la température d'entrée huile des trois équipements : E-221, E-231 et E-121 à celle de la sortie des fours **T_1**.
- **T_3 :** Température de sortie d'huile de l'E-221
  - Solution adopté : (Estimation)
    - D'après une observation quotidienne : Estimé à 250 °C

  L'historique de la température de sortie d'huile de l'équipement E-221 n'est pas disponible, mais après des relevés quotidiens sa valeur est estimée à 250°C.

- **T_2 :** Débit et Température de sortie d'huile de l'E-121 :
  - Solution adopté : Flux calculé du coté process (Gaz)

  L'historique des débits ainsi que les températures de sortie d'huile des échangeurs E-121 ne sont pas disponible, alors le flux thermique échanger au niveau de cette équipement est calculer du coté process (gaz), par la formule suivante :

$$\Phi_{gaz} = \dot{m}_{gaz.}\, Cp_{gaz.}\, (Ts_{gaz} - Te_{gaz})$$

Où

Paramètre	Obtention
Qv_{gaz} *[m^3/s]*	FT1255
ρ_{gaz} *[Kg/m^3]*	-0,1526.T + 114,07
$\dot{m}_{gaz}$ *[Kg/s]*	$Qv_{gaz.}\, \rho_{gaz}$
Te_{gaz} *[K]*	TT1224
Ts_{gaz} [K]	TT1258
$Cp_{gaz}(T)$ [Kj/Kg.K]	0,0012T + 2,29

- **T_4 :** Températures d'entrée d'huile des fours 06-H-321A/B
  - Solution adopté : (Calcul)
    - Moyenne des températures de sortie des 06-H-322 A, B et C

  La température d'entrée des fours est calculée et estimé à celle du mélange provenant des récupérateurs de chaleur des gaz d'échappement des turbines à gaz, avec la formule suivante :

$$T_4 = T_{mélange} = \frac{(\dot{m}1*cp1*T1+\dot{m}2*cp2*T2+\dot{m}3*cp3*T3)}{(\dot{m}1*cp1+\dot{m}2*cp2+\dot{m}3*cp3)}$$

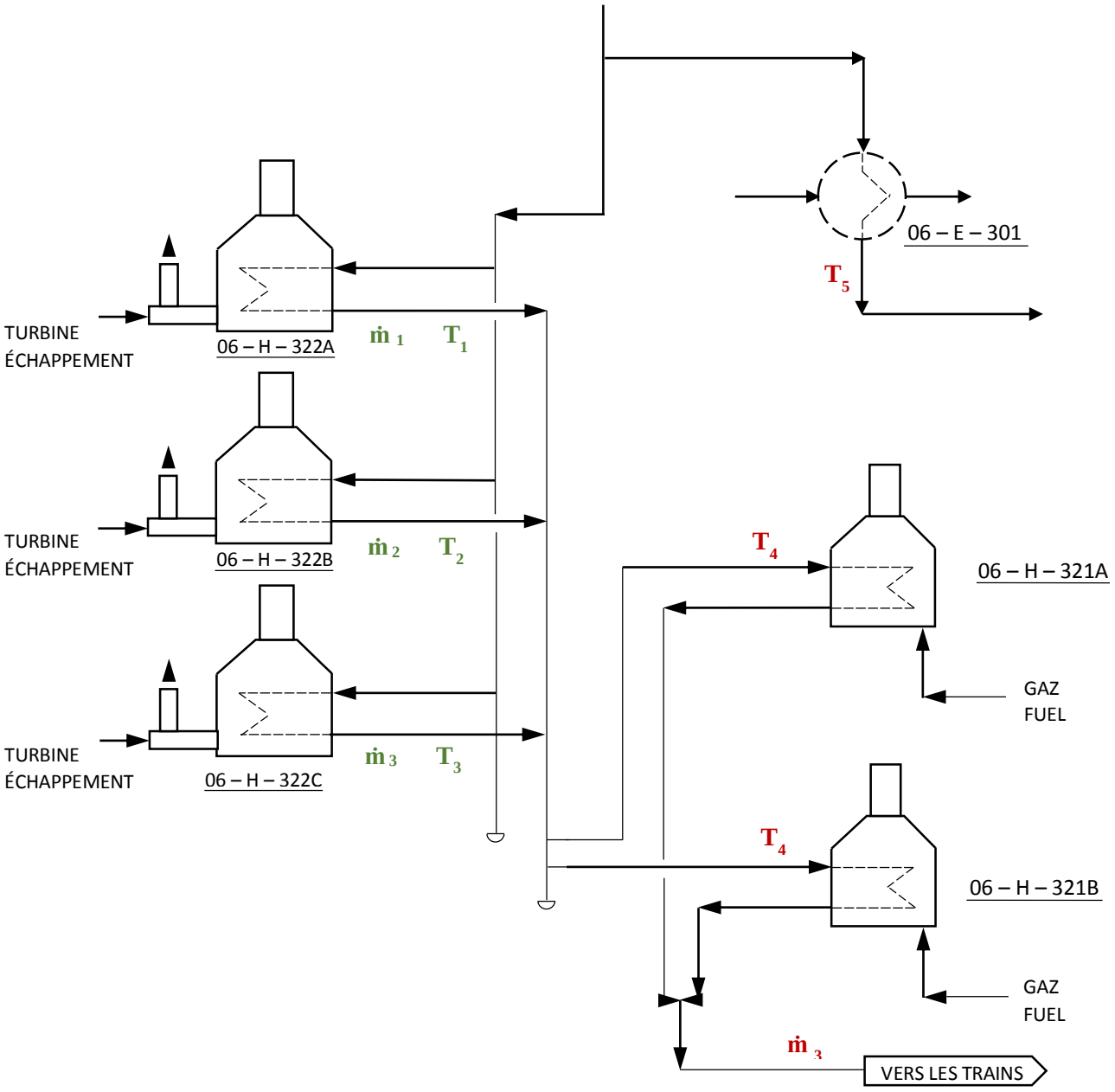
Avec :

$\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$ et $\dot{m}_3$: Débits

Cp_1, Cp_2 et Cp_3 : Chaleur spécifique

T_1, T_2 et T_3 : Températures de sortie

D'huile provenant des récupérateurs A, B et C respectivement



- **T_5 :** Température de sortie d'huile du 06-H-301
  - Solution adopté : Flux calculé du coté process (Gaz Fuel)

  L'historique des températures de sortie d'huile des échangeurs 06-E-301 n'est pas disponible, alors le flux thermique échanger au niveau de cette équipement est calculer du coté process (gaz fuel), par la formule suivante :

$$\Phi_{gaz} = \dot{m}_{gaz.} Cp_{gaz.} (Ts_{gaz} - Te_{gaz})$$

Où

Paramètre	Obtention
Qv_{gaz} $[m^3/s]$	06FT3004
ρ_{gaz} $[Kg/m^3]$	-0,0287.T + 26,446
$\dot{m}_{gaz}$ $[Kg/s]$	$Qv_{gaz.} \rho_{gaz}$
Te_{gaz} $[K]$	06TT3009
Ts_{gaz} [K]	06TT3008
$Cp_{gaz}(T)$ [Kj/Kg.K]	0,0009.T + 1,9321

4.3.3 Données Incohérentes et filtrage

La quantité de données est importante, et parfois non cohérente pour diverse raisons (défaillance instrument de mesure, problème majeur au niveau d'un équipement, ou bien son arrêt pour des raisons de sécurité ou de maintenance…etc.), du coup ces cas isolé ne sont pas bénéfique à l'évaluation des performances opérationnel, néanmoins ils peuvent servir dans la gestion de maintenance de l'équipement en question.

Type d'incohérence :

1 – Incohérence de données : lorsque un instrument de mesure renvoi de fausse données contradictoire avec les autre données. (Figure 01)

2 – Incohérence de fonctionnement : lorsqu'un équipement est à mise à l'arrêt ou bien fonctionne avec des conditions non stables, loin les conditions habituelles, de façon provisoire, et durant une période définie, pour des raisons justifiées. (Figure 01)

Pour une évaluation nette des échanges thermique, les données non cohérentes ne sont pas prises en compte, car le contraire déformera le résultat réel de l'étude

Procédure de filtrage de données :

Pour le cas d'incohérence des données, on détecte les valeurs trop éloigné de la normal toute en restant constante, avec une stabilité au niveau des autre paramètres et un fonctionnement normal de l'équipement, cela signifie qu'il y a un problème au niveau de l'instrument de mesure.

Pour le cas d'incohérence de fonctionnement, la plupart des paramètres de l'équipement change considérablement, cela est dû à une défaillance au niveau de l'équipement, ou bien une isolation process, pour des raisons de maintenance, sécurité ou autre.

Les données incohérentes détectées sont supprimées et remplacées par une moyenne à partir des valeurs précédentes et suivantes.

Exemple d'incohérence :

Voici un graphe des paramètres de température (entrée *Te* et sortie *Ts*) et débit (*Q*) de l'équipement 06-H-322A aux cours des années précédentes (Figure 18)

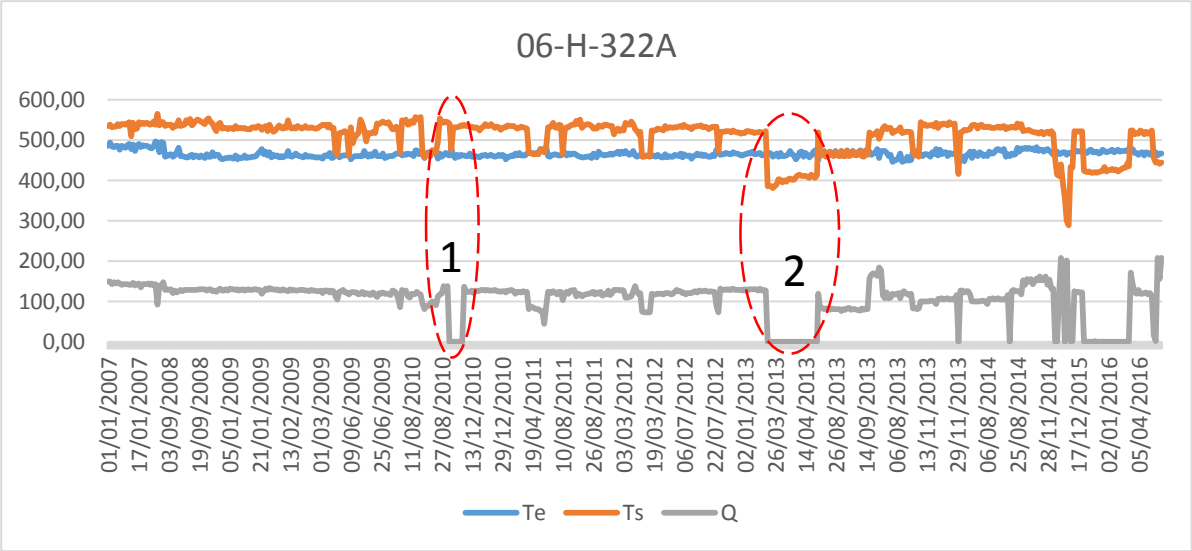


Figure 18 : Données (Températures et débits) de l'équipement 06-H-322A

On voit bien qu'il y a des incohérences flagrantes, chute de température de sortie Ts ou du débit Q, puis une remonter après un bref délai.

En filtrant ces points on obtient des données plus cohérentes et concrète (Figure 19)

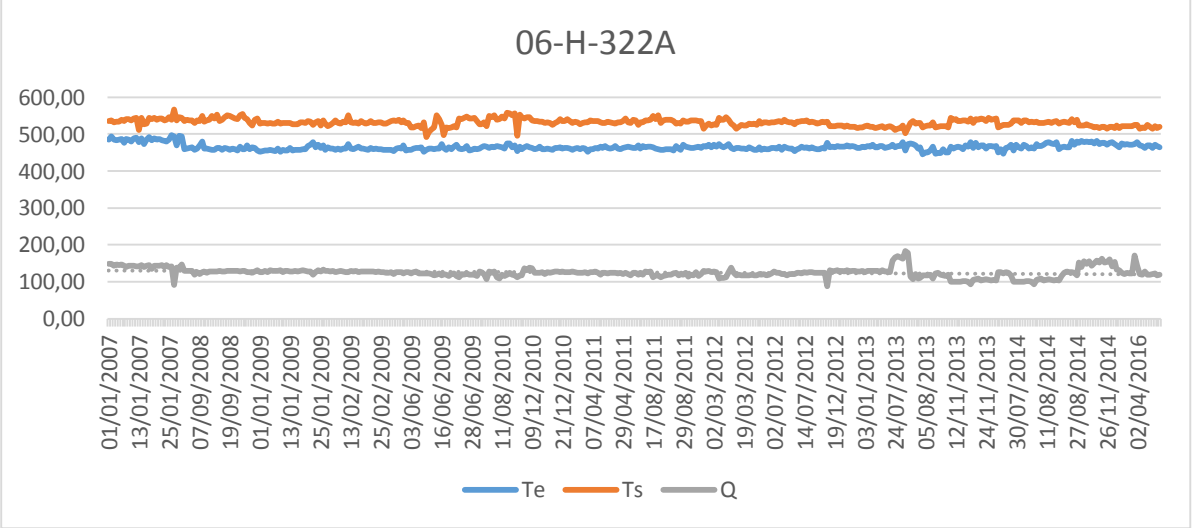


Figure 19 : Données (Températures et débits) de l'équipement 06-H-322A – Après filtrage

CHAPITRE 5

Résultats et discussion

5.1 Calcul théorique

5.1.1 Echanges thermiques théoriques

A partir des plans UFD (Utility Flow Diagram) du circuit d'huile chaude, une évaluation des échanges de chaleur a été établie afin de retrouver le bilan thermique répartie sur chaque équipement et déduire le rendement théorique global du circuit d'huile chaude, ce rendement est théorique et calculer selon les données design.

Equipement	**Te**	**Ts**	**Cp**	**Q**	**Φ**
	C	C	Kj/Kg.C	Kg/s	Kj/s
06-H-322A	181,9	271	2,63112	153,70	36032,45
06-H-322B	181,9	271	2,63112	153,70	36032,45
06-H-322C	181,9	271	2,63112	153,70	36032,45
06-H-321A	271	288	2,8221	230,55	11060,84
06-H-321B	271	288	2,8221	230,55	11060,84
06-E-301	181,9	130	2,37732	3,22	-397,53
01-E-111A/B/C	130	176,8	2,36814	129,44	14345,82
01-E-111A/B/C	220,2	176,4	2,52978	129,44	-14342,64
01-E-221A/B	288	248	2,7807	58,67	-6525,19
01-E-115	176,4	130	2,36742	129,44	-14218,88
01-E-121	288	210	2,7123	35,89	-7593,69
01-E-231	288	240	2,7663	59,14	-7853,12
01-E-151	240	115	2,4549	21,12	-6481,11
02-E-111A/B/C	130	176,8	2,36814	129,44	14345,82
02-E-111A/B/C	220,2	176,4	2,52978	129,44	-14342,64
02-E-221A/B	288	248	2,7807	58,67	-6525,19
02-E-115	176,4	130	2,36742	129,44	-14218,88
02-E-121	288	210	2,7123	35,89	-7593,69
02-E-231	288	240	2,7663	59,14	-7853,12
02-E-151	240	115	2,4549	21,12	-6481,11
03-E-111A/B/C	130	176,8	2,36814	129,44	14345,82
03-E-111A/B/C	220,2	176,4	2,52978	129,44	-14342,64
03-E-221A/B	288	248	2,7807	58,67	-6525,19
03-E-115	176,4	130	2,36742	129,44	-14218,88
03-E-121	288	210	2,7123	35,89	-7593,69
03-E-231	288	240	2,7663	59,14	-7853,12
03-E-151	240	115	2,4549	21,12	-6481,11
03-E-111A/B/C	130	176,8	2,36814	129,44	14345,82

Tableau 03 : évaluation des échanges thermique d'après les données théoriques du circuit

Flux thermique totale acquis par l'huile chaude au niveau des récupérateurs, et des fours :

$$\mathbf{\Phi_a = 130219,03}\ \text{Kj/s}$$

Flux thermique totale cédé par l'huile chaude au niveau des utilisateurs :

$$\mathbf{\Phi_c = 128413,51}\ \text{Kj/s}$$

D'où un rendement thermique :

$$\eta = \frac{\text{Flux cédé}}{\text{Flux aquis}} = \frac{\mathbf{\Phi c}}{\mathbf{\Phi a}} = \frac{\mathbf{128413,51}}{\mathbf{130219,03}} = 0{,}99 \sim 1$$

Les données théoriques nous permettent d'avoir une référence sur la bonne distribution de l'énergie thermique par l'huile chaude aux niveaux des trois trains, ceci nous permet d'évaluer les performances réelles du circuit et ainsi connaitre son efficacité et ainsi estimé la dégradation.

5.1.2 Calcul des pertes de charges théoriques

Les pertes de charges totales au niveau des équipements sont calculées à partir des pressions d'entrées et de sorties : **ΔP = Pe - Ps**

Equipement	**Pe**	**Ps**	**ΔP**
	Bar	*Bar*	*Bar*
06-H-322A	16.4	14.3	2.1
06-H-322B	16.4	14.3	2.1
06-H-322C	16.4	14.3	2.1
06-H-321A	14.1	11.1	3
06-H-321B	14.1	1.1	13
06-E-301	16.8	15.7	1.1
01/02/03-E-111A/B/C	5.7	4.8	0.9
01/02/03-E-111A/B/C	3.9	2.5	1.4
01/02/03-E-221A/B	10.1	6.4	3.7
01/02/03-E-115	4.8	3.9	0.9
01/02/03-E-121	10.1	6.4	3.7
01/02/03-E-231	10.1	8.2	1.9
01/02/03-E-151	8.2	6.4	1.8

Tableau 04 : Les pertes de charges théorique au niveau des équipements

5.2 Calcul réel

Pour le calcul réel on procède de la même façon que le calcule théorique, en calculant :

- Les flux thermiques au niveau de tous les équipements concernés
- Le flux globale acquis par l'huile chaude aux niveaux des récupérateurs (de chaleur d'échappements des turbines à gaz) et des Fours
- Le flux global cédé (utile) par l'huile chaude au niveau des équipements utilisateurs
- Puis on pourra déduire l'efficacité du système (rendement).

Les données réel sont tirées directement des instruments de mesures, ou bien calculées d'après des valeurs tirés des instruments de mesure, pour une absence ou une défaillance des instruments.

Les données de températures et débits utilisé pour le calcul réel sont disponible de façon journalière et à trois moment différent de la journée comme suit : à 08h00, 16h00 et à 00h00, et ceux depuis le 01 Janvier 2007, jusqu'au 30 Avril 2016, ce qui nous donne **12015 points de mesure** avec les incohérences de données.

Cela nous permet de tracer les diagrammes des performances thermiques des équipements depuis le démarrage de l'usine jusqu'à Avril 2016, l'interprétation des résultats nous dira d'avantages sur le degré de dégradation du système, et sa localisation.

Etant donnée le nombre de point de mesure important, et dans le but d'avoir des courbe de tendances, qui soit tangible et lisible à la représentation graphique des flux thermiques a été effectuer considérant les moyennes mensuelles, donc pour chaque mois on a une valeur de flux thermique qui est obtenu avec la moyenne de 90 valeur (3 valeurs/jour pour 30 jours).

Dans chaque graphe de flux d'un équipement on trouve deux courbes la courbe du flux réel (couleur orange) et la courbe du flux théorique (couleur verte)

5.2.1 Résultats des calculs thermiques

Récupérateurs de chaleur des gaz d'échappements 06-H-322A/B/C :

Calcul des flux thermiques au niveau des 3 récupérateurs de chaleur des gaz d'échappements 06-H-322A/B/C, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

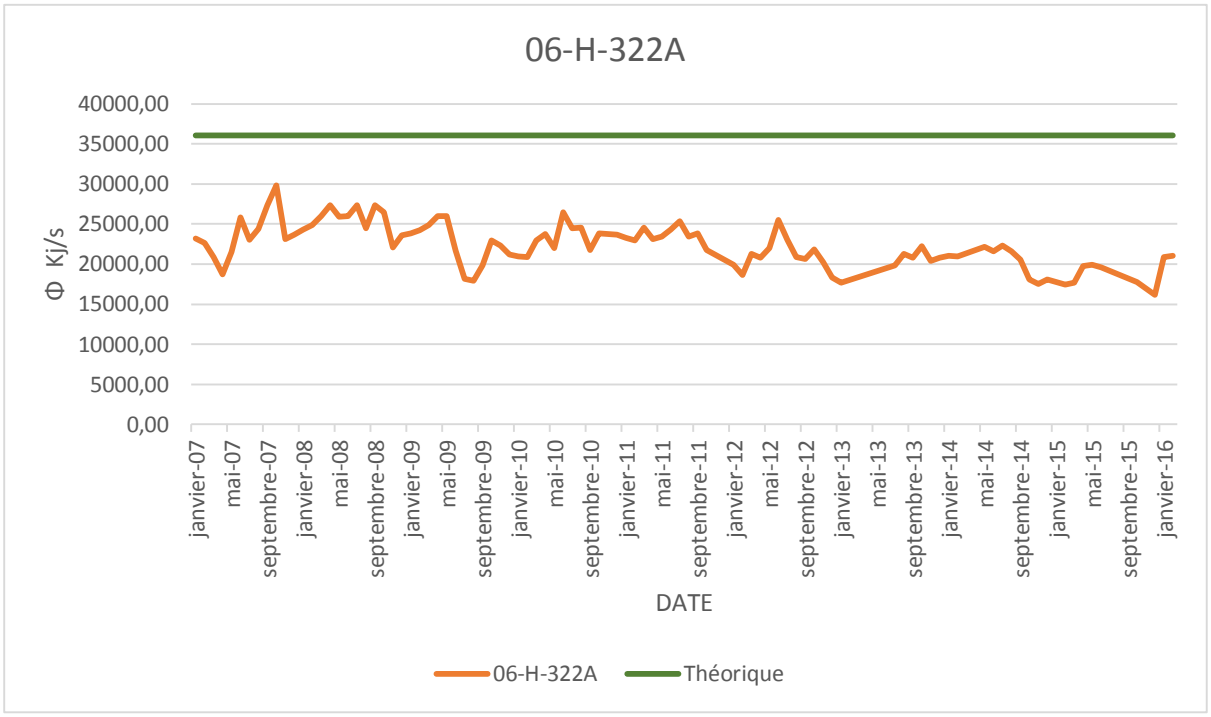


Figure 20 : Flux thermique du récupérateur de chaleur 06-H-322A depuis 2007

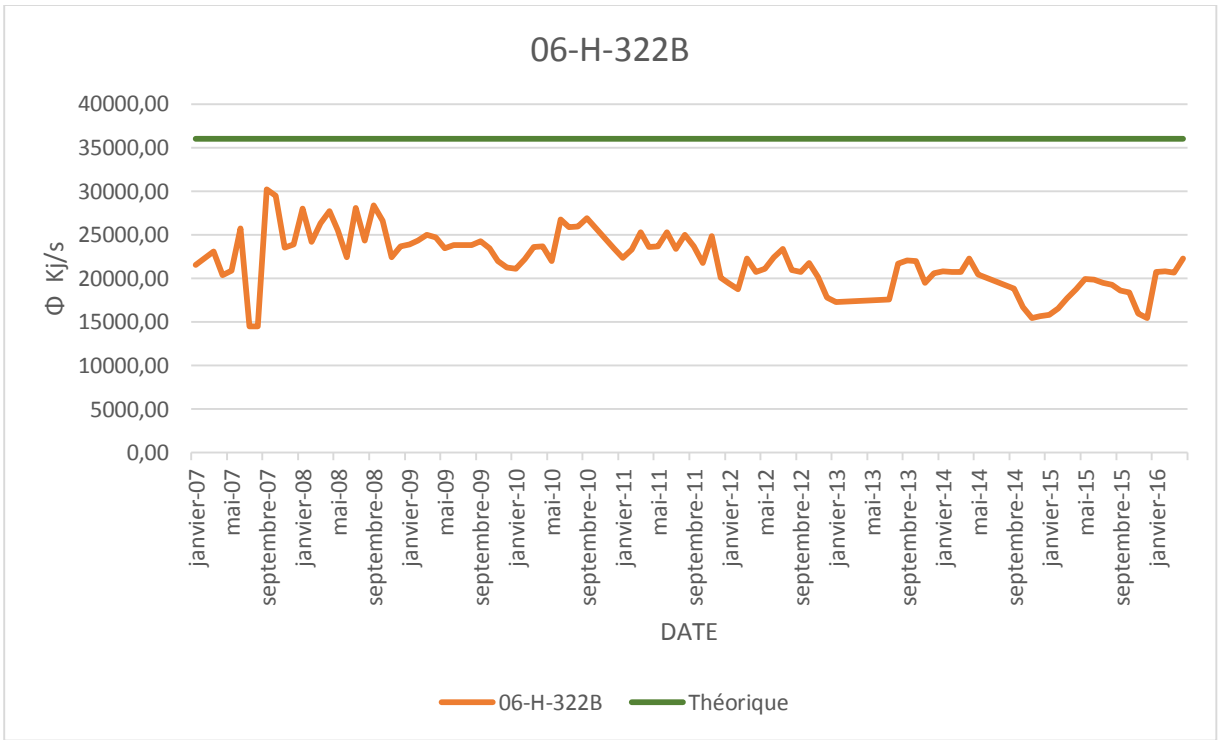


Figure 21 : Flux thermique du récupérateur de chaleur 06-H-322B depuis 2007

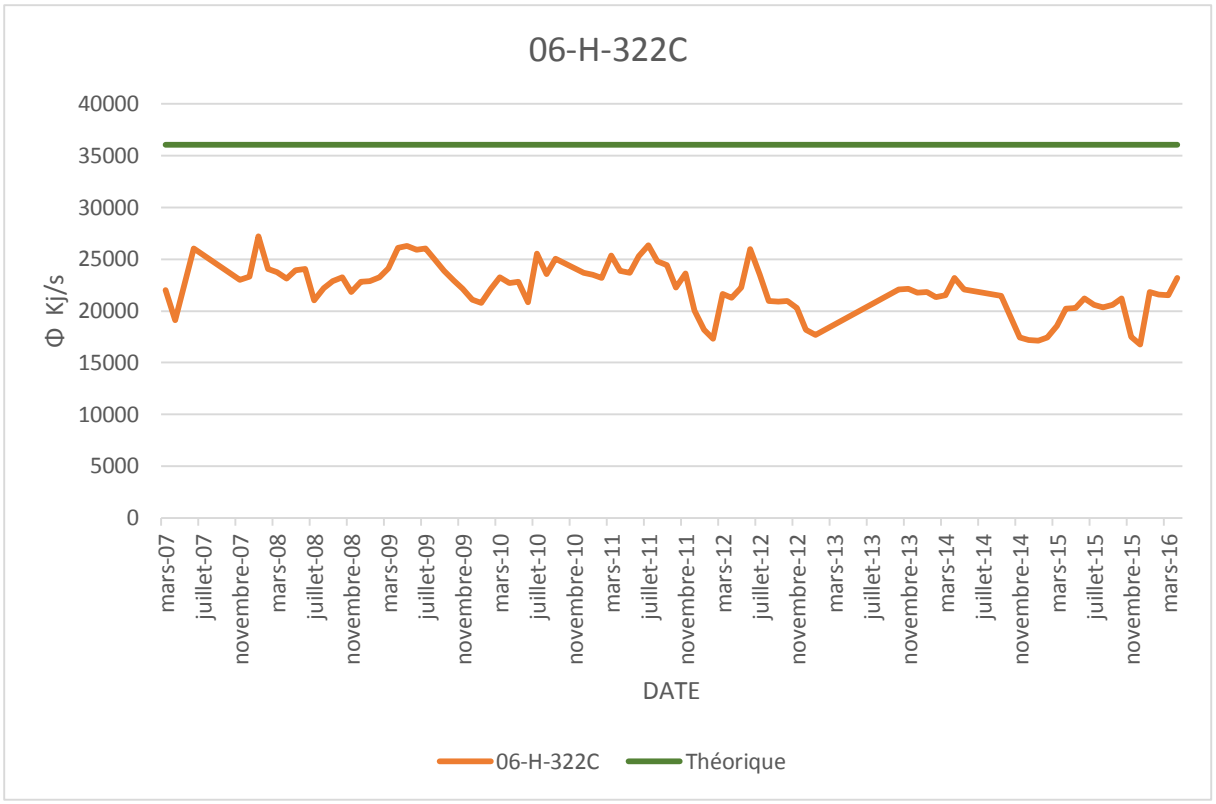


Figure 22 : Flux thermique du récupérateur de chaleur 06-H-322C depuis 2007

Les flux thermiques acquis par l'huile aux niveaux 3 récupérateurs de chaleur des gaz d'échappements sont inférieurs au flux théorique de ces équipements, et ça depuis le démarrage de l'usine.

Cela signifie que lors de la conception ce flux a été surestimé, pour plusieurs raison possible

- L'échangeur huile/gaz d'échappements est sous-dimensionné.
- Les turbines à gaz fonctionnent avec des performances inférieures aux puissances théoriques prédites lors du design.

Fours à gaz combustible 06-H-321A/B :
Calcul des flux thermiques au niveau des 2 fours de chauffe à gaz combustible 06-H-321A/B, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

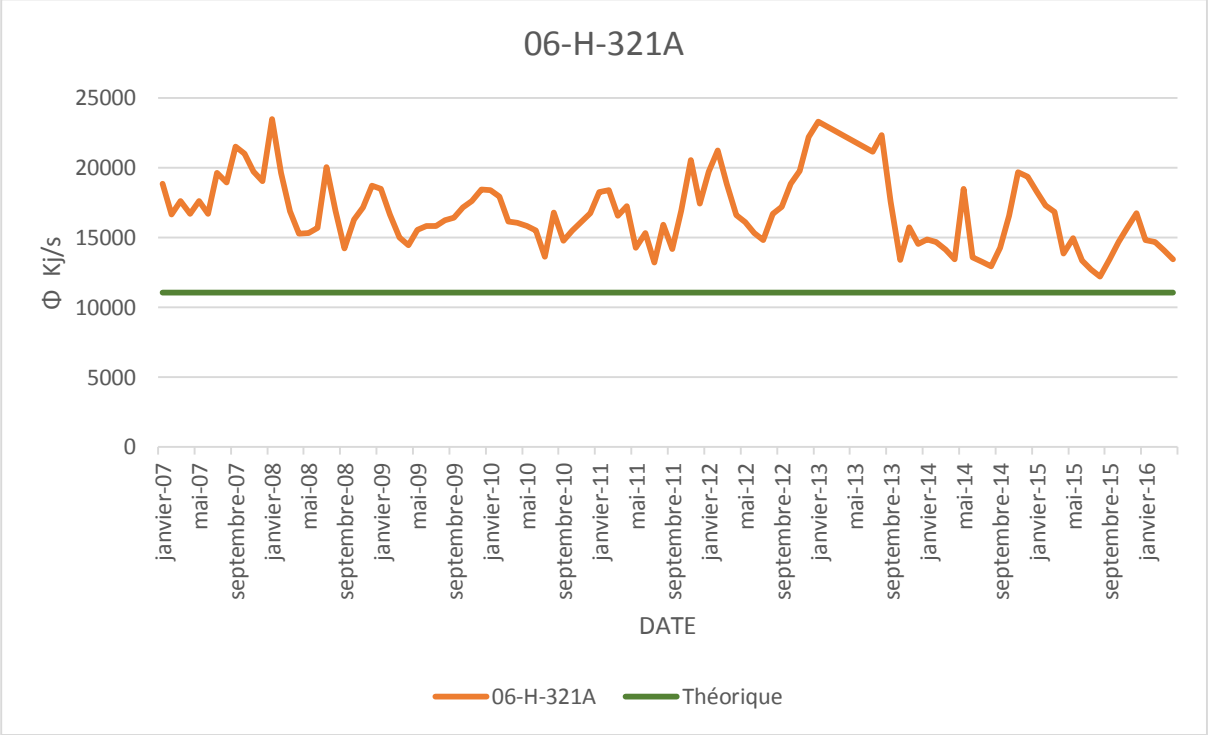


Figure 23 : Flux thermique du four de chauffe 06-H-321A depuis 2007

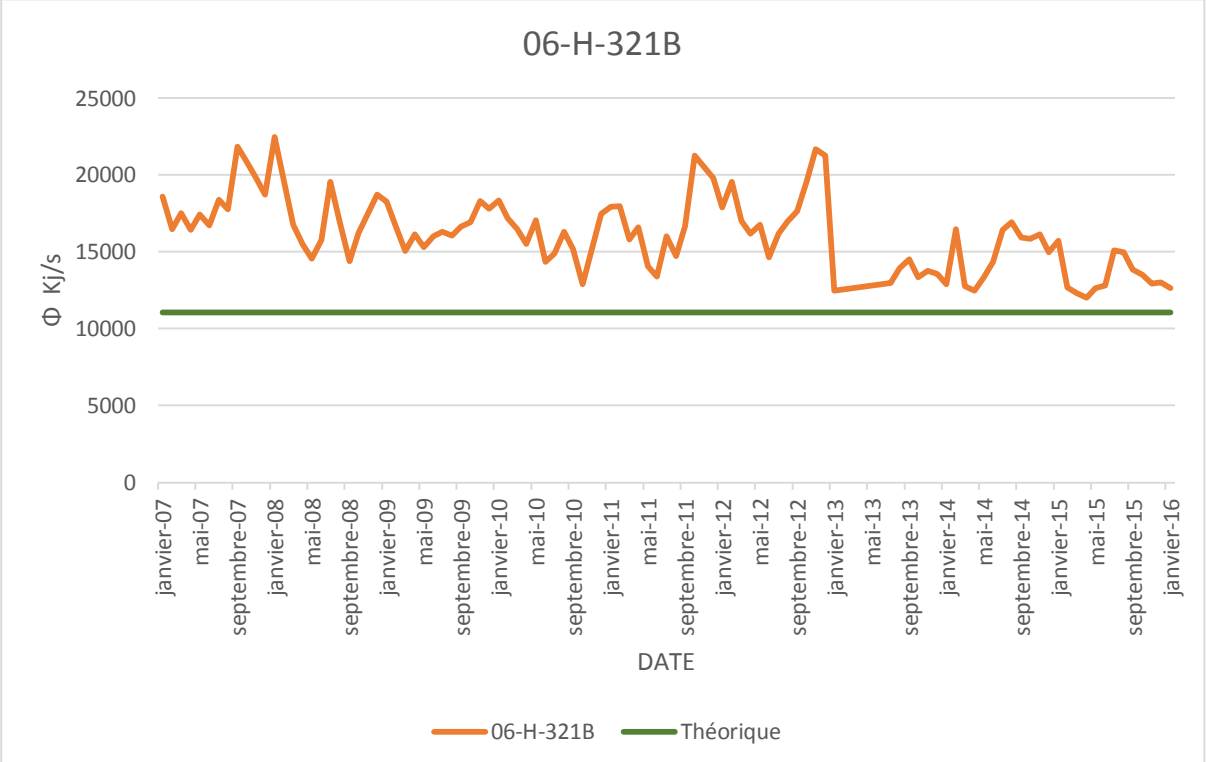


Figure 24 : Flux thermique du four de chauffe 06-H-321B depuis 2007

Les flux thermiques acquis par l'huile aux niveaux des 2 fours de chauffe à gaz combustible sont supérieurs au flux théorique des fours, et ça depuis le démarrage de l'usine.

Cela signifie que les fours ont compensé l'insuffisance d'énergie thermique acquise par l'huile chaude aux niveaux des récupérateurs de chaleur des gaz d'échappements, avec une quantité supérieur à la quantité théorique.

Concernant les pics observé sur les deux graphes précèdent, ils reflètent les variations des performances des fours causé par la chutes du flux thermique totale acquis par l'huile aux niveaux des récupérateurs des gaz d'échappements pour l'une des raisons suivantes :

- Arrêt d'une turbine à gaz
- Diminution de charge au niveau d'une turbine et ainsi le débit de gaz combustible consommée, et donc le flux thermique des gaz d'échappements diminue

Réchauffeur de fuel gaz à l'huile chaude 06-H-301 :
Calcul des flux thermiques au niveau du réchauffeur de fuel gaz à l'huile chaude 06-H-301, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

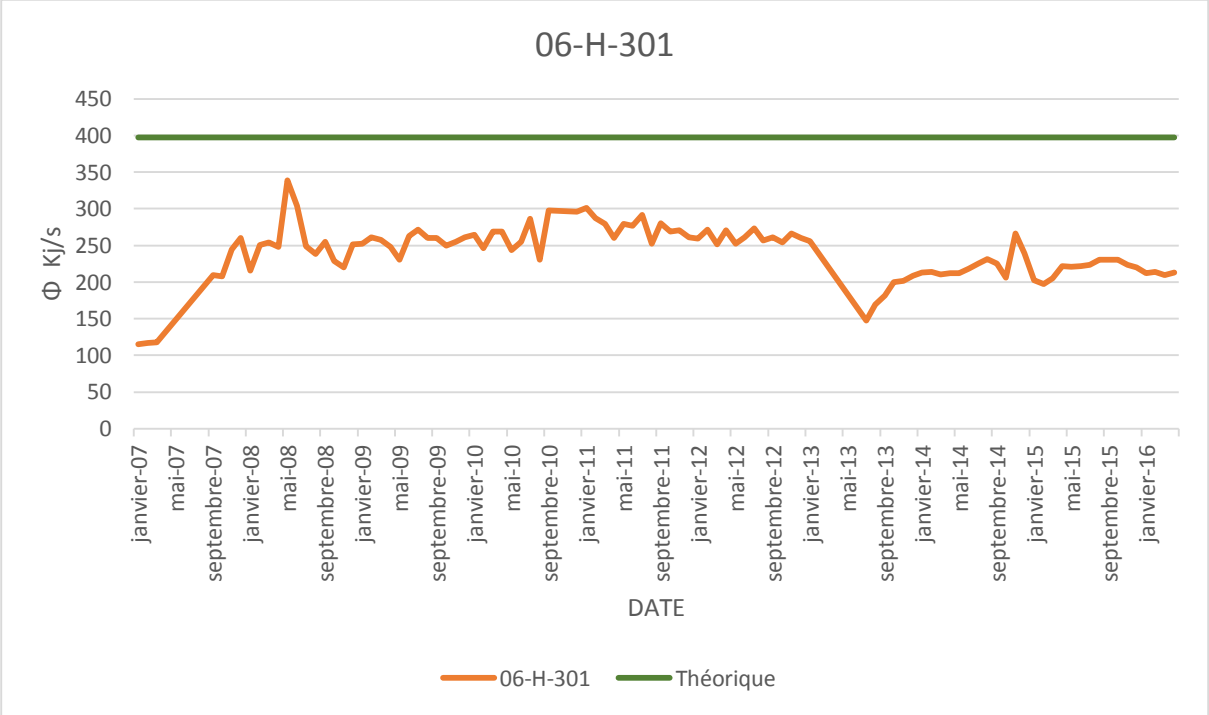


Figure 25 : Flux thermique de l'échangeur 06-H-301 depuis 2007

Le flux thermique réel cédé par l'huile au niveau de l'échangeur 06-H-301 est inférieur au flux théorique de cet équipement depuis le démarrage de l'usine en Janvier 2007.

Le rôle de cet échangeur est de fournir un préchauffage au gaz combustible destiné à des turbines à gaz, les performances réelles de cet équipement sont normales, car l'échangeur 06-H-301 répond aux besoins tout en fonctionnant dans les marges acceptables.

Le rebouilleur du débutaniseur 01/02-E-231 :

Calcul des flux thermiques au niveau des deux rebouilleurs du débutaniseur 01/02-E-231, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

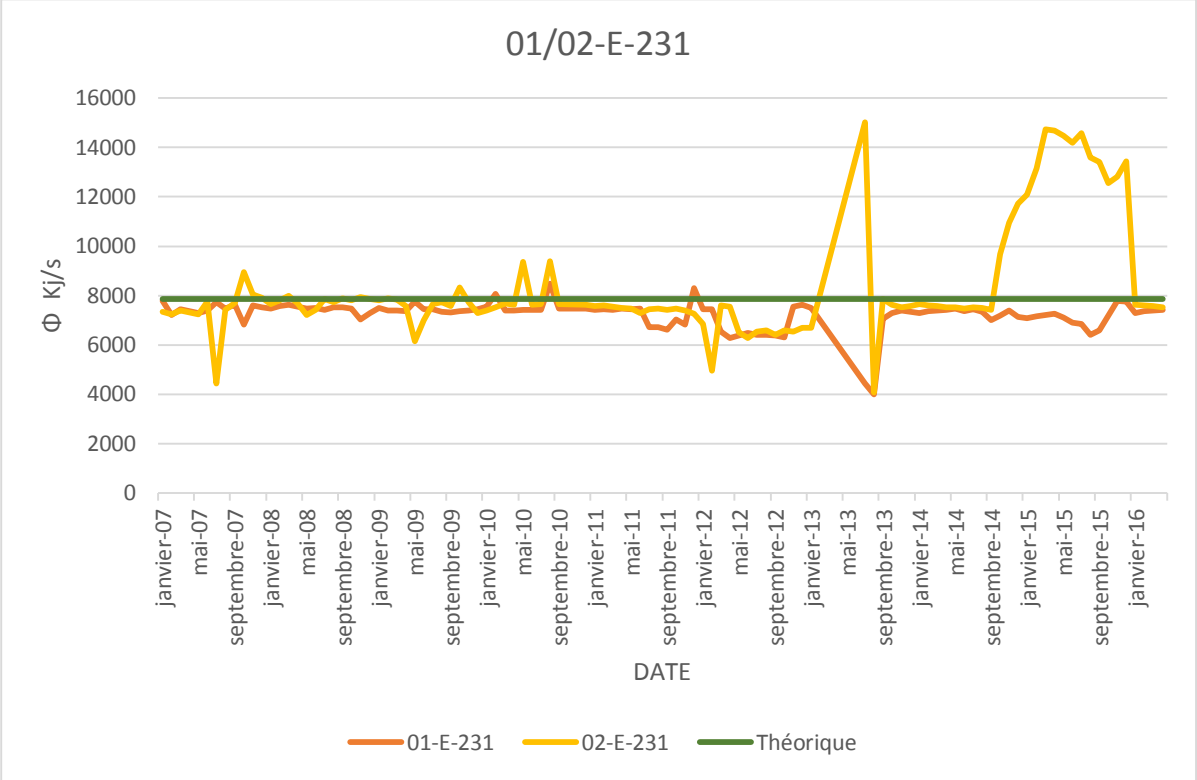


Figure 26 : Flux thermique des rebouilleurs 01/02-E-231 depuis 2007

Les performances thermiques des deux rebouilleurs de débutaniseur 01/02-E-231 sont presque au même niveau que les performances théoriques pour lesquelles ils ont été conçus depuis le démarrage, mis à part certain périodes où :

- Le flux cédé par l'huile a diminué considérablement à savoir :
  - En 2007 : du 21 Juillet au 28 Aout pour le 02-E-231 : le débit d'huile dans cette période été à 20% du débit d'huile théorique cela peut être une erreur au niveau d'un instrument de mesure ou bien une valeur ajusté pour des raisons process (besoins de traitement).
  - En 2013 : Janvier jusqu'à septembre pour le 01-E-231
- Le flux cédé par l'huile a augmenté considérablement à savoir :
  - Octobre 2014 jusqu'à Janvier 2016 : La raison de l'augmentation du flux thermique cédé par l'huile au niveau du rebouilleur 02-E-231 est dû à l'augmentation du débit d'huile chaude passant par cet équipement atteignant un taux de 200% environ, ceci a pu être causé par deux raisons possibles :
    - Dégradation de l'équipement (encrassement)
    - Problème d'instrumentation (boucle de contrôle de débit)
  - En 2013 : Janvier jusqu'à septembre pour le 01-E-231

En Janvier 2013 l'usine a subit une attaque terroriste, ce qui a causé des dommages matériels, certains équipements n'ont pas fonctionné de façon optimale durant les mois suivant cette attaque (Janvier jusqu'à septembre) et les conditions process n'ont pas été optimales, ceci a influencé sur les performances des systèmes d'utilité y compris le système d'huile chaude, la majorité des problèmes ont été résolu pendant le TAR effectué Septembre 2013

Le rebouilleur de la colonne de stabilisation 01/02-E-221 :
Calcul des flux thermiques au niveau des deux rebouilleurs de la colonne de stabilisation 01/02-E-221, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

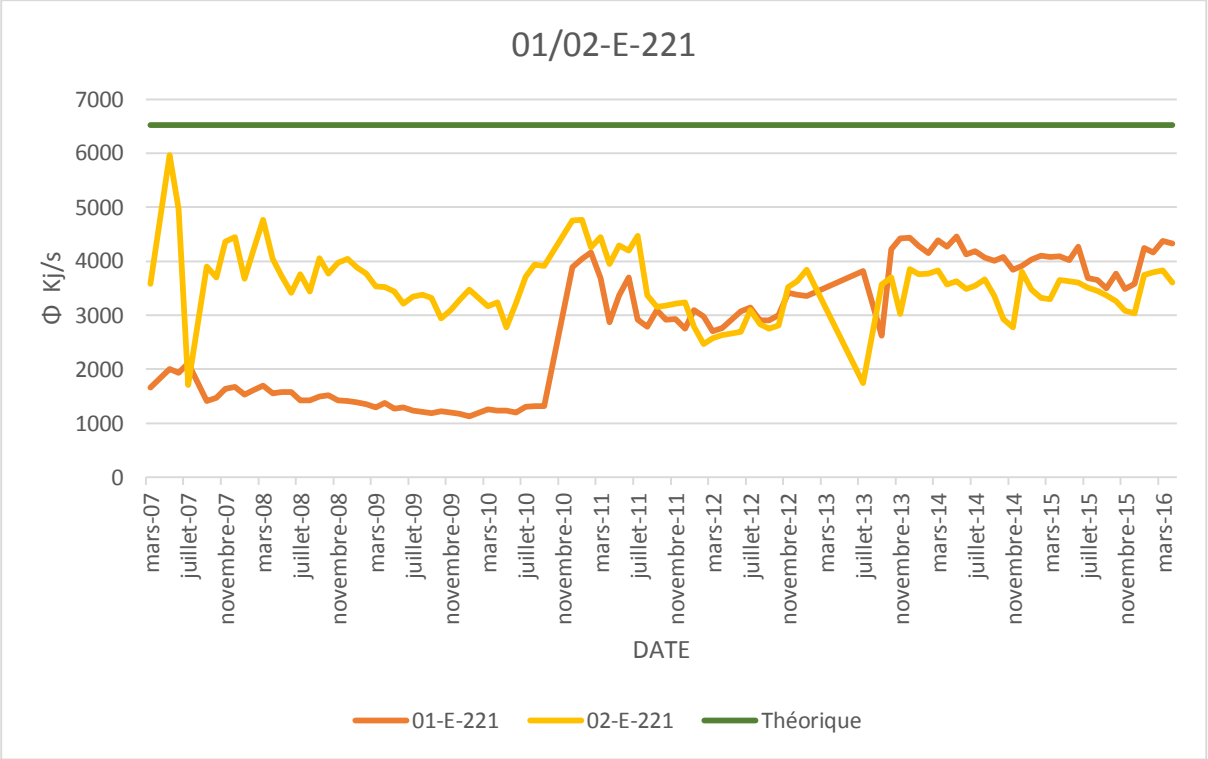


Figure 27 : Flux thermique des rebouilleurs 01/02-E-221 depuis 2007

Les performances réelles de cet équipement E-231 sont acceptable du moment où il répond aux besoins tout en fonctionnant dans les marges acceptables.

Depuis Janvier 2007 jusqu'à Décembre 2010 les flux cédé par l'huile chaude au niveau du rebouilleur 02-E-231 (train 02) été élevé par rapport au flux cédé au niveau du rebouilleur 01-E-231 (train 01), cette différence est causé par la différence du débit d'huile passant par les deux rebouilleurs, et cela pour des raisons process (boucle de contrôle de débit selon la température à l'intérieur de la colonne de stabilisation).

Le rebouilleur du dééthaniseur 01/02-E-151 :

Calcul des flux thermiques au niveau des deux rebouilleurs du dééthaniseur 01/02-E-151, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

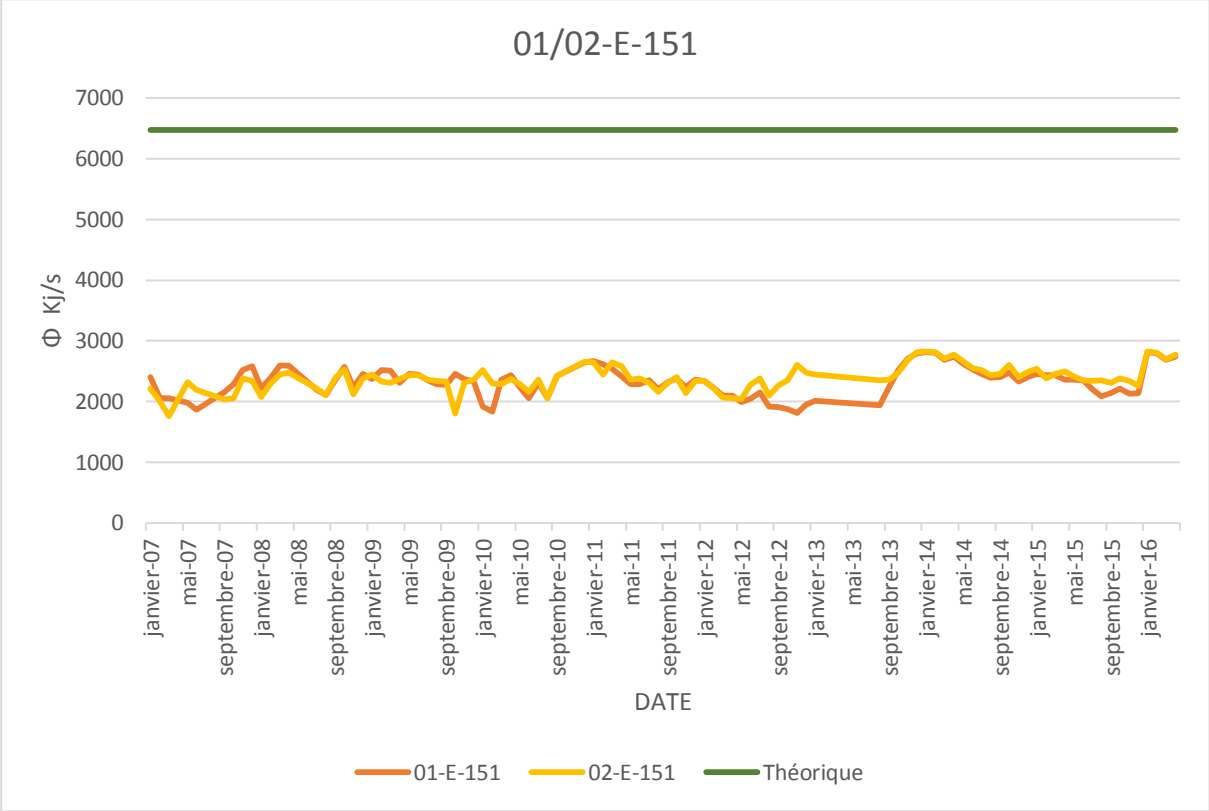


Figure 28 : Flux thermique des rebouilleurs 01/02-E-151 depuis 2007

Les performances réelles de cet équipement E-151 sont acceptables du moment où il répond aux besoins tout en fonctionnant dans les marges acceptables.

On voit bien que le flux thermique cédé par l'huile au niveau des deux rebouilleurs est inférieur au flux théorique prédit lors de la conception, cette différence est surement due aux conditions process, car le débit d'huile chaude passant par les rebouilleurs E-151 est égal à moins de 50% du débit théorique.

Le rebouilleur de régénération de l'amine 01/02-E-115 :
Calcul des flux thermiques au niveau des deux rebouilleurs de régénération de l'amine 01/02-E-115, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

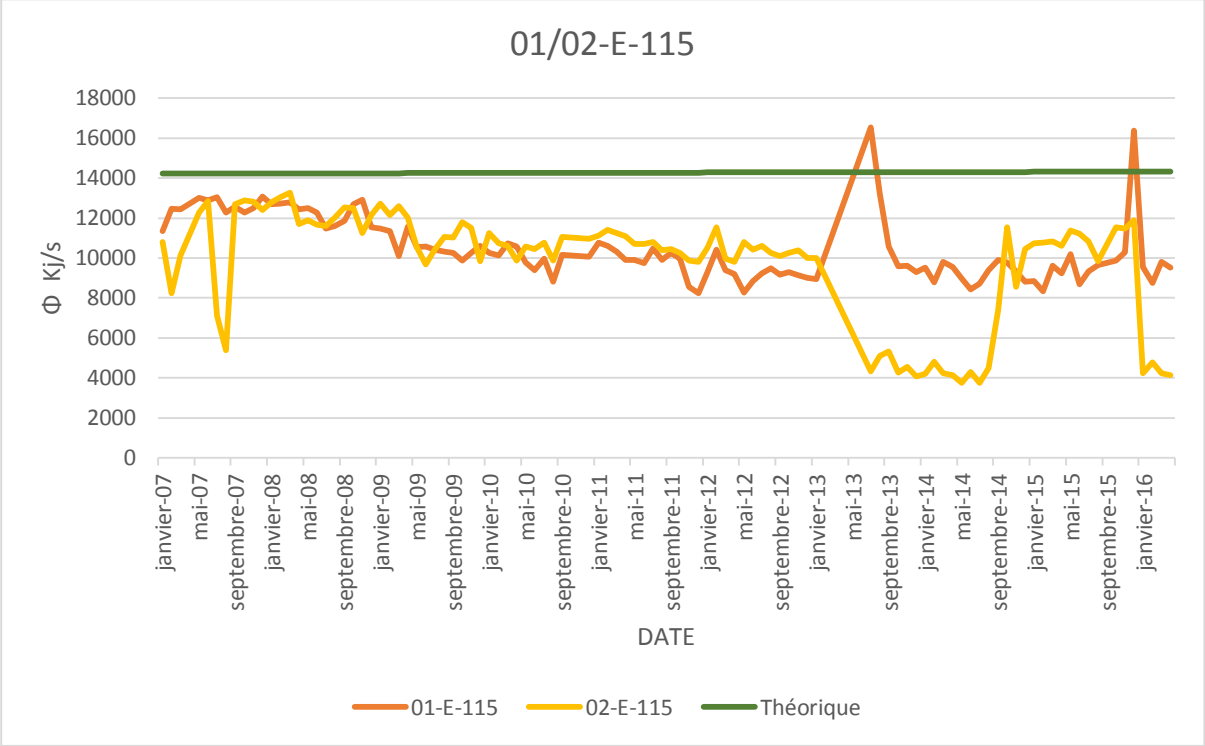


Figure 29 : Flux thermique des rebouilleurs 01/02-E-115 depuis 2007

Les performances réelles de cet équipement E-115 sont acceptable du moment où il répond aux besoins tout en fonctionnant dans les marges acceptables.

Le flux thermique cédé par l'huile au niveau des deux rebouilleurs de régénération de l'amine est inférieur au flux théorique prévu lors de la conception de cet équipement depuis le démarrage jusqu'à 2016, mise à part deux pic au niveau du 01-E-115 à deux périodes :

- Juillet 2013
- Décembre 2015

Le flux cédé par l'huile à subit une montée brusque pendant les périodes précédente à cause d'une augmentation du débit d'huile qui est à son tour surement dû à des raisons process (boucle de contrôle de débit selon la température à l'intérieur de la colonne de stabilisation).

Pour le rebouilleur 02-E-115, le flux au niveau de cette équipement a chuté à partir de janvier 2013 jusqu'à septembre 2014, ceci est surement dû à des dégâts causé par l'attaque terroriste en Janvier 2013, ce qui a diminuer l'efficacité de l'équipement jusqu'au TAR effectué en septembre 2014 où des interventions de maintenance ont permis de remettre l'équipement en ordre (remplacement du faisceau tubulaire).

Reprise du problème en décembre 2015.

L'échangeur réchauffeur du gaz de régénération 01/02-E-121 :
Calcul des flux thermiques au niveau des deux échangeurs 01/02-E-121, depuis Janvier 2007 jusqu'à Avril 2016.

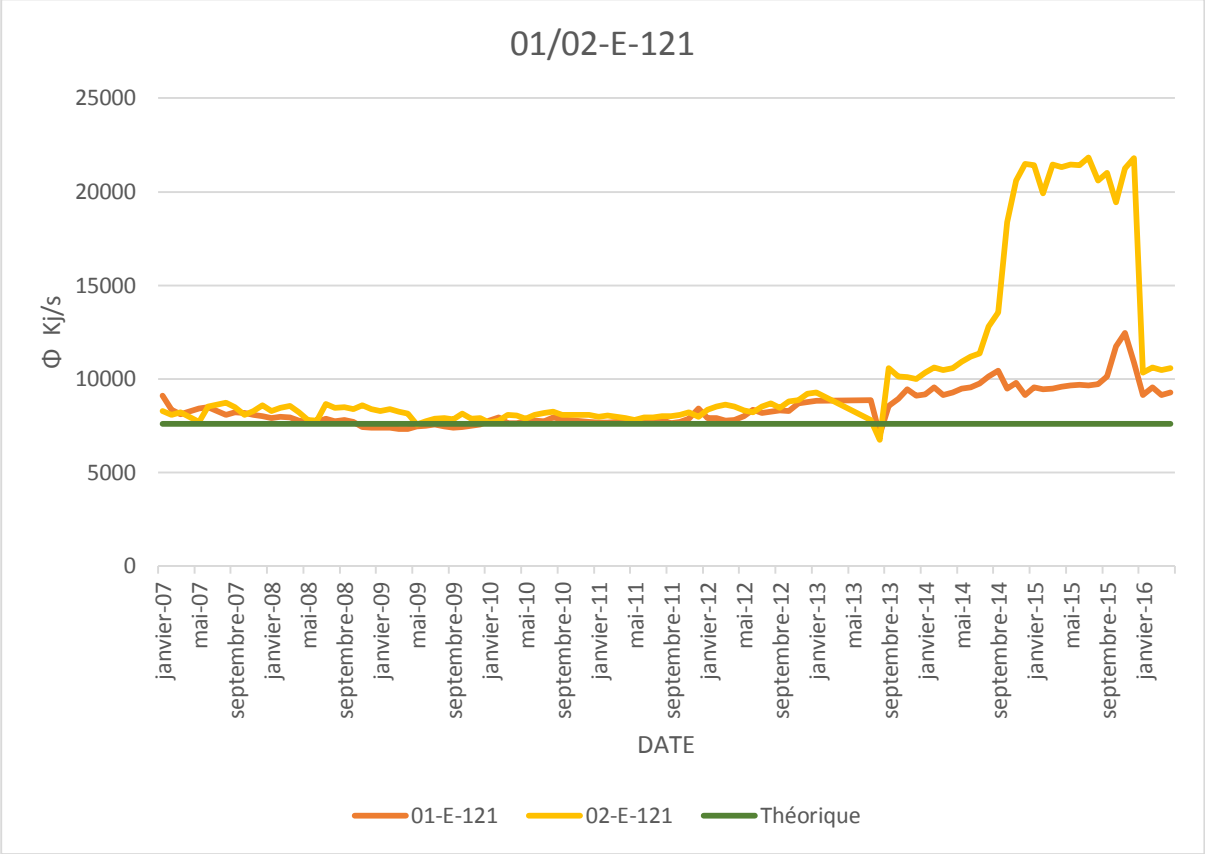


Figure 30 : Flux thermique des rebouilleurs 01/02-E-121 depuis 2007

Cet équipement 01/02-E-121 a fonctionné avec des performances thermiques réelles identiques aux performances thermique théoriques pour lesquelles il a été conçu, et cela depuis le démarrage en 2007 jusqu'à Aout 2013.

Après aout 2013 le flux cédé par l'huile chaude au niveau de cet échangeur E-121 a considérablement augmenté surtout au niveau du 02-E-121 (Train 02), ceci est causé par la boucle de contrôle du débit qui a provoqué l'augmentation du débit d'huile chaude passant par cet échangeur afin de satisfaire les besoin process.

5.2.2 Vérification aux conditions limites

Dans cette partie on vérifie les paramètres température et pression maximale atteinte lors du fonctionnement avec les conditions limites des équipements.

1 – Vérification des températures limites

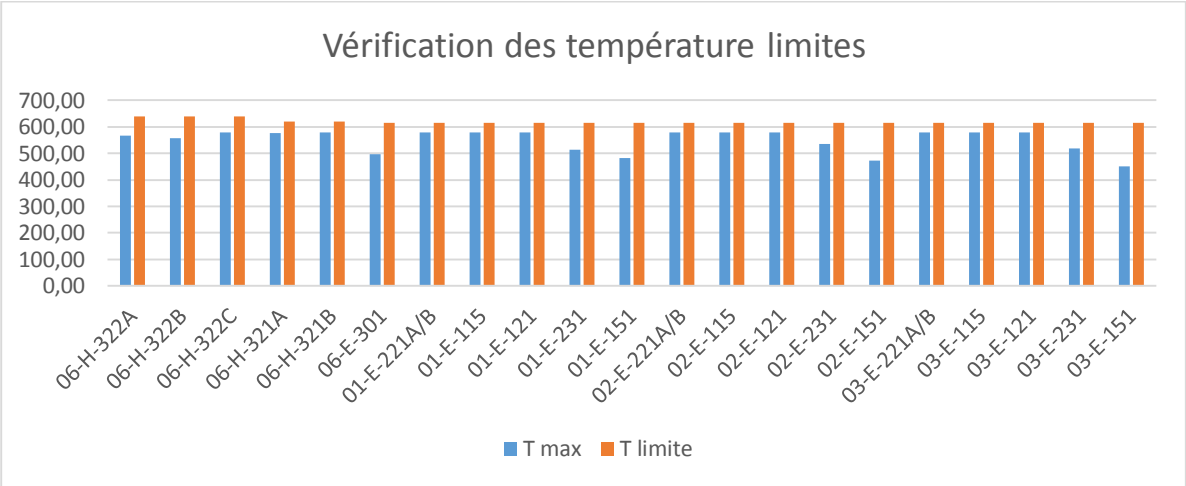


Figure 31 : Histogramme des températures maximales et limites

2 – Vérification des pressions limites

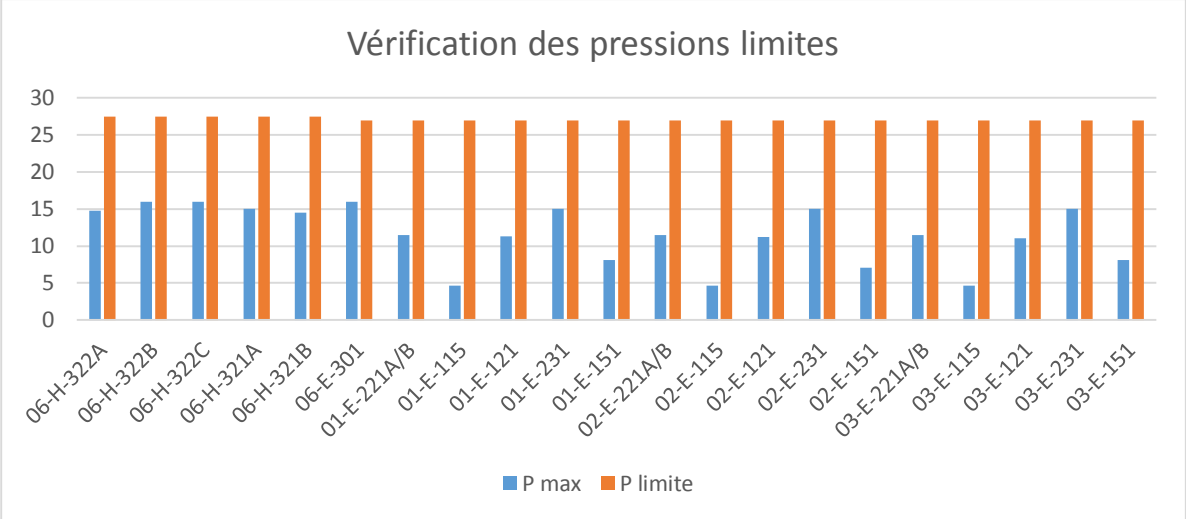


Figure 32 : Histogramme des pressions maximales et limites

On constate que les températures et les pressions de fonctionnement maximal ne dépassent pas les températures limites aux niveaux des équipements.

5.2.3 Performances globale du circuit d'huile chaude

On peut voir l'évolution globale des performances du système via la figure 33, où on trouve la représentation des Flux thermique globaux échangé, d'abord le flux thermique globale (fournis) acquis par l'huile aux niveaux des fours et des récupérateurs de chaleur des gaz d'échappement des turbines, puis le flux thermique globale distribuer au niveau des trains (utile).

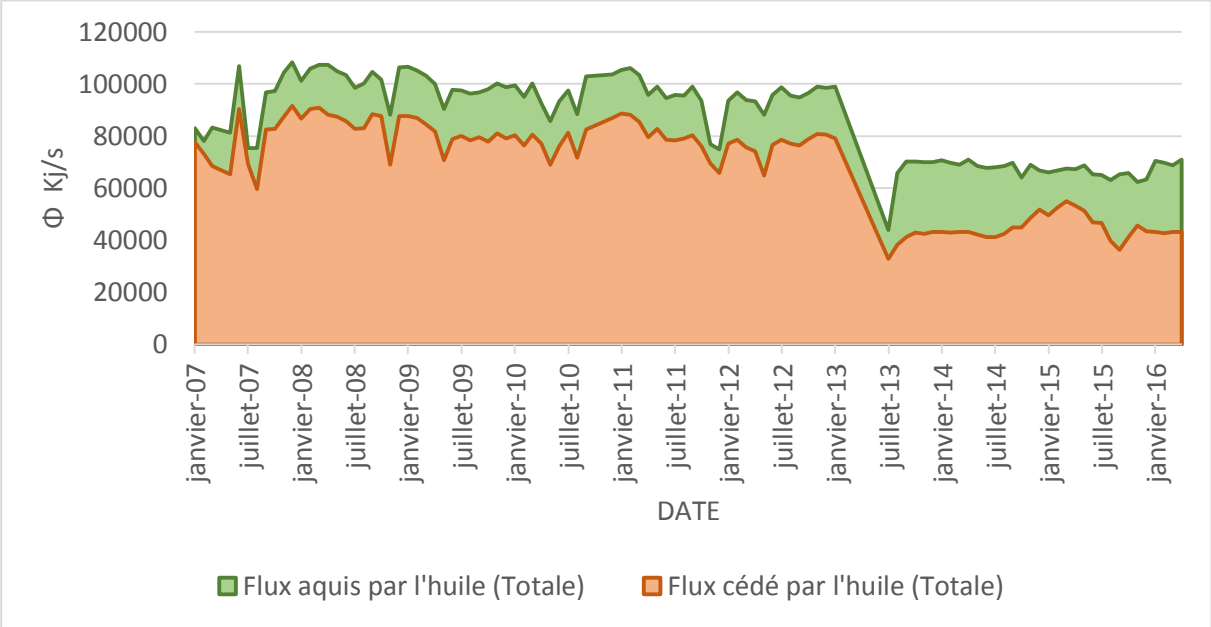


Figure 33 : Flux globaux du circuit d'huile chaude depuis 2007 jusqu'à 2016

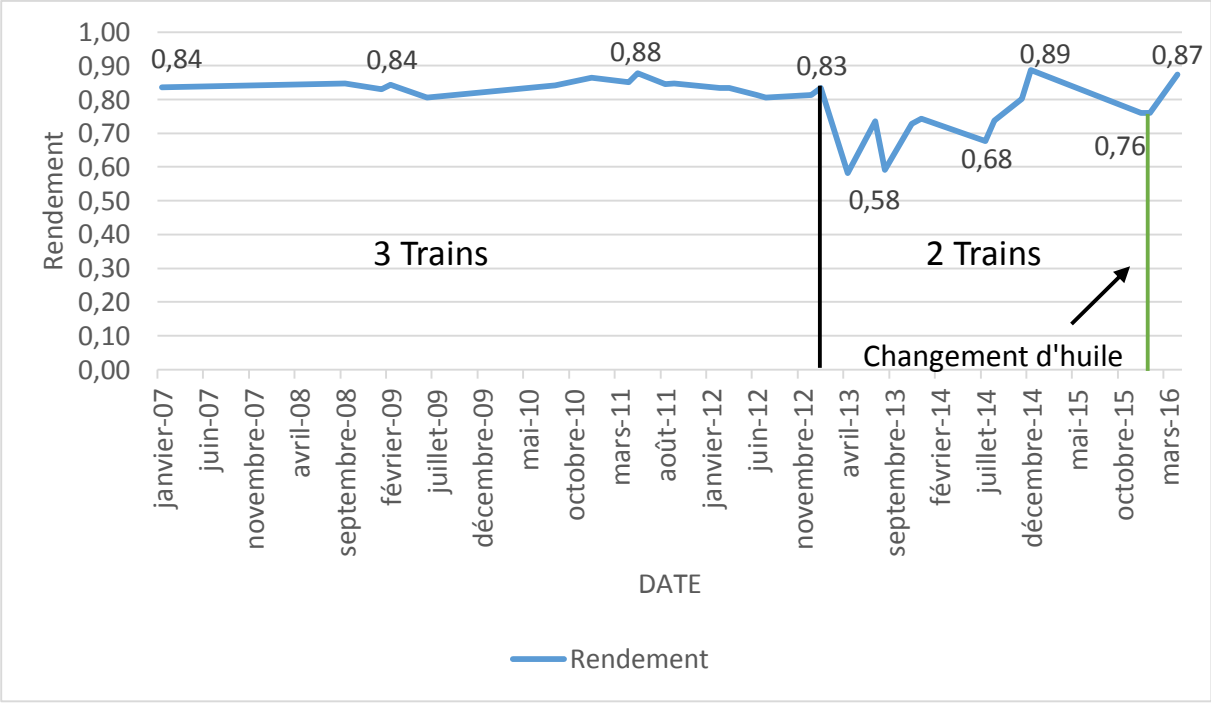


Figure 34 : Rendement globale du circuit d'huile chaude depuis 2007 jusqu'à 2016

5.2.4 Vérification des performances du Four 06-H-321A

Vu que le four a l'air de fonctionner avec des conditions supérieures aux conditions design, un petit calcul de vérification de son rendement est représenté sur la figure suivante :

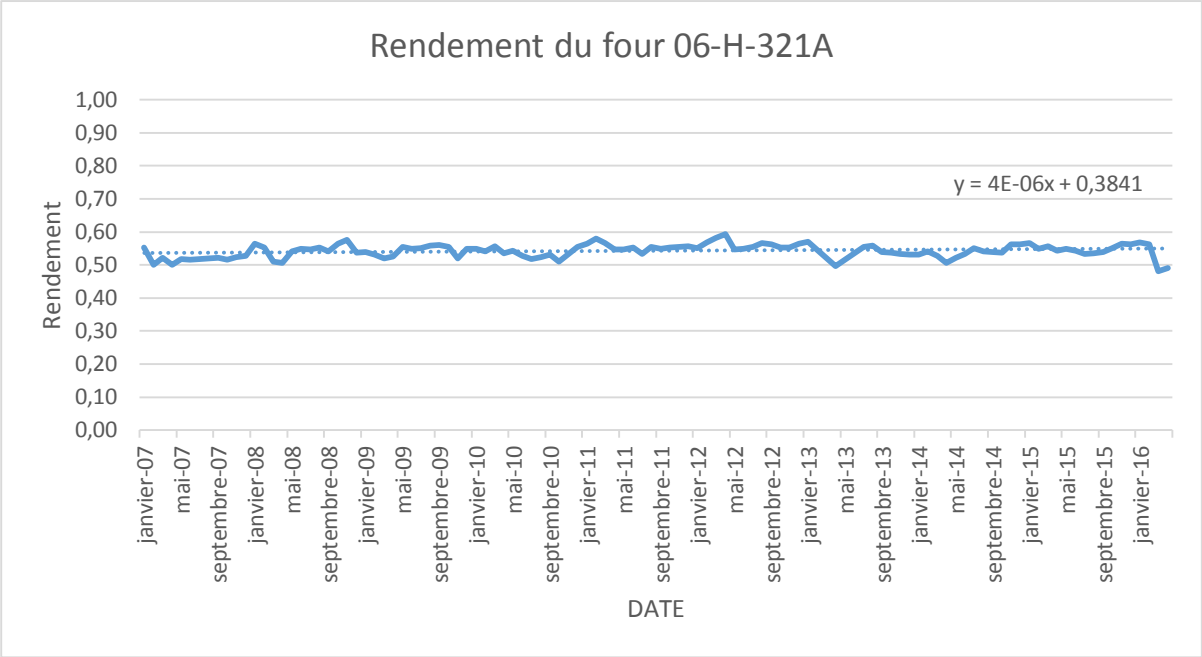


Figure 35 : Rendement du four 06-H-321A

On voit bien que le rendement du four est stable durant les neuf dernières années (2007 – 2016), le rendement diminue avec un taux de ~ $4x10^{-7}$ % / an, selon la courbe de tendance.

D'après le rapport d'inspection (2016), voici les observations notées sur le four 06-H-321A :

1 – Visite externe :

- Support : état bon
- Massif en béton : état bon apparent
- Passerelle et l'accès ; échelle crinoline en bon état
- Cheminée : en bon état apparent
- Instrument de mesures et de contrôle : à vérifier périodiquement
- Tuyauterie et connections : en bon état

2 – Visite interne :

- Tubes en bons états, aucun flambage ou déformation n'est signaler au niveau de la zone de convection
- Les pilotes sont en bon état (buses ; électrodes et diffuseurs)
- La laine de verre (partie convection et partie radiation) : en bon état
- Colliers de guidage des tubes sont en bon état
- 12 Thermocouples en place et en bon état
- Ciment réfractaire de l'ouvreau de la chambre de combustion : présence des parties fissurent : à programmer pour la réparation (voir photos)

5.3 Conclusion

Le système d'huile chaude (système 32-06) installé sur le site gazier de Tiguentourine, a été conçu et construit pour satisfaire des conditions de fonctionnements et des besoins de production bien définies.

Ces conditions de fonctionnement peuvent variées de plusieurs façon et pour différentes raisons, dont on peut citer :

- Le changement des conditions de traitement (température, pression, débit, composition…etc.)
- Influence de la température atmosphérique sur les performances du système d'huile chaude.
- Dégradation d'un ou plusieurs éléments composants le circuit d'huile chaude.

La production de l'usine doit être maintenu et continu afin de satisfaire les quantités d'exportation, pour cela l'usine doit être capable de fonctionner durant les cas cités en-haut, et le système d'huile chaude y compris, pour cela les composants du circuit d'huile chaude doivent satisfaire besoins process, sans représenter de risque ou de danger menaçant l'intégrité humaine et matériel.

L'évaluation et la comparaison des performances thermiques réelles aux niveaux des équipements concernés avec les performances théoriques a révélé l'existence d'un certain nombre de phénomènes, où les performances réelles ne concordent pas avec les performances théoriques, et cela depuis le démarrage de l'usine ou pour seulement une période.

Ces performances qui ont un écart avec les performances théoriques :

- Ne représentent pas de risque ou danger pour l'intégrité du système
- Leur cause est généralement due aux conditions d'exploitation.

On a pu vérifier que le concepteur a prédit une plage de fonctionnement assez suffisante pour assurer la continuité opérationnelle, en :

- Surdimensionnant les équipements
- Installant un système de contrôle automatisé.

Grâce a une isolation thermique efficace, le rendement globale du système est bon avec un taux de 84%.

L'huile chaude a répondu aux besoins de fonctionnement durant sa durée de vie.

Bibliographie

6 Bibliographie

[1] "Manuel d'exploitation des installations de réception, installations de traitement, compression du gaz export et stockage et expédition des liquides".
JGC - KBR - (2009)

[2] "Process description".
JGC - KBR - (2009)

[3] "System operating descriptions - process utilities".
JGC - KBR - (2009)

[4] "Operations description - Hot oil system, system 32-06".
JGC - KBR - (2009)

[4] "Traitement du gaz".
JVGAS - (2009)

[5] "Process Heat Transfer – principales and applications".
ROBERT W. SERTH - (2007)

[6] "Vérification du rendement de four H182 au niveau de complexe gazière D'ALRAR".
Mémoire de master, BABOUKHA NADIR - (2010)

[7] "Technical Investigation into Thermal Oil Technology".
Northern Innovation – Belfast, Ireland (Mars 2010)

[8] "Design considerations of hot oil system".
Subhasish Mitra

[9] "Safety in design of thermal fluid heat transfer system".
Tony Ennis - IChemE (2009)

[10] "Hot oil system design guide".
Jack Broughton - Juin (2004)