

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES DEPARTEMENT DU
GENIE MECANIQUE

*En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER 2*

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Construction mécanique

THEME

**ETUDE D'UN CIRCUIT D'HUILE CHAUDE DANS UNE USINE DE
TRAITEMENT DE GAZ**

Par :

ZEKRINI IBRAHIM

BOUDIEB KHALED

Promoteur

B.Djamel

MCA

UMBB

Année universitaire 2023/2024

Remerciement

Au nom de Dieu,

Nous tenons à remercier notre promoteur, Boudieb Djamal, pour nous avoir guidés et aidés avec des conseils et des orientations, et un message de remerciement également à Mr. Tchekrabi Ahmed, les ingénieurs Birem Mohammad et Youcef Brihmat pour leur aide. Dans leur organisation, coopérant avec nous et répondant à tous nos besoins.

Nous remercions tous nos amis et professeurs de nous avoir encouragés, aidés et répondu à nos questions.

Nous remercions infiniment nos chers parents qui nous ont toujours soutenus et ont été à nos côtés, et un merci tout particulier à l'âme précieuse de mon père.

Enfin, nous remercions nos amis El-Fayad Mohammad Islam et Achour Dahman de nous avoir aidés en nous conseillant pendant le parcours universitaire.

Nous tenus à remercier le président de jury pour avoir accepté de présider ce travail, ainsi que tous les membres des jurys qui collaborent a la critique de ce mémoire.

Sommaire :

Liste des symboles.....	6
Introduction générale	11
CHAPITRE I : Présentation du site gazier de Tigentourine.....	12
I-1 Présentation du site gazier Tigentourine	13
I-2 Description du procédé du traitement de Gaz.....	15
I-2-1 Traitement du gaz humide	17
I-2-2 Unité de décarbonatation (CO₂).....	18
I-2-3 Déshydratation du gaz	18
I-2-4 Traitement du gaz sec	19
I-2-5 Stabilisation du condensat.....	19
I-2-6 Séparations des produits liquides	20
I-2-7 Unité de récupération de vapeur.....	20
I-2-8 Production d'eau	20
I-2-9 Compression et comptage du gaz export.....	21
I-2-10 Stockage et expédition du condensat	21
I-2-11 Stockage et expédition du GPL	22
I-2-12 Systèmes d'utilité.....	22
I-3 Les utilities pour le traitement de gaz au niveau de CPF.....	24
I-3-1 Les principaux systèmes d'utilité sont	24
CHAPITRE II : Les fluides caloporteurs	25
II-1 Introduction.....	26
II-2 Les fluides caloporteur.....	27
II-3 Caractéristique du fluide thermique	27

II-4 Sélection du fluide caloporteur approprié	29
<input type="checkbox"/> Stabilité thermique.....	30
<input type="checkbox"/> Efficacité du transfert de chaleur	31
<input type="checkbox"/> Température minimale de pompage.....	31
<input type="checkbox"/> Viscosité cinématique	32
<input type="checkbox"/> Investissement, Coût économique	32
II-5 Huiles thermiques.....	33
II-6 Application d’huile thermique.....	33
II-7 Circuit du transfert de chaleur	34
II-8 Fonctionnement du système de circuit de fluide caloporteur.....	36
<input type="checkbox"/> La pompe de circulation	36
<input type="checkbox"/> Le réseau de tuyauterie.....	36
<input type="checkbox"/> Equipement de chauffage	37
<input type="checkbox"/> Ballon d’expansion	37
II-9 Conclusion.....	38
CHAPITRE III : Présentation du circuit d’huile chaude.....	39
III-1 Introduction	40
III-2 L’huile utilisée dans la séparation de gaz.....	41
III-3 Equipements composants du circuit huile chaude.....	42
III-3-1 L’énergie thermique est distribuée aux niveaux des équipements suivant	42
III-3-2 Equipements incluses dans le système d’huile chaude	42
III-4 Conclusion	58
CHAPITRE IV : Théorie de calcul	59

IV-1 Introduction.....	60
IV-2 La viscosité cinématique.....	61
IV-3 La viscosité dynamique	62
IV-4 Le flux thermique	62
IV-5 La chaleur spécifique.....	63
IV-6 Types de changement de capacité calorifique	67
IV-7 Les TAR.....	68
IV-8 Données Incohérentes	68
IV-9 Données manquantes et solutions	72
IV-10 Méthodologie de l'étude	74
IV-11 Conclusion	76
CHAPITRE V : Résultat et discussion	77
V-1 Calcul théorique	78
V-2 Calcul de rendement	79
V-4 Calcul réel	80
V-5 Résultats des calculs thermiques.....	81
□ Vérifier des conditions limites de la température.....	90
Conclusion générale.....	91
Bibliographie	93

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)

\dot{m} : Débit massique (Kg/s)

Pe : Pression d'entrée (Bar)

Ps : Pression de sortie (Bar)

T : Température (°C)

Te : Température d'entrée (°C)

Ts : Température de sortie (°C)

t : temps (s)

η : Rendement/efficacité

μ : Viscosité dynamique Kg/(m·s)

ρ : Masse volumique Kg/m³

Liste des figures

CHAPITRE I : Présentation du site gazier de Tigentourine

Figure I -1 : Localisation de la région d'IN AMENAS

Figure I -2 : Centre de traitement principale.

Figure I- 3 : Tête de puits

Figure I -4 : Système de collecte de production des puits vers CPF

Figure I -5 : Stockage de condensat

Figure I -6 : Stockage de GPL

Figure I -7 : Les processus de traitement de gaz au niveau du CPF

CHAPITRE II : Les fluides caloporteurs

Figure II –1 chauffage direct

Figure II –2 chauffage indirect

Figure II –3 Schéma de principe d'un circuit de fluide caloporteur

CHAPITRE III : Présentation du circuit d'huile chaude

Table III –1 caractéristique d'huile utilisé Torada TC-32

Figure III -1 : Equipements composants du circuit huile chaude

Figure III -2 : Récupérateur de chaleur des turbines pour l'huile chaude 06-H-322A/B/C

Figure III -3 : Four de chauffe de l'huile chaude 06-H-321A/B

Figure III -4 : les équipements d'huile chaude dans train 1

CHAPITRE IV : Théorie de calcul

Figure IV -1 La variation de la chaleur spécifique en fonction de la température

Figure IV –2 La quantité de chaleur réelle E-151 train 02

Figure IV –3 La quantité de chaleur réel H-322 C

Figure IV –4 Donnés manquants au niveau de train

Figure IV –5 Donnés manquants au niveau système de gain

CHAPITRE V : Résultat et discussion

Figure V -1 Récupérateur de chaleur H-322A

Figure V -2 Récupérateur de chaleur H-322B

Figure V -3 Récupérateur de chaleur H-322C

Figure V -4 Four a gaz combustible H-321 A

Figure V -5 Four a gaz combustible H-321 B

Figure V -6 Réchauffeur de fuel gaz H-301

Figure V -7 Le rebouilleur du débutaniseur E-231

Figure V -8 Le rebouilleur de la colonne de stabilisation E-221

Figure V -9 Le rebouilleur du dééthaniseur E-151

Figure V -10 Le rebouilleur de régénération de l'amine E-115

Figure V -11 L'échangeur réchauffeur du gaz de régénération E-121

Figure V -12 Histogramme des températures de chaque équipements.

Liste des tableaux

Table III –02 La distribution d'huile dans les trains 1 ,2,3

Table III –01 caractéristique d'huile utilisé Torada TC-32

Table V –01 échanges thermique d'après les données théoriques du circuit

الهدف وراء أطروحة هذا الماستر هو دراسة فعالية أداء دورة الزيت الساخن في فصل الغاز، بحيث تمر على نظام تسخين و من ثم تنتقل إلى القطارات و هناك تحدث عملية فصل الغاز بالتبادل الحراري، بحيث قمنا بحساب التدفق الحراري و للتحقق من صحة النتائج، قمنا بمقارنة النتائج النظرية و الحقيقية و ذلك لمعرفة الأداء الحقيقي للزيت الساخن في مصنع إن أميناس.

كلمات البحث : التدفق الحراري , تبادل حراري , القطرات , زيت ساخن.

Résumé

L'objectif de ce mémoire de Master est d'étudier l'efficacité des performances du circuit d'huile chaude dans la séparation des gaz. Afin qu'il passe par un système de chauffage puis soit transféré aux trains, où le processus de séparation des gaz se produit par échange thermique. Donc nous avons calculé le flux de chaleur et pour vérifier la validité des résultats, nous avons comparé les résultats théoriques et réels afin de connaître les performances réelles d'huile chaud dans l'usine du In Amenas.

Mots clés : Flux thermique, Echange thermique, Trains, Huile chaude.

Abstract

The objective of this Master's is to study the efficacy of the performance of hot oil circuit in gas separation. So that it passes through a heating system and then transferred to the trains, where the gas separation process occurs through heat exchange ,so we calculate the heat flow and to check the validity of the results, we compared the theoretical and real results in order to know the real performance of hot oil in the In Amenas factory.

Keywords: Thermal flow, Heat exchange, Trains, Hot oil.

Introduction générale :

Le processus de traitement des gaz est complexe et nécessite un certain nombre d'installations et d'unités de traitement pour éviter les fluides d'hydrocarbures conformes aux exigences commerciales.

Le traitement du gaz brut sur le site de Tiguentourine permet au générateur d'introduire trois types d'hydrocarbures, pour sauvegarder l'état, le GPL et le gaz naturel. Pour plus d'informations sur le procédé de traitement et de séparation, il est nécessaire que le consommateur d'énergie thermique ajuste la température des fluides dans le procédé et la mémorise.

Le système utilisé assure le port et la distribution de cette énergie thermique, le système d'exploitation (système 32-06) a été développé pour augmenter le nombre de trains similaires. Il est essentiel que le système d'exploitation du système soit maintenu et continue de fonctionner pour répondre aux expériences d'exportation, afin de garantir que les performances des dispositifs fonctionnels les acceptent toutes dans la maintenance de l'intelligence humaine et du matériel.

Cette teinte est utilisée pendant une période de temps déterminée, et pendant cette période, elle conviendra à différentes fonctions.

Dans ce cas, nous avons commenté ce système fonctionnel, où nous valorisons les performances thermiques de tous les équipements concernés. Ces performances thermiques nous permettent d'améliorer l'efficacité de ce système dans l'air et d'utiliser l'équipement pour l'améliorer. Cette performance thermique nous en dira beaucoup sur les performances de ce système à huile chaude et son taux d'usure sur la dernière année du (01/01/2023 au 31/12/2023).

CHAPITRE I

Présentation du site gazier de Tiguentourine

I-1 Présentation du site gazier Tiguentourine :

Le projet In Amenas, un grand projet de production et de traitement de gaz naturel, est situé dans la région d'In Amenas, dans la partie centre-est de l'Algérie, à 1 300 kilomètres (800 mi) de la capitale, Alger. Les travaux du projet ont débuté en 2003 et sont devenus opérationnels pour la première fois en 2006.

Le projet comprend des éléments clés qui comprennent des champs de production, un réseau de gazoducs, une installation centrale de traitement (CPF) et des gazoducs d'exportation de gaz.

Les champs de production sont constitués de 4 champs principaux : le champ T-Forarin, le champ Hassi Berkine, le champ Hassi Lakhdar et le champ Hassi Omar. Ces champs comprennent des puits profonds qui extraient le gaz naturel du sol.

Le réseau de gazoducs relie les champs de production à l'installation centrale de traitement et transporte le gaz brut des champs de production jusqu'à l'installation centrale de traitement.

Il s'agit d'une immense installation de traitement du gaz naturel composée de différentes unités permettant de séparer le gaz naturel en ses composants : méthane, éthane, propane, butane, essence et gaz de pétrole liquéfié.

Les gazoducs d'exportation transportent le gaz traité depuis l'installation centrale de traitement vers les marchés d'exportation, reliant le projet au réseau national de gazoducs.

Le projet produit environ 9 milliards de mètres cubes de gaz naturel par an et contribue à environ 10 % de la production totale de gaz naturel en Algérie.

Sonatrach et Equinor, Eni entretiennent des partenariats solides dans le domaine énergétique, les trois sociétés coopérant dans divers projets de production de pétrole et de gaz naturel en Algérie. Le projet a créé de nouvelles opportunités d'emploi en Algérie, contribué à augmenter les revenus du gouvernement provenant des exportations de gaz naturel et contribué au développement de l'économie algérienne.

Le projet a été confronté à certains défis, notamment les attaques terroristes sur le site en 2013 et la chute des prix du gaz naturel ces dernières années.

L'ambition du projet ne s'arrête pas là puisque SONATRACH et EQUINOR et ENI les trois sociétés partenaires du projet, cherchent à augmenter la production du projet en explorant de nouveaux gisements, et les trois sociétés envisagent également d'exporter du gaz naturel liquéfié (GNL) du projet. (1)



Figure I -1 : Localisation de la région d'IN AMENAS

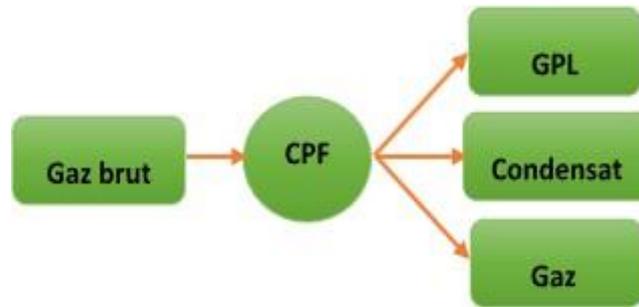


Figure I -2 : Centre du traitement principale.

I-2 Description du procédé du traitement de Gaz :

Le système de collecte de la production est constitué d'un réseau de pompes individuelles reliées à quatre conduites principales via des collecteurs au sol qui transportent les fluides produits vers les installations de réception de la CPF. Quatre conduites principales sont produites et les fluides sont ensuite transférés vers le Slug-Catcher via un collecteur d'entrée d'un diamètre de 42 pouces.

L'objectif du système **Slug-Catcher** et du collecteur d'entrée est de :

- Recevoir les fluides du système de production.
- Diviser les fluides produits en phases telles que les gaz, les hydrocarbures et l'eau.
- Fournir un volume d'eau souterraine et un réservoir de rétention de liquide pour la condensation et le produit de l'eau provenant du système de collecte.
- Fournir une source de combustible tertiaire pour le système de gaz combustible.

Les gaz séparés du récupérateur de chaux alimentent les trois trains de traitement du système. Ils peuvent également être utilisés comme source tertiaire d'oxygène combustible. (1)

La condensation des hydrocarbures est envoyée vers les séparateurs à pré-flash de la condensation d'entrée dans chaque Processus Train. L'eau produite est également séparée et ajoutée au flash d'eau produite.



Figure I -3 : Tête de puits

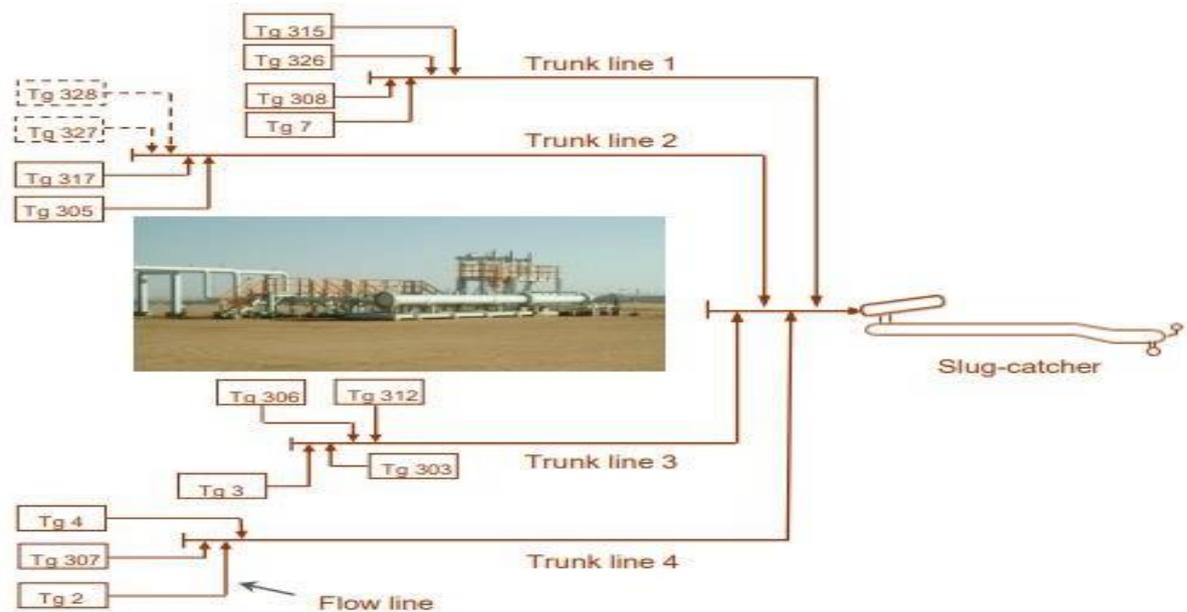


Figure I -4 : Système de collecte de production des puits vers CPF

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. (2)

Le traitement du gaz brut est effectué grâce à plusieurs étapes effectuées 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

I-2-1 Traitement du gaz humide :

Le système de traitement du Gaz humide reçoit le gaz humide non traité du capteur bouchon, le gaz récupère du système de condensat par les compresseurs de récupération de vapeur, le gaz de régénération de la boucle de régénération des dèshydrateurs 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

I-2-2 Unité de décarbonatation (CO₂) :

L'unité de décarbonatation reçoit un courant latéral de gaz s'écoulant des post-filtres de H₂S 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 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 CO₂ et de régénérer l'amine riche provenant de l'absorbeur.

- Eliminer le CO₂ des écoulements 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.

I-2-3 Déshydratation du gaz :

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 résiduel 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 dés hydrateurs.

I-2-4 Traitement du gaz sec :

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.
- Recompressé le courant du gaz traité pour réduire la charge le compresseur d'expédition.

I-2-5 Stabilisation du condensat :

Le système de stabilisation reçoit le fluide du système slug-catcher, du système de gaz humide 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

I-2-6 Séparations des produits liquides :

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.

I-2-7 Unité de récupération de vapeur :

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.

I-2-8 Production d'eau :

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.

I-2-9 Compression et comptage du gaz export :

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.
- Transport du produit gaz Résiduel à travers le pipeline vers le pipeline de transport de SONATRACH.

I-2-10 Stockage et expédition du condensat :

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

- Enlevé H₂S 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

I-2-11 Stockage et expédition du GPL :

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 pomper à partir de stockage à la pression adapté pour l'expédition.

I-2-12 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 systèmes 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



Figure I-5 : Stockage de condensat



Figure I-6 : Stockage de GPL

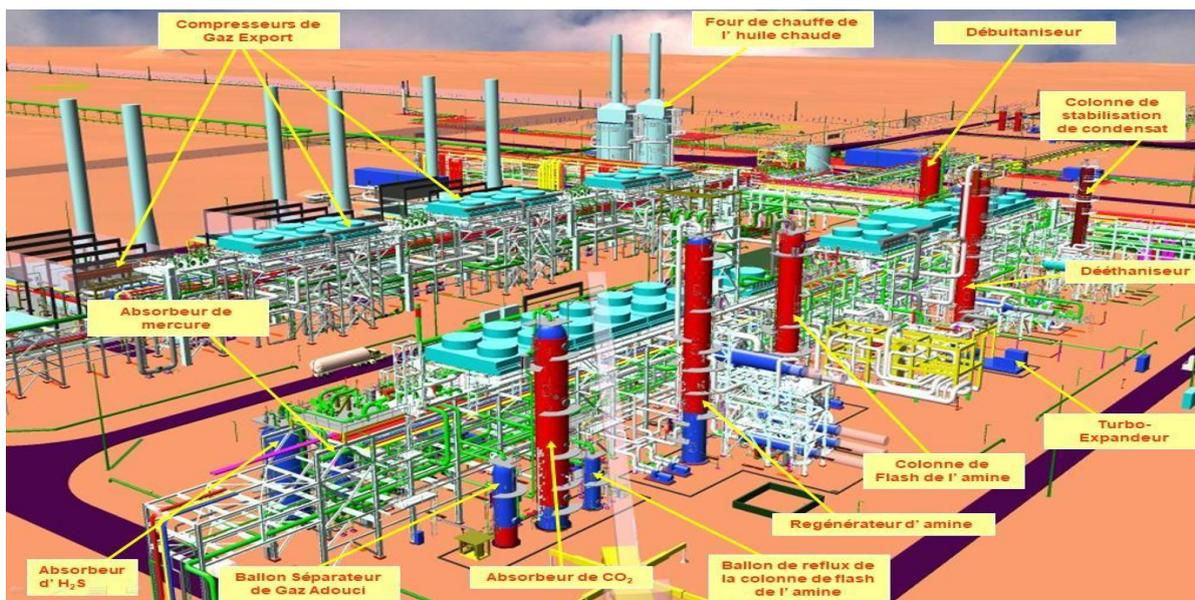


Figure I-7 : Les processus de traitement de gaz au niveau du CPF

I-3 Les utilities pour le traitement de gaz au niveau de CPF :

Le gaz brut est traité au niveau de la CPF par une pléthore d'installations et d'unités de traitement qui travaillent directement avec le processus fluide. Pour que ces unités fonctionnent correctement et dans des conditions optimales, un groupe de systèmes appelés systèmes d'utilité est essentiel pour contrôler, sauvegarder, entretenir et fournir l'énergie nécessaire aux opérations mécaniques, hydrauliques, chimiques ou même thermiques aux différents niveaux d'équipement.

I-3-1 Les principaux systèmes 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

CHAPITRE II

Les fluides caloporteurs

II-1 Introduction :

Dans l'industrie en général, l'énergie est nécessaire pour faire avancer les choses, faire fonctionner les machines et effectuer des transformations physiques ou chimiques. Cette énergie peut être apportée ou transférée sous différentes formes, électrique, mécanique ou thermique. Dans le cas thermique, elle peut être la suivante : Suivi : (3)

- **Direct** : La chaleur générée par la combustion du combustible est utilisée (à l'aide d'un four ou d'un radiateur échangeur de chaleur), résistance électrique, etc.
- **Indirect** : On parle ici du système de transfert de chaleur fluide transfert de chaleur, ce système est très utile et efficace, voire indispensable pour le traitement produit d'hydrocarbures.

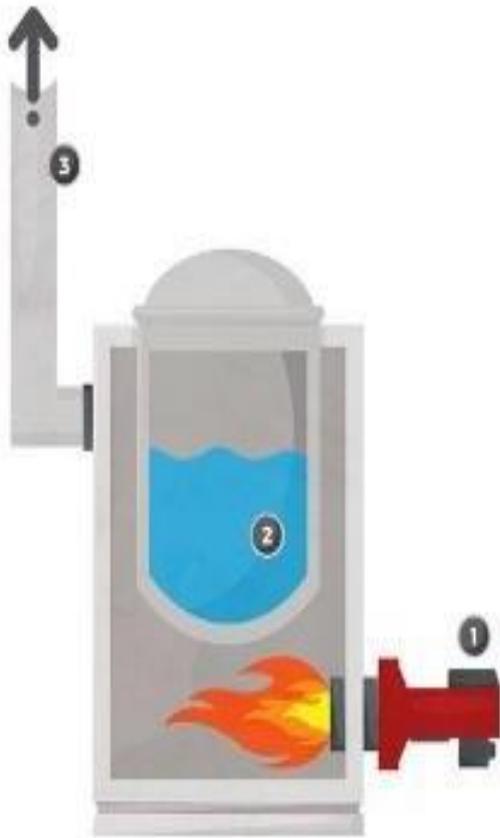


Figure II -1 chauffage direct



Figure II -2 chauffage indirect (4)

II-2 Les fluides caloporteur:

L'utilisation de fluide thermique pour le transfert de chaleur thermique est un type chauffage indirect où le fluide caloporteur est chauffé et circulé, dans un système en boucle fermée, plusieurs équipements traversent ce circuit l'énergie thermique sera distribuée à un ou plusieurs utilisateurs, l'huile thermique, le glycol et l'eau sont des fluides caloporteurs courants.

II-3 Caractéristique du fluide thermique :

Un fluide caloporteur doit posséder des caractéristiques spécifiques afin de transporter efficacement l'énergie tout en conservant un bon rapport coût/efficacité.

Ces caractéristiques comprennent :

- Bonnes propriétés de transfert de chaleur
- Stabilité thermique pour un fonctionnement prolongé
- Faible viscosité, notamment au démarrage, pour minimiser la consommation électrique
- Faible température de solidification pour des arrêts en toute sécurité
- Résistance à la corrosion
- Adéquation technique à des processus et températures de fonctionnement spécifiques
- Faible toxicité et respect de l'environnement pour une élimination facile
- Risques minimes pour le personnel et les machines, garantissant la sécurité et évitant les fuites coûteuses

Bien qu'il soit impossible de trouver un fluide caloporteur qui remplisse parfaitement toutes ces conditions, les fluides caloporteurs ou les huiles sont connus pour répondre à la plupart de ces exigences et surpassent d'autres options comme la vapeur sur des aspects cruciaux.

Leurs performances techniques élevées, y compris la capacité de fonctionner à des températures élevées, de maintenir des températures de produit précises et uniformes et d'offrir polyvalence et flexibilité, ainsi que de faibles coûts de maintenance et une résistance à la corrosion, font des fluides caloporteurs le choix privilégié dans divers secteurs et applications industriels, lors de la sélection du fluide caloporteur le plus adapté à un système, il est conseillé de consulter des spécialistes tels que des fabricants de fluides caloporteurs ou de chaudières. Ils peuvent vous conseiller sur la meilleure option parmi la large gamme disponible sur le marché.

En fin de compte, la sélection finale doit être celle qui s'adapte le mieux aux exigences spécifiques du système.

II-4 Sélection du fluide caloporteur approprié :

Comme déjà mentionné, une réelle compréhension des exigences opérationnelles du système est fondamentale et aidera à créer un ensemble de critères pouvant être utilisés pour comparer différents fluides et permettre l'élimination rapide de ceux qui ne sont pas les plus adaptés à l'application. Cependant, avant de comparer et de contraster individuellement différents fluides caloporteurs, un temps et des efforts considérables peuvent être économisés dans le processus de sélection en comparant et en contrastant les types de fluides.

Une fois sélectionné le type de fluide (également appelé « produit chimique ») qui répond le mieux aux critères requis pour l'application, la liste de fluides potentiels qui en résulte devient beaucoup plus gérable pour effectuer des comparaisons plus détaillées.

Les fluides caloporteurs peuvent être classés, selon leur structure chimique, en trois types principaux : (5)

- Les huiles synthétiques
- Huiles minérales
- D'autres, dont les silicones.

- **Stabilité thermique :**

La stabilité thermique du fluide est le principal facteur déterminant sa température maximale de fonctionnement, la stabilité thermique est simplement définie comme la capacité d'un fluide caloporteur à résister à la fissuration moléculaire due à une contrainte thermique. Le test de stabilité thermique relative des fluides caloporteurs mesure la force de liaison moléculaire d'un fluide à une température spécifique par rapport à un autre fluide à la même température et dans des conditions de test identiques. Les problèmes potentiels provoqués par une dégradation excessive et la formation ultérieure de sous-produits de dégradation comprennent une augmentation de la cokéfaction et de la saleté, des difficultés mécaniques et une diminution de l'efficacité du transfert de chaleur.

Par conséquent, comme vous pouvez probablement l'imaginer, la première étape du processus de sélection d'un type particulier d'huile thermique consiste à établir la température de fonctionnement maximale. Comme mentionné ci-dessus, la plupart des huiles minérales ont une plage de température maximale recommandée de 270°C à 315°C, tandis que les fluides thermiques synthétiques ou aromatiques sont particulièrement recommandés pour des températures maximales de fluide comprises entre 315°C et 400°C. Étant donné que les structures moléculaires des composés aromatiques sont nettement plus stables thermiquement que celles des huiles minérales au-dessus de 280°C, les fluides synthétiques sont également recommandés pour les applications au-dessus de cette température.

Les applications de procédé qui nécessitent des températures de fluide comprises entre 150°C et 280°C peuvent spécifier des fluides synthétiques ou à base de pétrole, d'autres caractéristiques étant utilisées pour déterminer le choix du fluide thermique.

- **Efficacité du transfert de chaleur :**

Il est important de noter que lors de l'évaluation de cette propriété, l'obtention d'une plus grande efficacité de transfert de chaleur n'entraîne pas nécessairement des économies de combustible, car cela dépend en grande partie de la conception de la chaudière. Cette propriété contribue cependant à atteindre plus rapidement nos objectifs énergétiques. Avec les mêmes surfaces échangeables dans nos équipements, un fluide caloporteur à haut rendement nous permettra d'atteindre plus rapidement la température de fonctionnement requise.

Pour comparer l'efficacité du transfert thermique de différents fluides, nous utilisons des coefficients de transfert thermique. Ces coefficients peuvent être calculés en fonction de la densité, de la viscosité, de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique du fluide à une température, un débit et un diamètre de tuyau spécifiques (voir la feuille de calcul sur les propriétés du fluide thermique).

Dans la plage de températures de 150°C à 260°C, la plupart des fluides thermiques synthétiques présentent une efficacité de transfert de chaleur supérieure à celle des huiles minérales. Cependant, à des températures supérieures à cette plage (jusqu'à 300 °C), certains fluides caloporteurs minéraux réduisent l'écart et fonctionnent de manière similaire aux huiles blanches paraffiniques / naphthéniques hautement raffinées.

- **Température minimale de pompage :**

La température à laquelle un fluide caloporteur peut fonctionner est définie comme la température à laquelle la viscosité du fluide atteint une valeur,

typiquement 2000 cps, à laquelle les pompes centrifuges ne peuvent pas faire circuler le fluide.

Alors que la plupart des applications de processus fonctionnent à des températures bien supérieures à ce point, la conception du système peut rencontrer des problèmes lors d'arrêts d'urgence ou d'arrêts de maintenance si cette exigence n'est pas prise en compte lors de l'acquisition du fluide caloporteur pour notre système.

En général, la plupart des huiles minérales colporteuses et des fluides synthétiques de milieu de gamme ont des valeurs de point d'écoulement comprises entre -20 °C et -5 °C. Fluides synthétiques haut de gamme : les fluides synthétiques aromatiques contenant de l'oxyde de **bi phényle/diphényle** et avec des températures de fonctionnement maximales de 370 °C à 400 °C, ont des valeurs de point d'écoulement de 5 °C à 15 °C comme températures de pompage minimales.

- **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.

- **Investissement, Coût économique :**

En règle générale, plus la température maximale d'utilisation du fluide est élevée, plus le coût économique est élevé. Les huiles colporteuses synthétiques de moyenne gamme avec des températures de fonctionnement allant jusqu'à 340°C sont entre une fois et demie à deux fois plus chères que

les huiles minérales, tandis que les huiles caloporteurs synthétiques aromatiques haut de gamme pour des températures de fonctionnement allant jusqu'à 400°C sont jusqu'à cinq ou six fois plus cher.

Au sein de ce critère de coût économique, il est important d'inclure les coûts d'exploitation tels que la maintenance, les remplacements, etc.

II-5 Huiles thermiques :

Les huiles thermiques sont largement utilisées pour transférer l'énergie thermique dans l'industrie, notamment dans le pétrole et le gaz. Ils sont principalement utilisés dans les applications de traitement à haute température où les températures des fluides sont comprises entre 150°C et 400°C, et sont plus sûrs et plus efficaces que les méthodes de chauffage à la vapeur, à l'électricité ou au feu direct. Cette usine utilise de l'huile thermique **Sonatrach El Torada TC32**.

II-6 Application d'huile thermique :

Le transfert de chaleur utilisant un fluide peut être considéré comme un fluide thermique. L'eau est le fluide thermique le plus rentable et le plus largement utilisé, avec une efficacité élevée et un contrôle facile. Cependant, sa principale limitation est qu'à des températures supérieures à 100 °C, il commence à bouillir et à se transformer en vapeur. Il ne peut donc être utilisé que dans un système sous pression, ce qui impose des restrictions sur sa manipulation et son utilisation pour garantir un fonctionnement sûr, les huiles thermiques permettent d'utiliser des systèmes de transfert de chaleur à basse pression pour atteindre des températures élevées qui auraient nécessité des systèmes de vapeur à haute pression. Les systèmes à vapeur sont soumis à des exigences légales et

réglementaires en raison du risque inhérent de pression et du coût accru de l'installation et des exigences d'inspection de routine des assurances.

Les huiles thermiques, en tant que fluides caloporteurs, sont utilisées dans diverses applications et industries où des températures élevées sont requises. Certains produits sont utilisés dans des applications aérospatiales, automobiles, marines ou militaires. D'autres sont utilisés avec les moteurs à combustion, les équipements de traitement, les compresseurs, les pompes à piston, les engrenages et les transmissions finales. Les huiles thermiques peuvent également être utilisées dans les applications alimentaires, boissons et pharmaceutiques.

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

- La production de pétrole et de gaz
- Plantes chimiques
- Installations de fabrication de textiles
- Applications marines
- Traitement du bois
- Traitement des métaux, papiers et cartons
- Matériaux de construction

II-7 Circuit du transfert de chaleur :

Un circuit de transfert de chaleur est un circuit dans lequel le caloporteur circule du chauffage au consommateur de chaleur puis retourne à nouveau au chauffage ou à la chaudière et dans lequel, entre les parois d'enceinte du système, la

chaleur n'est ni ajoutée ni éliminée, à l'exception de pertes dans l'environnement.

Un exemple de système de transfert de chaleur typique, destiné aux objets du quotidien, est le système de chauffage central domestique installé dans de nombreuses maisons.

Le schéma de principe est représenté à la figure C. Une chaudière (1), sur laquelle est monté un brûleur (4) et qui possède un conduit de fumée ou une cheminée (3) pour éliminer les gaz de combustion, chauffe le fluide caloporteur (dans le cas d'installations domestiques). Chauffage central – eau), qui, au moyen de tuyaux (5), arrive à l'appareil consommateur (2), (dans cet exemple – radiateurs), où l'énergie est restituée et retourne ensuite à la chaudière, fermant le cycle. Un ballon de stockage (6). Des Vanes (7, 10, 12). (6)

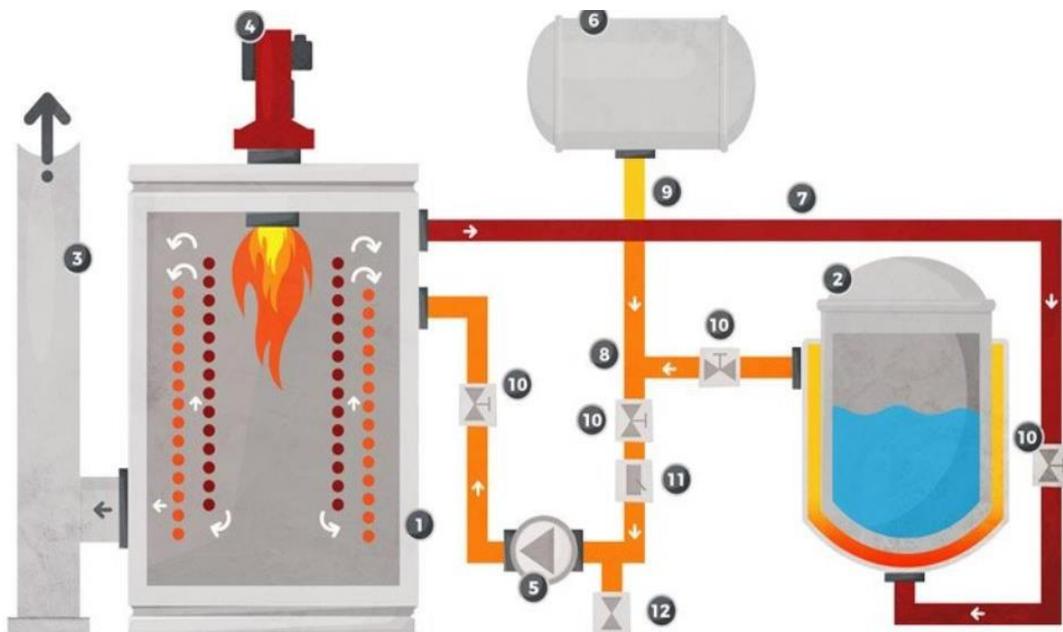


Figure II –3 Schéma de principe d'un circuit de fluide caloporteur (4)

II-8 Fonctionnement du système de circuit de fluide caloporteur :

- **La pompe de circulation :**

Il existe deux types de pompes utilisées dans un système à huile thermique. On trouve une pompe à engrenages (rarement utilisée) et une pompe centrifuge (le type préférable, car elle permet des débits plus élevés et un écoulement turbulent à travers le réchauffeur). La pompe joue un rôle similaire à celui du cœur humain. Elle maintient le fluide thermique en circulation et si jamais elle s'arrête, cela entraînera des problèmes majeurs avec le système. Pour nous, si notre cœur cesse de battre, cela signifie la mort. Par conséquent, nous devons faire tout ce qui est en notre pouvoir pour maintenir cette pompe en fonctionnement en faisant circuler le fluide thermique à travers le système lorsqu'il est chauffé. Il serait donc judicieux d'attacher votre pompe à un système de batterie de secours/générateur pour garantir sa disponibilité en cas de panne électrique, ou d'installer une autre pompe en veille.

- **Le réseau de tuyauterie :**

Elle transporte le fluide d'un point à un autre de la manière la plus directe. Les tuyaux rigides sont soudés ensemble, ce qui est la meilleure méthode car la viscosité du fluide est si faible à des températures élevées qu'elle peut entraîner des fuites dans le système. Il existe également des tuyaux souples et flexibles qui peuvent être utilisés dans un système. Bien que ceux-ci soient tout à fait acceptables, une mauvaise étanchéité des raccords peut entraîner une certaine infiltration d'huile. Pour les fluides organiques, seuls trois matériaux ne doivent pas être utilisés - le cuivre, l'aluminium et le laiton. Ces matériaux sont des catalyseurs d'oxydation et peuvent dégrader un fluide

thermique organique. Il est recommandé d'utiliser de l'acier ou de l'acier inoxydable comme matériaux pour la plomberie.

- **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 ballon d'expansion est un élément crucial d'un système d'huile thermique. Il permet l'expansion du fluide thermique chauffé et assure un approvisionnement constant pour maintenir le système en bon état. En cas de fuite, ce réservoir sert également de réserve de fluide thermique. Il est donc essentiel de surveiller régulièrement le niveau dans le réservoir pour détecter toute anomalie.

II-9 Conclusion :

L'énergie thermique joue un rôle fondamental dans l'industrie, en alimentant les machines, en favorisant les transformations physiques et chimiques et en garantissant le bon fonctionnement des procédés. Sa présence sous différentes formes, directe ou indirecte, est indispensable à de nombreux secteurs industriels.

L'énergie thermique directe offre une solution simple et efficace pour chauffer des produits ou des équipements. La combustion de combustibles, l'utilisation de fours ou de radiateurs échangeurs de chaleur en sont des exemples concrets. Cette approche directe s'avère particulièrement utile dans des situations où un transfert de chaleur rapide et intense est requis.

En revanche, l'énergie thermique indirecte met à profit un fluide caloporteur pour transporter la chaleur d'une source vers une autre. Ce système, plus complexe mais souvent plus performant, trouve son application dans des domaines tels que le raffinage du pétrole, la pétrochimie et l'industrie agroalimentaire.

En conclusion, l'énergie thermique, sous ses formes directe et indirecte, constitue un pilier essentiel de l'activité industrielle. Sa maîtrise et son utilisation rationnelle permettent d'optimiser les procédés, d'améliorer les rendements et de garantir la sécurité des opérations. La recherche et le développement de solutions innovantes pour une gestion plus efficace de l'énergie thermique contribueront à une industrie plus durable et plus respectueuse de l'environnement.

CHAPITRE III

Présentation du circuit d'huile chaude

III-1 Introduction :

Le procès de chauffage du site gazier de Tiguentourine est assuré par un système d'huile chaude constitué d'un système de stockage et de circulation du fluide thermique ou huile chaude. L'huile chaude est chauffée en récupérant l'énergie thermique des gaz d'échappement des turbines à gaz qui entraînent les compresseurs de gaz résiduels. De plus, deux fours à gaz combustible **06-H-321A/B** fournissent un chauffage supplémentaire au cas où la charge de traitement serait 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 vase d'expansion à environ 187°C.

Les rebouilleurs du déthaniseur **01/02/03-E 151** utilisent de l'huile chaude ayant déjà traversé le rebouilleur du déthaniseur **02/01/03-E-231**. Le rebouilleur régénérateur d'amines nécessite de l'huile chaude à 176°C pour réduire la dégradation des amines et éviter une corrosion excessive. Le contrôle de la température est réalisé dans les échangeurs **02/01/03-E-111**, en refroidissant l'huile chaude entrante avec l'huile de retour "froide" du rebouilleur régénérateur d'amines. L'huile circule alors à la température requise.

Le système est équipé de trois pompes de circulation **06-P-321 A/B/C** fonctionnant à 50 % de leur puissance maximale, chaque pompe étant capable de desservir un train de traitement. Le vase d'expansion d'huile chaude **06-V-321** est dimensionné à 160 % de la taille prévue du réservoir pendant le fonctionnement. Le système comprend également un refroidisseur d'air à huile chaude **06-E-322** dimensionné pour 25 % du débit maximum total des deux fours **06-H-321A/B**. Le système comprend également un réservoir de stockage d'huile chaude **06-T-321**, un réservoir de collecte pour

les purges d'huile chaude **06-V-322**, ainsi que les pompes de transfert associées **06-P-322** et **06-P-323**.

III-2 L'huile utilisée dans la séparation de gaz :

L'huile utilisée au niveau de CPF est Torada TC-32, L'usine a besoin d'une quantité de 400 mètres cubes d'huile pour le processus de séparation des composants gazeux. Quant à l'entretien, il est de longue durée, puisqu'il a été utilisé pour la première fois en 2007, et à ce jour il a été changé une fois en 2016, et cela justifie la qualité de cette huile dans le système pratique, et nous le mentionnons ci-dessous certaines des caractéristiques de cette huile :

Temp (°C)	Viscosité (CSt)	Viscosité (cP)	Cp (kcal/kg-°C)	Densité (Kg/m ³)
25	63,8	55,25	0,45	866
50	34,4	29,52	0,48	858,2
100	5,49	4,51	0,52	760
200	1,39	1,06	0,61	759,1
300	0,67	0,47	0,69	698

Table III –1 caractéristique d'huile utilisé Torada TC-32 (7)

III-3 Equipements composants du circuit huile chaude :

III-3-1 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**

III-3-2 Equipements incluses 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**

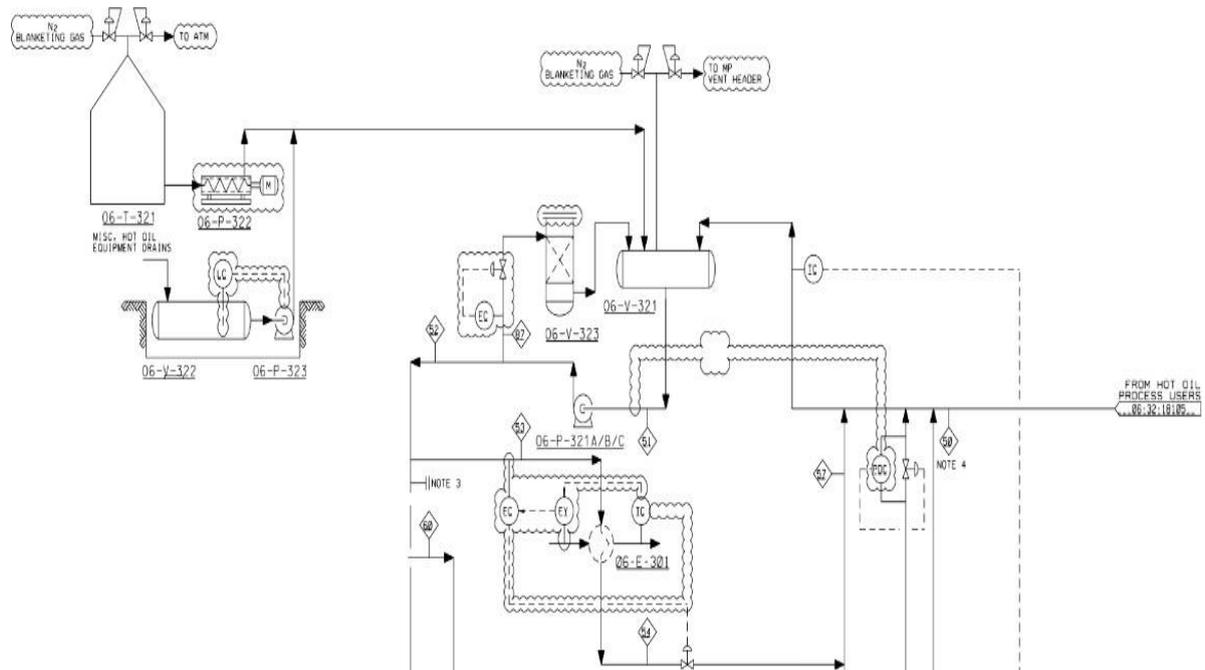


Figure III -1 : Equipements composants du circuit huile chaude

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

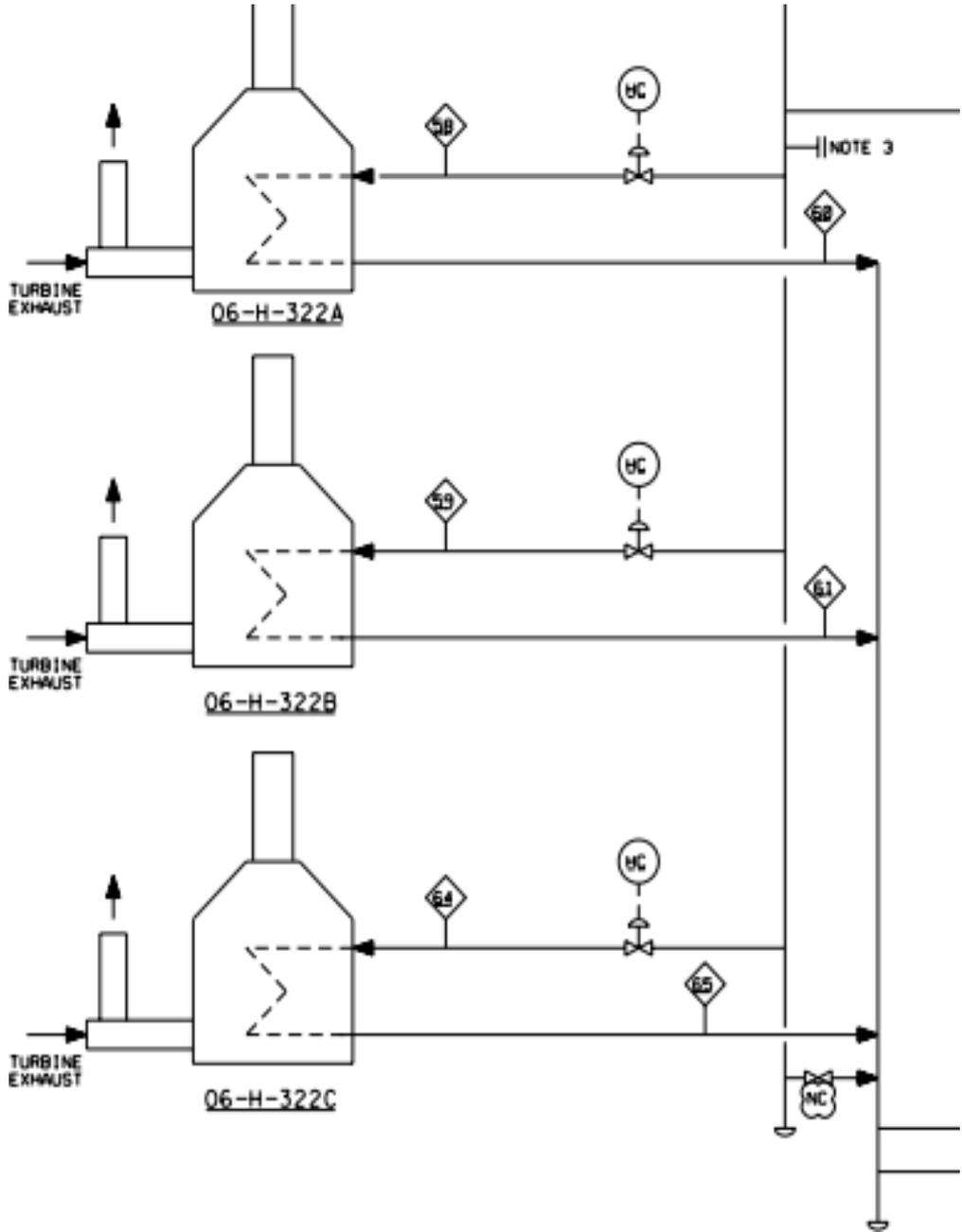


Figure III -2 : Récupérateur de chaleur des turbines pour l'huile chaude 06-H-322A/B/C

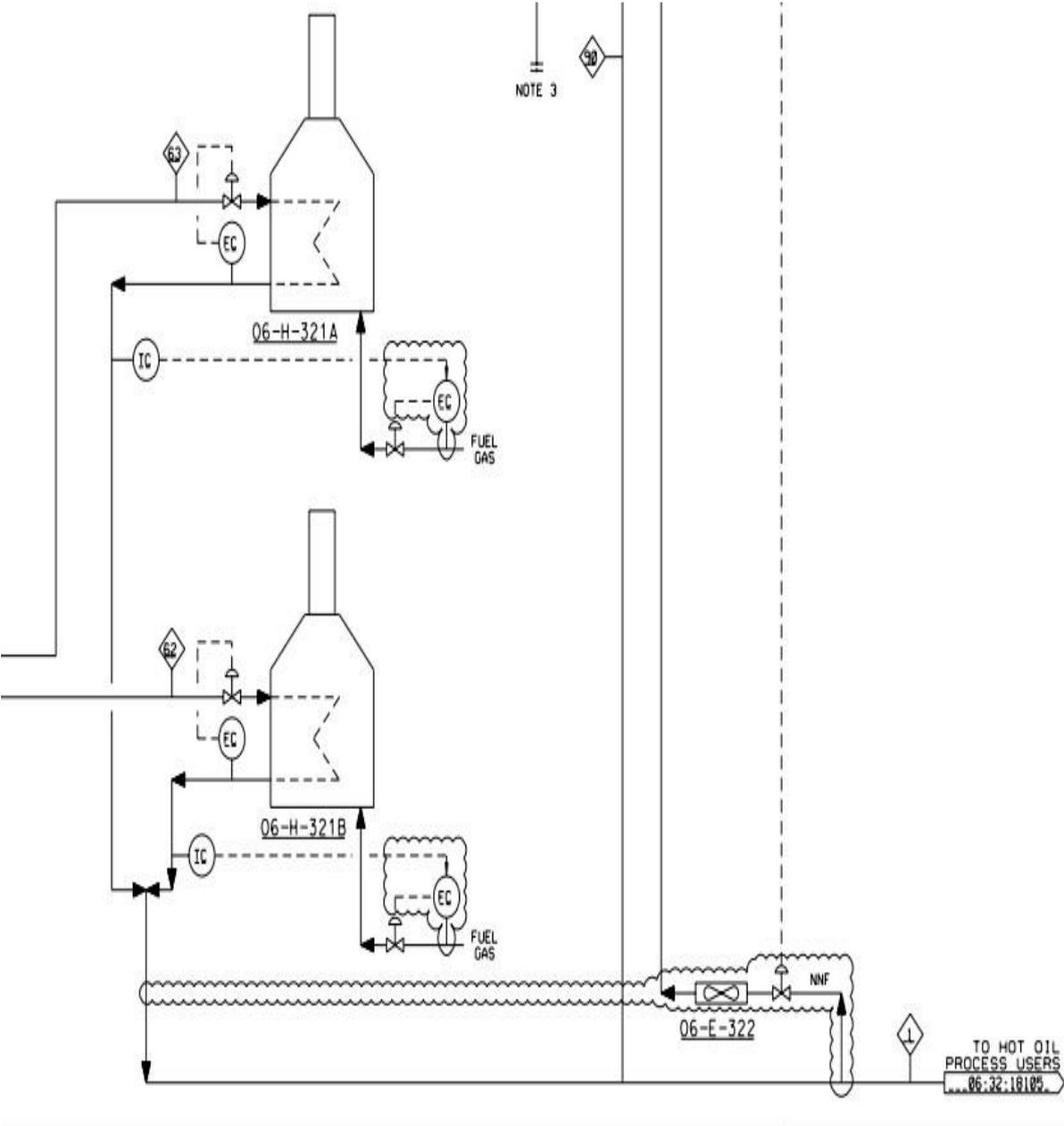


Figure III -3 : Four de chauffe de l'huile chaude 06-H-321A/B

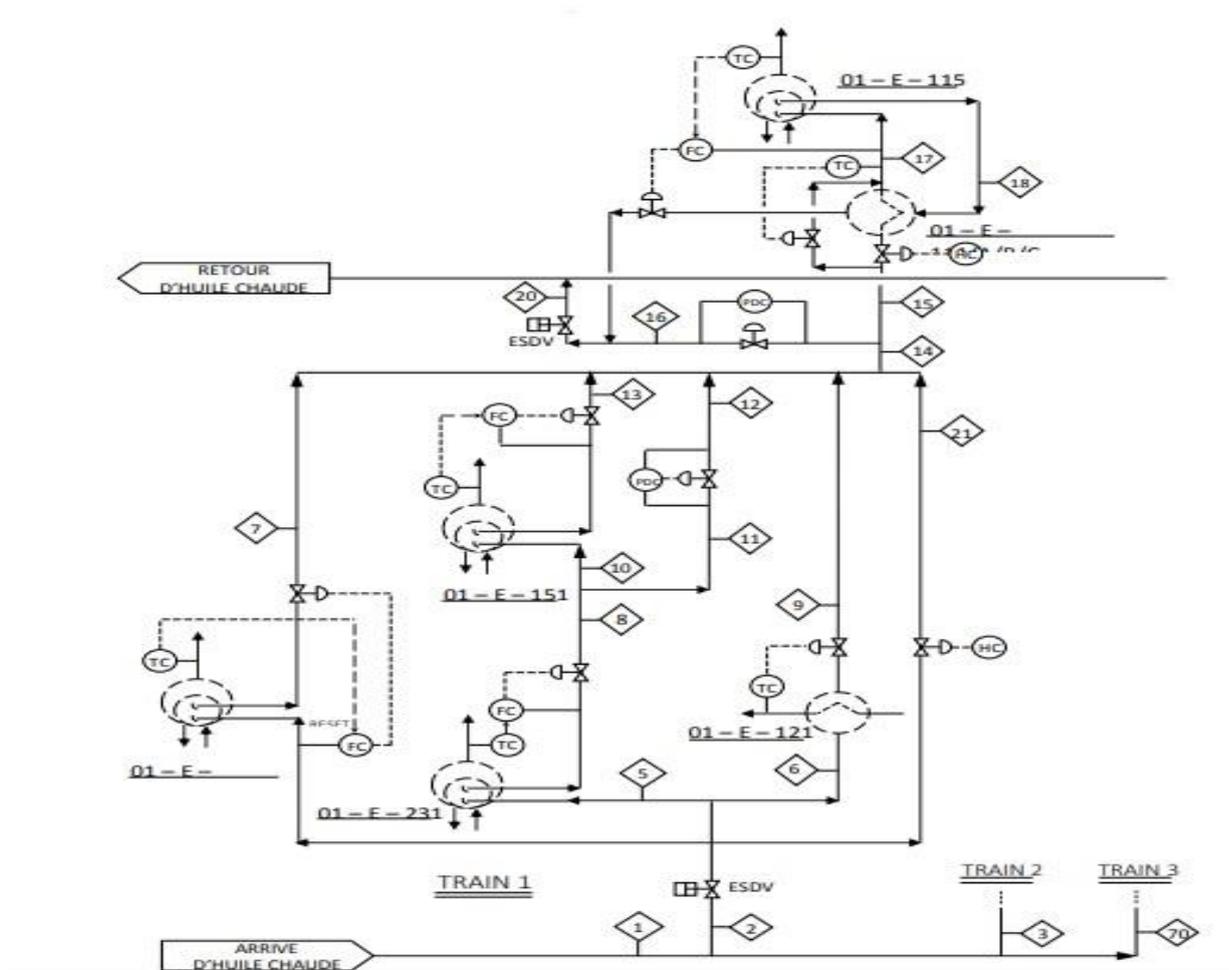


Figure III -4 : les équipements d'huile chaude dans train 1

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

Ballon tampon de l'huile chaude 06-V-321 :

Le récipient sous pression horizontal connu sous le nom de vase d'expansion d'huile chaude 06-V-321 a pour but de fournir un volume d'aspiration pour les pompes de circulation d'huile chaude et de recevoir l'huile chaude qui revient du système de circulation. Il est spécifiquement conçu pour s'adapter à l'expansion du volume du fluide caloporteur lorsque l'huile est chauffée de la température ambiante à la température de fonctionnement standard. Le volume de dilatation thermique du système à fioul chaud est estimé à environ 300 m³. En plus de recevoir de l'huile chaude en circulation, le vase d'expansion d'huile chaude collecte également l'huile recyclée provenant des refoulements des pompes de circulation d'huile chaude, rassemble tous les rejets des soupapes de sûreté thermique de la tuyauterie du système d'huile chaude et aspire l'huile chaude d'appoint du Réservoir de stockage d'huile chaude. Pour maintenir une pression positive dans le récipient et empêcher l'air de pénétrer dans le système, un système de gaz de couverture est en place. L'azote gazeux de couverture est dirigé vers l'espace vapeur du récipient via une vanne de régulation de pression autorégulant 06-PCV-3243 réglée à 0,2 bar, puis s'écoule hors du récipient vers le collecteur MP Vent via une autre vanne de régulation de pression autorégulatrice 06-PCV-3242 réglé à 0,7 bar. L'huile chaude sort du vase d'expansion d'huile chaude à la température de fonctionnement standard de 178 °C et est dirigée vers le collecteur d'aspiration des pompes de circulation d'huile chaude. (8)

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 aluminées

Pompes de circulation d'huile chaude 06-P-321A/B/C :

Les pompes centrifuges à un étage à moteur horizontal, connues sous le nom de pompes de circulation d'huile chaude 06-P-321A/B/C, sont conçues pour fonctionner chacune à 50 % de la capacité du système. Actuellement, en raison de l'épuisement du réservoir, le CPF fonctionne avec deux trains de traitement à 85 % de sa capacité pour chaque train. Dans ce mode de fonctionnement, appelé mode pompe 1oo2, une pompe est en service, une pompe est conservée en secours et une pompe est préservée ou mise en veilleuse. Le fonctionnement d'une seule pompe est suffisant pour maintenir des paramètres de processus stables pour différents modes TEX/JT.

L'huile chaude est dirigée du collecteur d'aspiration à travers des vannes d'isolement à double aspiration et une crépine de type **T** vers la buse d'aspiration de la pompe de circulation d'huile chaude. La pompe fonctionne généralement avec une pression d'aspiration de 1,0 bar et une pression de refoulement de 16,8 bar pour assurer la circulation dans tout le système. Ensuite, l'huile chaude s'écoule de la buse de refoulement de la pompe à travers un clapet de blocage, un clapet anti-retour et un deuxième clapet de blocage jusqu'au collecteur de refoulement de la pompe.

Pour éviter les chocs thermiques, une conduite de réchauffement avec un orifice de restriction 06-FO-3204A/B/C est installée autour du clapet anti-retour de refoulement sur chaque pompe, permettant au liquide du collecteur de refoulement de refluer à travers la pompe de recharge avant de démarrer. Par la suite, l'huile chaude passe des pompes de circulation d'huile chaude à travers le collecteur de refoulement vers les réchauffeurs d'huile chaude usagée 06-H-322A/B/C. De plus, il y a deux connections de recyclage sur le collecteur de

refoulement pour recycler l'huile chaude de la décharge de la pompe vers le vase d'expansion d'huile chaude. Un flux de recyclage passe à travers un débitmètre de type vortex 06-FT-3260, une vanne de régulation de débit 06-FV-3260 et 2 filtres à huile chaude à 100 % 06-V-323A/B (service/veille). Le deuxième flux de recyclage s'écoule à travers un débitmètre de type vortex 06-FT-3261 et une vanne de régulation de débit 06-FV-3261 pour garantir une flexibilité opérationnelle permettant aux pompes de circulation d'huile chaude 06-P-321A/B/C de fonctionner avec la meilleure efficacité.

Point de 1206 m³/h à travers chaque pompe. De plus, une connexion de dérivation est prise à partir du collecteur de refoulement de la pompe pour fournir de l'huile chaude à la surchauffeur de gaz à fioul chaud 06-E-301.

Enfin, une connexion de l'ensemble du système d'échantillonnage sur le collecteur de refoulement commun permet l'extraction d'un échantillon d'huile chaude pour analyse, la conduite de ventilation du système d'échantillonnage étant acheminée vers l'aspiration de la pompe.

Caractéristiques :

- Type : Centrifuge Horizontale mono-étagée
- Capacité : 1205,8 m³/h à 15,5 bar (différence de pression)
- Conditions design: 27,0 bar / 316°C, -5°C
- Puissance moteur : 860 kW

Filtre d'huile chaude 06-V-323 :

Les filtres à huile chaude 06-V-323A/B sont des filtres de type plaqué conçus pour éliminer les particules solides supérieure à 3 μm . Environ 10 % du débit total d'huile chaude passe par le système d'huile chaude. Filtre 06-V-323A/B et retourne au vase 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

Récupérateur de chaleur 06-H-322A/B/C :

L'huile chaude est transférée des pompes de circulation d'huile chaude 06-P-321A/B/C vers le collecteur de refoulement de la pompe, puis vers chaque collecteur de distribution d'entrée de réchauffeur d'huile chaude de chaleur résiduelle. Les réchauffeurs d'huile chaude de chaleur résiduelle 06-H-322A/B/C sont des unités de récupération de chaleur résiduelle situées dans les échappements de turbine à gaz des compresseurs de gaz résiduaires 00-C-161A/B/C. L'huile chaude, à une température d'environ 186 °C, traverse plusieurs serpentins de chauffage dans le collecteur d'entrée et est chauffée à environ 271 °C par les gaz d'échappement circulant à travers la coque de l'unité de récupération de chaleur perdue.

Par la suite, l'huile chaude se déplace des serpentins de chauffage vers un collecteur de sortie, puis via un débitmètre à orifice jusqu'au collecteur de retour du réchauffeur commun. De là, l'huile chaude est dirigée du collecteur de retour du réchauffeur d'huile chaude à chaleur résiduelle vers les réchauffeurs d'huile chaude à gaz 06-H-321A/B à une pression d'environ 13,5 bars.

Caractéristiques :

- Type : Unité de récupération de chaleur d'échappement
- Besoins : 117 x 106 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

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

L'huile chaude s'écoule du collecteur de retour des réchauffeurs d'huile chaude à chaleur résiduelle vers le collecteur de distribution d'entrée de chaque réchauffeur d'huile chaude à gaz à chaleur résiduelle. Les radiateurs à huile chaude au gaz 06-H-321A/B sont des radiateurs à gaz directs. L'huile chaude à environ 271 °C s'écoule du collecteur de distribution d'entrée à travers plusieurs serpentins de chauffage et est chauffée à environ 288 °C par les gaz de combustion des brûleurs à gaz combustible. L'huile chaude s'écoule des serpentins de chauffage dans un collecteur de sortie, puis via un débitmètre à orifice jusqu'au collecteur d'alimentation en huile chaude commun.

Des arrangements de vannes de blocage et de purge doubles sont prévus dans les conduites d'entrée et de sortie d'huile chaude vers/depuis les réchauffeurs pour permettre l'isolation pour la maintenance. Un raccord de purge est prévu sur le

collecteur d'entrée d'huile chaude en aval de l'isolation d'entrée, et un raccord de vidange est prévu sur la conduite de sortie. L'huile chaude s'écoule à travers le collecteur d'alimentation en huile chaude à environ 12 bars jusqu'au système de distribution d'huile chaude. Une partie de l'huile chaude dans le collecteur d'alimentation en huile chaude est dérivée via une conduite secondaire et s'écoule à travers la vanne de régulation de température 06-TV-3240 vers le refroidisseur de garniture d'huile chaude 06-H-322.

Caractéristiques :

- Type : Fours de chauffe à gaz naturel
- Besoins : 152 x 106 Kj / h
- Conditions design coté tube : 27,0 bar, 343°C
- Chute de pression : 2,0 bar

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

Le refroidisseur d'huile chaude 06-E-322 est un échangeur de chaleur refroidi par air du type à tirage forcé, doté d'une seule baie de ventilateur équipée de deux ventilateurs. L'huile chaude passe par la vanne de régulation de température 06-TV-3240 et est refroidie à environ 55 °C avant d'être combinée avec l'huile chaude du collecteur de retour du système de distribution vers le vase d'expansion d'huile chaude 06-V-321.

Ce refroidisseur est spécialement conçu pour abaisser la température de l'huile chaude pendant la phase de démarrage initiale, en particulier lorsqu'il n'y a aucune exigence de fonctions de chauffage de processus.

Caractéristiques :

- Type : Echangeur de refroidissement à air forcé
- Besoins : 11,7 x 106 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

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

Le réservoir de stockage d'huile chaude a été spécialement conçu comme un réservoir de stockage atmosphérique avec un volume suffisant pour stocker l'inventaire nécessaire au remplissage initial du système. Pour garantir que l'espace de vapeur du réservoir reste exempt d'air, un système de gaz sous couverture d'azote est en place. L'azote est dirigé vers l'espace vapeur du réservoir via une vanne de régulation de pression autorégulatrice 06-PCV-3234, réglée à 1,5 mbar. Tout excès d'azote est évacué en toute sécurité vers l'atmosphère via une autre vanne de régulation de pression autorégulant 06-PCV-3230, réglée 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

La distribution de l'huile chaude :

Le système de distribution d'huile chaude transporte l'huile chaude du collecteur d'alimentation principal vers chaque train de traitement et reçoit également l'huile chaude des trains pour la retourner au vase d'expansion d'huile chaude. Un branchement depuis le collecteur d'alimentation permet à l'huile chaude de contourner le système de distribution via la vanne de régulation de pression différentielle 06-PDV-3292 et de s'écouler directement vers le collecteur de retour de distribution d'huile chaude.

Ce contrôleur de pression différentielle garantit qu'un débit de circulation minimum est maintenu à tout moment, offrant ainsi une protection de débit minimum pour les pompes de circulation d'huile chaude. Des vannes d'isolement doubles et des vannes de dérivation sont présentes en amont et en aval du 06-PDV-3292 pour faciliter la maintenance de la vanne de régulation en cas de panne. L'huile chaude se déplace du collecteur d'alimentation vers chaque train de processus via une vanne de blocages manuels et une vanne d'arrêt d'urgence en série. De même, l'huile chaude s'écoule de la distribution du train vers le collecteur de retour principal via une vanne d'arrêt d'urgence et une vanne de blocage manuelle.

Les vannes d'arrêt d'urgence peuvent être utilisées pour isoler les trains en cas d'urgence.

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

Table III –2 La distribution d'huile dans les trains 1 ,2,3 (8)

Pompe de transfert 06-P-322 :

La pompe à vis horizontale à moteur, connue sous le nom de pompe de transfert d'huile chaude 06-P-322, est utilisée pour transférer l'huile chaude vers le vase d'expansion d'huile chaude 06-V-321. De plus, il peut être utilisé pour décharger un camion-citerne ou des barils individuels en ajustant les vannes manuelles de la gamme.

Caractéristiques :

- Type : Pompe à vis horizontale
- Capacité : 35 m³/h ; 3,1 bar (différence de pression)
- Tête : 36,8 m
- Conditions design: 5,0 bar / 85°C, -5°C
- Power du moteur : 15Kw

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

Le réservoir de vidange d'huile chaude est un récipient horizontal souterrain situé dans une fosse en béton. Son objectif est de recevoir les vidanges d'huile chaude des rebouilleurs, des réchauffeurs et d'autres équipements des trains de traitement. D'une capacité de 60 m³, le réservoir de vidange d'huile chaude peut facilement accueillir le volume chaud d'un radiateur à feu unique et de sa tuyauterie associée. Pour assurer une bonne ventilation et une égalisation de la pression, l'espace de vapeur du réservoir est directement connecté au collecteur MP Vent, permettant aux vapeurs de s'évacuer librement et de maintenir l'équilibre de pression avec le système HP Flare.

Les sous-collecteurs de train souterrains collectent les écoulements d'huile chaude provenant de l'équipement du train de traitement. Chaque sous-collecteur est équipé d'un store à lunettes et d'une vanne d'isolement au niveau du raccordement au collecteur principal de vidange d'huile chaude, permettant

l'isolement du train pendant les arrêts de maintenance. En fonctionnement normal, les stores restent ouverts et les vannes d'isolement du sous-collecteur sont verrouillées en position ouverte.

Si nécessaire, l'huile chaude collectée dans le réservoir de vidange d'huile chaude peut être renvoyée vers le système d'huile chaude à l'aide de la pompe de vidange d'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 aluminées

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

La pompe de vidange d'huile chaude est positionnée au fond de la fosse du réservoir de vidange d'huile chaude et fonctionne comme une pompe centrifuge horizontale à un étage entraîné par un moteur. Sa fonction principale est de transférer l'huile chaude du réservoir de vidange d'huile chaude vers le vase d'expansion d'huile chaude 06-V-321. De plus, la conduite de refoulement de la pompe est équipée d'un raccord qui permet l'évacuation de l'huile chaude vers un camion ou une installation de stockage temporaire.

Caractéristiques :

- Type : Pompe centrifuge horizontale monocellulaire
- Capacité : 31,5 m³/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

III-4 Conclusion :

Le système de chauffage du site gazier de Tiguentourine, reposant sur l'utilisation d'huile chaude comme fluide caloporteur, se distingue par son efficacité et sa fiabilité, répondant parfaitement aux besoins thermiques du traitement du gaz naturel. Sa conception robuste et ses composants de haute qualité garantissent une performance optimale et une sécurité maximale.

Ce système se caractérise par une efficacité énergétique remarquable, tirant parti de la combinaison de la récupération de chaleur et de la combustion de gaz pour chauffer l'huile chaude de manière économique. Sa flexibilité d'utilisation permet de distribuer l'huile chaude à des températures variables en fonction des besoins spécifiques des utilisateurs. La sécurité et la fiabilité du système sont garanties par des protections adéquates, assurant la protection des opérateurs et un fonctionnement sans faille.

Le système de chauffage joue un rôle crucial dans le traitement du gaz naturel sur le site de Tiguentourine. Il constitue une composante essentielle de l'infrastructure gazière, garantissant un traitement sûr, efficace et durable du gaz naturel.

CHAPITRE IV

Théorie de calcul

IV-1 Introduction :

Lorsque le fonctionnement du système thermique est dans l'ombre, les composants de ce dispositif sont abaissés, que l'on puisse trouver dans l'équipement, dans l'installation, ou dans le fluide thermique. Cette dégradation peut varier en fonction des points principaux :

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

Il existe de nombreux problèmes avec le fonctionnement du système car le fluide thermique sur gisent pour provoquer une mauvaise conception du système, ce qui provoque des dégradations dans le fluide thermique. En particulier, cet écran peut provoquer une dégradation rapide. Comme il y a un transfert de fluide à partir du niveau de ce grade, il y a une formation de « légers » et de « lourds ». Les feuilles des molécules en chaînes courtoisies formées avec craquage thermique et peuvent également comprendre de l'hydrogène gazeux. Cela peut également être le cas pour l'effet de suppression du point thermostatique, qui peut être lié au dégagement de liquide sous vide ou de vapeur inflammable. Les éléments supérieurs contiennent les molécules de la chaise longue, qui sont produites par la chaise longue craquent thermiquement et deviennent les matériaux épais goudronneux, qui vont augmenter la viscosité d'huile chaude. Si la viscosité augmente, le transfert de chaleur s'écarte moins, créant un écran pour l'air et donc une augmentation plus rapide de la dégradation. Les matériaux goudronneux ont tendance à coller sur les côtés des surfaces de transfert de chaleur et éventuellement, à se carboniser dans un revêtement noir épais qui offre une résistance importante au transfert de chaleur.

Enfin, le revêtement redevient un revêtement solide et facilement transférable grâce à la température au niveau du film et à une qualité supérieure du film.

La dégradation du fluide thermique est efficace dans la conception du système et de ses composants. Veuillez noter qu'une analyse des performances du circuit est nécessaire pour assurer un bon fonctionnement et une intégration globale dans des conditions normales, ainsi que pour détecter les anomalies présentes dans le système et prévenir de futurs problèmes dans les principales conditions de fonctionnement. Ainsi, la performance des performances est réelle et utilise des calculs de base sur les données réelles, ainsi que des résultats possibles parmi les résultats possibles.

IV-2 La viscosité cinématique :

La viscosité cinématique, ν , est un élément physique des fluides qui détermine leur capacité à résister à l'écoulement. Cela désigne la faculté d'un liquide à se détacher et à se déverser sous l'influence de la gravité ou d'une force externe.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

- ν est la viscosité cinématique (m^2/s)
- η est la viscosité dynamique ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)
- ρ est la masse volumique du fluide (kg/m^3)

IV-3 La viscosité dynamique :

La viscosité dynamique η est une mesure physique qui représente la capacité d'un fluide à se déplacer de manière laminaire. Elle symbolise la résistance interne qui s'oppose au mouvement relatif des couches fluides entre elles.

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} \quad (\text{Pa}\cdot\text{s})$$

- **La relation entre la viscosité cinématique et la viscosité dynamique :**

$$\eta = \rho \times \nu$$

Une relation essentielle entre la viscosité dynamique, la viscosité cinématique et la masse volumique d'un fluide permet de déterminer son comportement lors de son écoulement. Elle est largement utilisée dans différents secteurs.

IV-4 Le flux thermique :

Le transfert thermique, également connu sous le nom de flux thermique ou flux de chaleur, entre deux milieux de températures T_i différentes est le transfert thermique Q qui se produit par unité de temps entre les deux milieux :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (\text{Kj/s})$$

Le transfert d'énergie interne se fait du corps le plus chaud vers le corps le plus froid, ce qui entraîne finalement une égalisation des températures des deux corps en contact. Le flux thermique est mesuré en joules par seconde (**J/s**) ou, de manière équivalente, en watts (**W**). L'évolution du flux thermique est régie par les principes de la thermodynamique et par l'équation de la chaleur.

IV-5 La chaleur spécifique :

La chaleur spécifique, représente la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré centigrade la température d'une 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 ce concept a conduit au développement de la thermodynamique, qui étudie le comportement thermique des corps ainsi que 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 dans des domaines tels que la chimie, l'énergie nucléaire et l'aérodynamique. Elles ont également de nombreuses applications dans la vie quotidienne, comme par exemple dans les radiateurs et les systèmes de réfrigération des moteurs de voiture.

$$C_p = \frac{Q}{m * \Delta T}$$

Avec :

- C_p : la chaleur spécifique (**J/g°C**)
- Q : est la quantité de chaleur (**Kj/s**)
- M : la masse de fluide (**Kg**)
- ΔT : la variation de la température (**C**)

La formule de calcul utilisé :

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 :

$$C_p = \frac{Q}{m * \Delta T} \quad [1]$$

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

$$\Delta Q = m.C_p.\Delta T \quad [2]$$

Avec l'équation de flux thermique est :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad [3]$$

Alors l'équation de flux thermique devient :

$$\Phi = \frac{m * C_p * \Delta T}{\Delta t} \quad [4]$$

Ou bien on utilisant le débit Q la formule devient :

$$\dot{m} = \frac{m}{\Delta t} \quad [5]$$

Alors :

$$\Phi = \dot{m} * C_p * \Delta T \quad [6]$$

Le débit massique \dot{m} est utilisé à la place de la masse dans de nombreuses applications d'ingénierie et de physique, lorsque l'accent est mis sur le taux de transfert de matière plutôt que sur la quantité fixe présente dans un espace.

Il existe diverses situations courantes où le débit massique est utilisé :

En dynamique des fluides : lorsqu'on étudie l'écoulement des fluides, comme l'écoulement de l'eau dans des canalisations ou l'écoulement de l'air à travers un moteur à réaction, il est essentiel de connaître le débit massique du fluide. En effet, ce débit influe sur les caractéristiques de l'écoulement telles que la vitesse et la pression.

Dans les processus de transfert de chaleur : lors du transfert de chaleur à travers une substance, comme le refroidissement d'un moteur de voiture ou le chauffage de l'eau dans une bouilloire, il est crucial de connaître le débit massique de la substance. En effet, ce taux détermine la quantité de chaleur pouvant être transférée.

Dans les systèmes de contrôle : lors du contrôle d'un processus impliquant le flux de matière, comme le contrôle du débit de carburant dans un moteur à combustion interne ou le contrôle du débit d'eau dans un système d'irrigation, il est primordial de connaître le débit massique. En effet, ce taux constitue la principale entrée du système de contrôle.

Alors l'équation finale de calcul est :

$$\Phi = \dot{m} * C_p * \Delta T \quad [7]$$

Cas de chaleur spécifique variable :

En réalité, la **capacité calorifique spécifique (Cp)** des matériaux varie en fonction de la **température**. Ce changement peut être négligeable dans les cas où la température ne varie pas beaucoup, mais dans les cas où le matériau est soumis à des changements importants de température, il est **nécessaire de prendre en compte cette variation de Cp**. Cette variation peut être linéaire ou non linéaire.

Raisons du changement de capacité calorifique :

- **Changements dans la structure de la matière** : Au fur et à mesure que la température change, la structure de la matière se modifie au niveau atomique et moléculaire.
- **Interactions entre les molécules** : La force des interactions entre les molécules d'une substance varie en fonction de la température.

Effet du changement de capacité calorifique :

- **Dans les calculs d'ingénierie** : Si la température change de manière significative, ignorer le changement de Cp peut conduire à des résultats inexacts dans les calculs d'ingénierie, tels que le calcul de la quantité d'énergie thermique nécessaire pour chauffer ou refroidir une substance.
- **Dans la modélisation physique** : Lors de la modélisation de systèmes physiques impliquant des changements importants de température, il est nécessaire de prendre en compte le changement de Cp pour garantir la précision du modèle.

IV-6 Types de changement de capacité calorifique :

- **Changement linéaire** : Dans certains matériaux, C_p change linéairement avec la température.
- **Changement non linéaire** : Dans d'autres matériaux, C_p change de manière non linéaire avec la température.

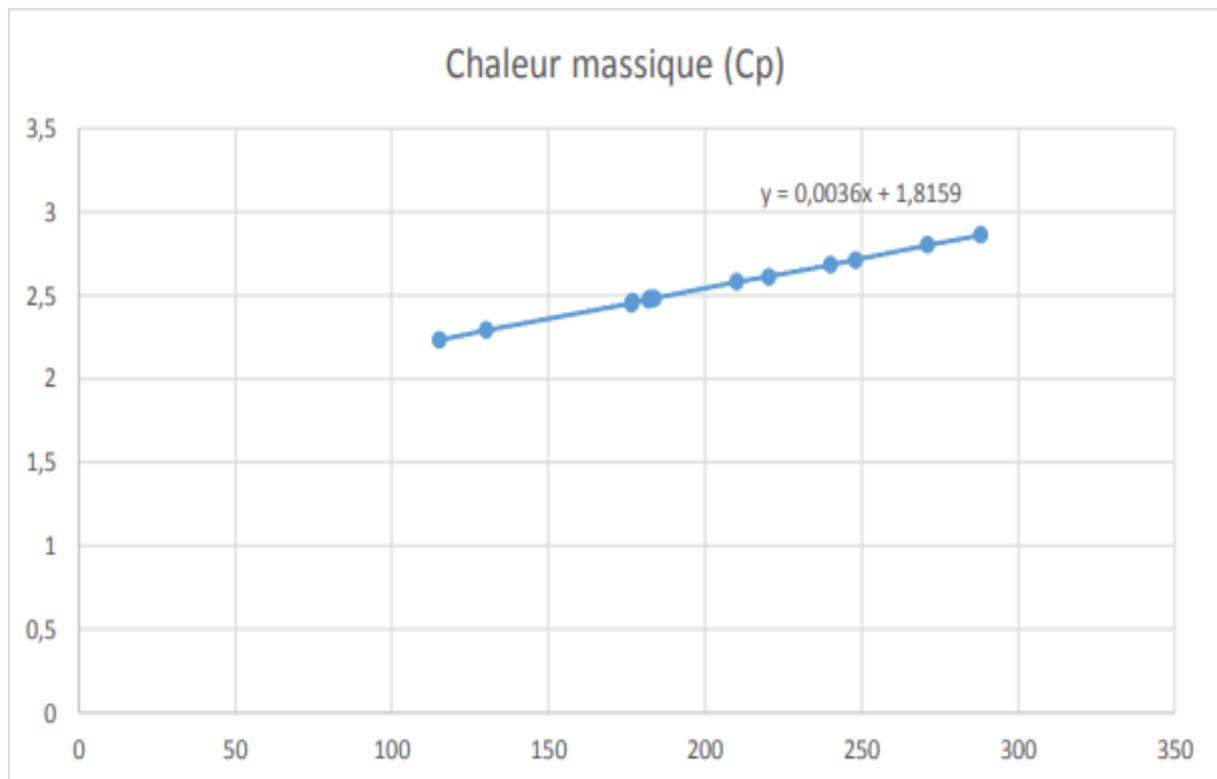


Figure IV -1 La variation de la chaleur spécifique en fonction de la température (7)

IV-7 Les TAR :

Les **TAR**, ou Travaux Arrêtés Réguliers, sont des opérations de maintenance préventive cruciales pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité des unités d'exploitation. Ils permettent d'effectuer des contrôles approfondis, des réparations et des remplacements de pièces qui ne peuvent être réalisés lorsque l'unité est en service.

Importance des TAR :

- **Maintenance préventive :**

Les TAR permettent d'identifier et de corriger les problèmes potentiels avant qu'ils ne causent des pannes critiques ou des accidents.

- **Sécurité accrue :**

En maintenant les unités d'exploitation en bon état, les TAR réduisent les risques d'incidents et d'accidents, protégeant ainsi les employés et l'environnement.

- **Efficacité opérationnelle :**

Des unités d'exploitation bien entretenues fonctionnent de manière plus fiable et efficace, ce qui se traduit par une augmentation de la productivité et une réduction des coûts de maintenance.

IV-8 Données Incohérentes :

La quantité de données peut être considérable, mais parfois incohérente pour diverses raisons (défaillance de l'instrument de mesure, problème majeur avec un équipement, arrêt pour des raisons de sécurité ou de maintenance, etc.). Ces cas isolés peuvent ne pas être bénéfiques pour l'évaluation des performances

opérationnelles, mais ils peuvent tout de même être utiles dans la gestion de la maintenance de l'équipement concerné.

Type d'incohérence :

- **Incohérence des données** : lorsqu'un instrument de mesure renvoie des données fausses contradictoires avec les autres données.
- **Incohérence de fonctionnement** : lorsque l'équipement est arrêté ou fonctionne dans des conditions instables, loin des conditions habituelles, de manière temporaire et pour une période définie, pour des raisons justifiées.

Pour une évaluation précise des échanges thermiques, les données incohérentes ne sont pas prises en compte, car cela fausserait le résultat réel de l'étude.

Procédure de filtrage de données :

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 T_e et sortie T_s) et débit (Q) de l'équipement 06-H-322A.

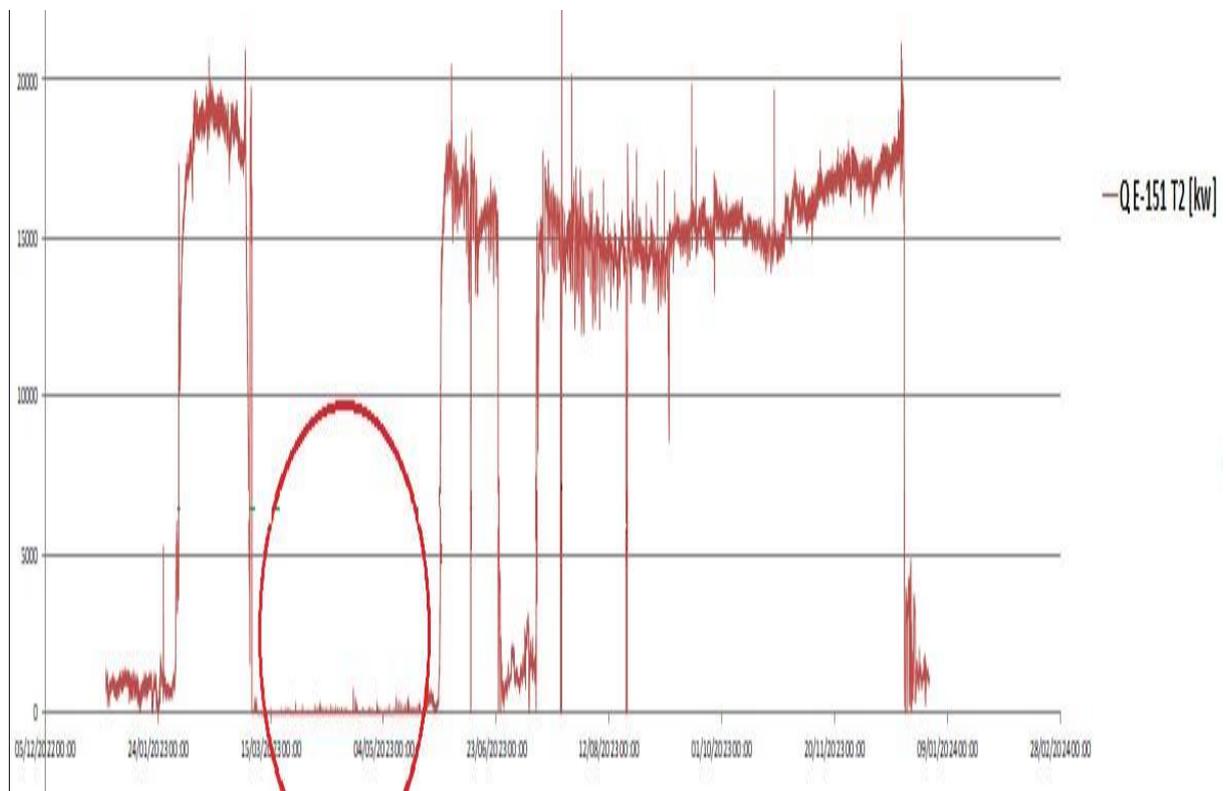
Exemple d'incohérence :

Figure IV –2 La quantité de chaleur réelle E-151 train 02

Nous remarquons dans la courbe graphique précédente qu'il y a des moments où la courbe revient au point zéro et cela est dû à un défaut dans les capteurs du dispositif ou au train s'arrêtant pour maintenance ou n'ayant pas besoin de ses services.

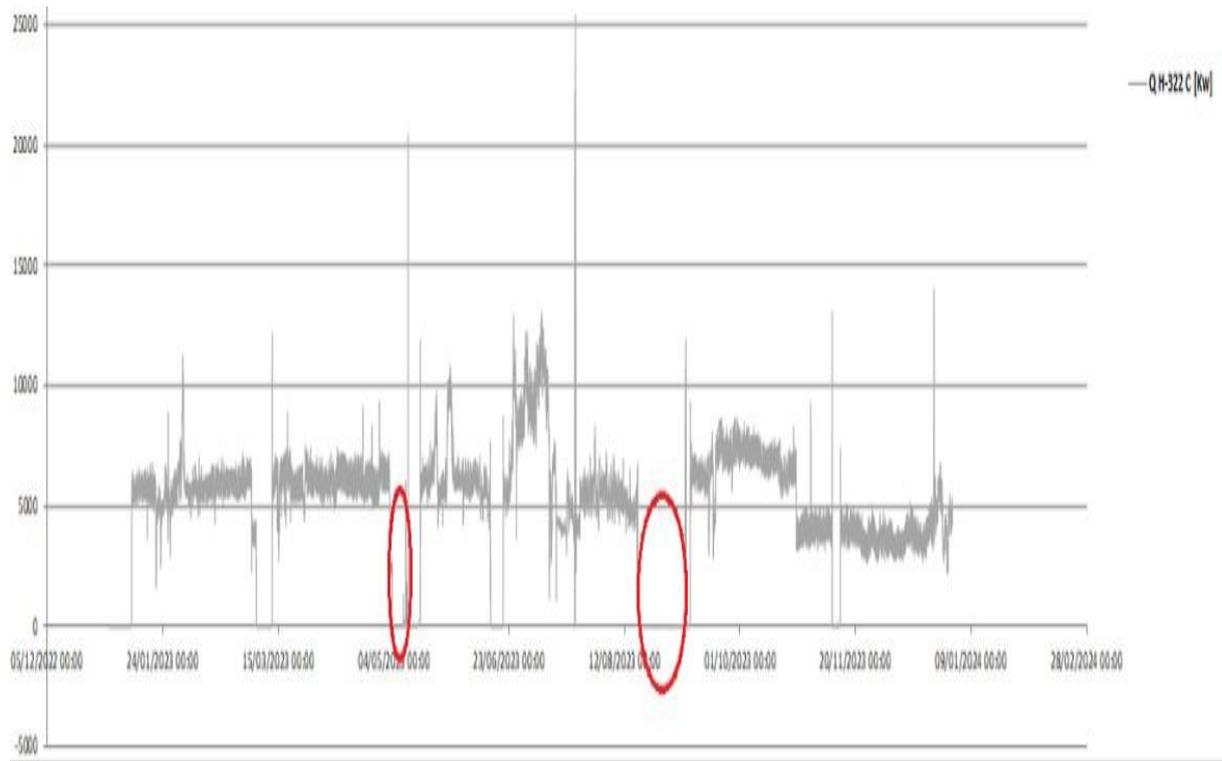


Figure IV –3 La quantité de chaleur réel H-322 C

On remarque également au niveau du récupérateur de chaleur **H-322C** qu'il y a des interruptions ou des dysfonctionnements dans les systèmes de capteurs.

IV-9 Données manquantes et solutions :

Nous avons des données manquantes que l'usine n'a pas pu fournir, nous avons donc proposé quelques solutions afin de pouvoir faire les calculs.

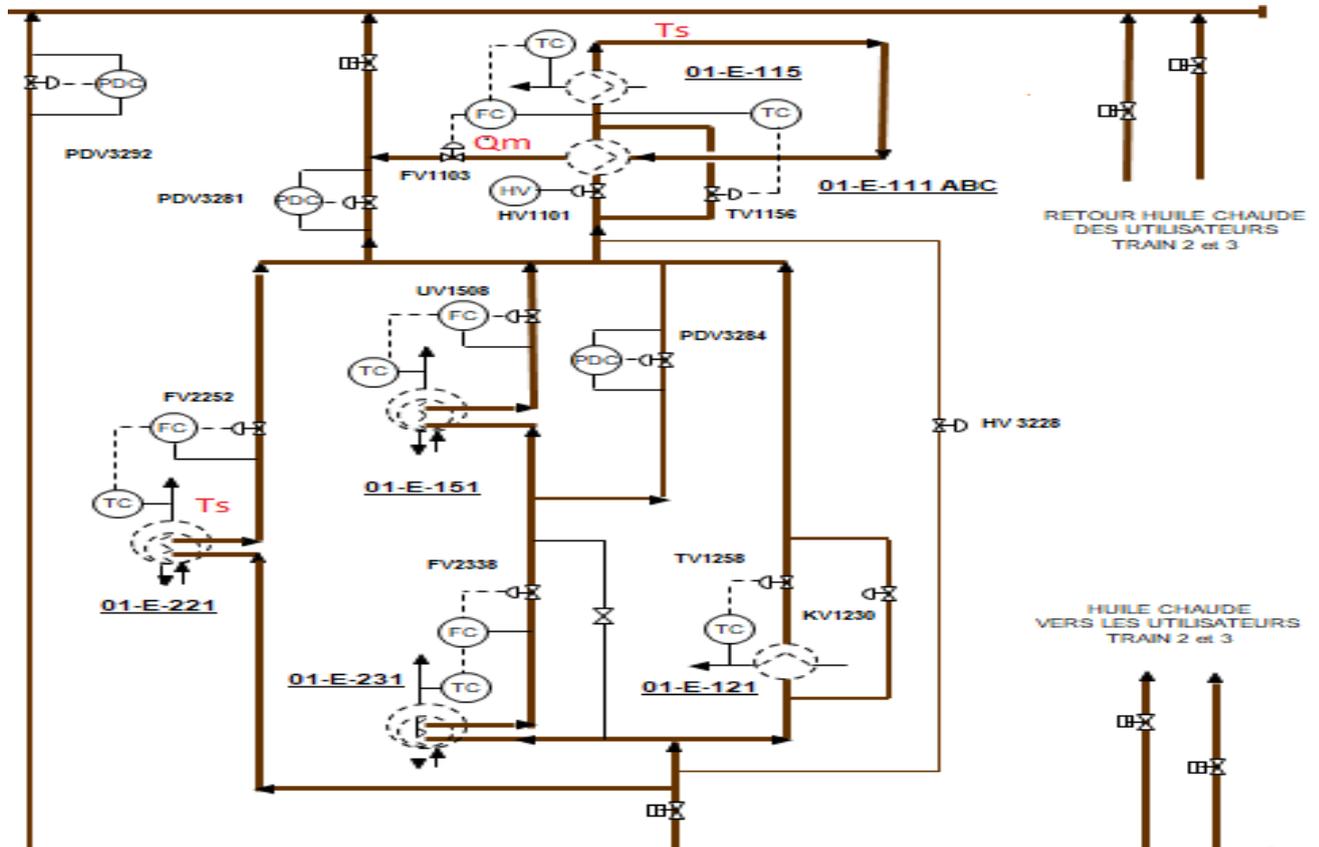


Figure IV-4 Données manquantes au niveau de train

Donnés manquants :

T_s : E-221 E-115

Q_m sortie : E-115

- **Solution :**

La solution proposée ici est de les remplacer par leurs valeurs dans le plan UFD

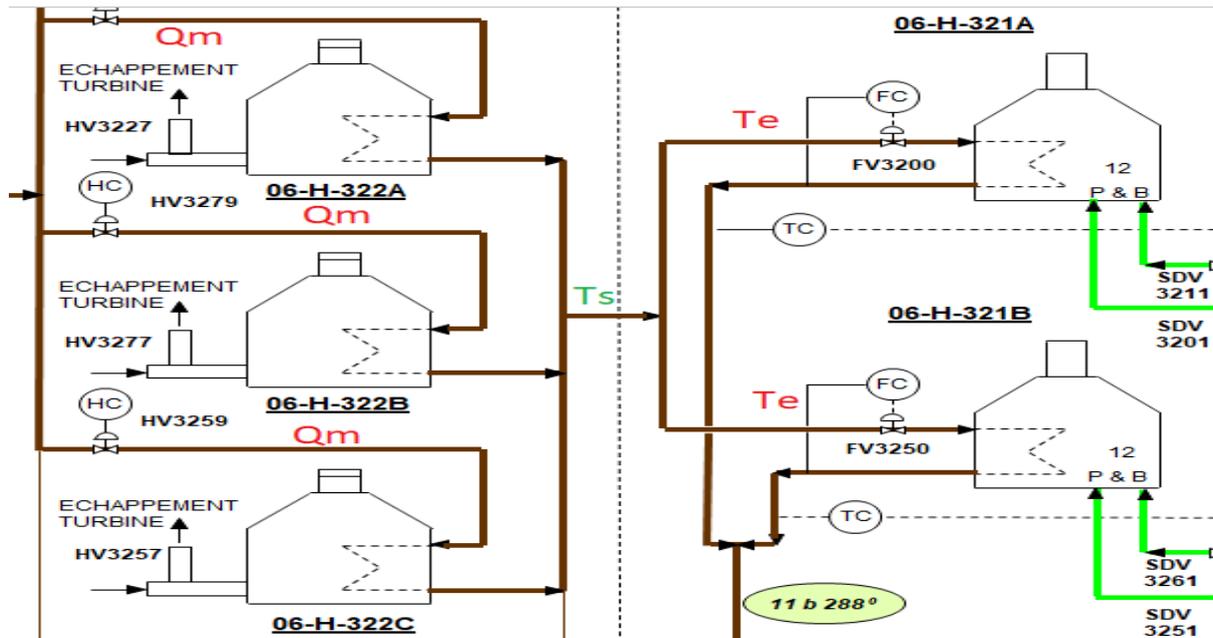


Figure IV –5 Donnés manquants au niveau système de gain

Donnés manquants :

Qm entré : 06-H-322 A B C

- **Solution :**

La solution proposée ici est de les remplacer par leurs valeurs dans le plan UFD

Te : 06-H-321 A B

Solution :

Nous remarquons que **Ts** de récupérateur **H-322 ABC** est le même que ce qui entre les fours **H-321 AB** sans aucune intervention d'autres équipements.

De là nous concluons que :

$$\mathbf{T_s \text{ H-322 ABC} = T_e \text{ H-321 AB}}$$

IV-10 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 pouvoir 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 :

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

- **Les équipements concernés par les calculs sont :**

Gains de chaleur :

Il est représenté par l'équipement dans lequel nous avons augmenté la température de l'huile

- 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

Pertes de chaleur :

Ils représentent dans les équipements dans lesquels un échange thermique a lieu, (la perte de chaleur de l'huile).

Aux niveaux 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

Quant à le réchauffeur E-301 sa tâche principale est de chauffer le gaz combustible utilisé pour allumer les fours de chauffage H -321 AB et c'est pourquoi nous le classons dans les pertes de chaleur.

Quant à l'échangeur E-111, il s'agit d'un échangeur huile/huile dans lequel l'huile chaude passe deux fois en un seul cycle :

La première fois qu'il entre $T_e > T_s$ dans ce cas, nous constatons une diminution de la température de l'huile, et pour cette raison nous la considérons comme une perte de chaleur.

La deuxième fois qu'il entre $T_s > T_e$ dans ce cas, nous constatons une augmentation de la température de l'huile, et pour cette raison nous la considérons comme un gain de chaleur.

IV-11 Conclusion :

La dégradation du fluide thermique est un phénomène redouté dans les systèmes thermiques, car elle affecte négativement leur performance, leur fiabilité et leur longévité. Ce problème peut avoir des causes multiples, telles qu'une conception inadéquate du système, des conditions de fonctionnement défavorables ou une maintenance insuffisante.

Les conséquences de la dégradation du fluide thermique peuvent être graves et inclure une diminution du transfert de chaleur, une augmentation de la viscosité du fluide, la formation de dépôts sur les surfaces de transfert de chaleur et la corrosion des composants du système. Ces problèmes entraînent une baisse d'efficacité du système, une augmentation des coûts d'exploitation et un risque accru de défaillance.

Pour prévenir la dégradation du fluide thermique et garantir le bon fonctionnement des systèmes thermiques, il est essentiel de mettre en place des mesures préventives. Cela inclut une conception optimisée du système, le respect des conditions de fonctionnement recommandées par le fabricant, une maintenance régulière et une surveillance attentive des performances du système. En adoptant une approche proactive, il est possible de minimiser la dégradation du fluide thermique et d'assurer la performance, la fiabilité et la durabilité des systèmes thermiques sur le long terme.

En résumé, la maîtrise de la dégradation du fluide thermique est essentielle pour assurer la performance, la fiabilité et la durabilité des systèmes thermiques.

CHAPITRE V

Résultats et discussion

V-1 Calcul théorique :

En se basant sur les plans UFD du circuit d'huile chaude, une analyse des transferts de chaleur a été réalisée pour déterminer la répartition du bilan thermique sur chaque équipement et déduire le rendement théorique global du circuit d'huile chaude, ce rendement étant calculé selon les données de conception.

Equipements	Qm [Kg/s]	Cp [Kj/Kg*c]	Te [C]	Ts [C]	Φ [Kj/s]
Four 06-H-321 A	230,551	2,83	271	288	11091,80
Four 06-H-321 B	230,551	2,83	271	288	11091,80
Récupérateur 06-H-322 A	153,701	2,63	181,9	271	36017,12
Récupérateur 06-H-322 B	153,701	2,63	181,9	271	36017,12
Récupérateur 06-H-322 C	153,701	2,63	181,9	271	36017,12
Echangeur 06-E-301	3,222	2,38	181,9	130	-397,98
Rebouilleur 01-E-231	59,143	2,77	288	240	-7863,62
Rebouilleur 01-E-221 A/B	58,664	2,785	288	248	-6535,19
Rebouilleur 01-E-151	21,121	2,45	240	115	-6468,17
Rebouilleur 01-E-115	129,441	2,37	176,4	130	-14234,38
L'échangeur 01-E-121	35,894	2,72	288	210	-7615,25
L'échangeur 01-E-111 A/B/C	129,441	2,375	130	176,8	14387,38
L'échangeur 01-E-111 A/B/C	129,441	2,53	220,2	176,4	-14343,89
Rebouilleur 02-E-231	59,143	2,77	288	240	-7863,62
Rebouilleur 02-E-221 A/B	58,664	2,785	288	248	-6535,19
Rebouilleur 02-E-151	21,121	2,45	240	115	-6468,17
Rebouilleur 02-E-115	129,441	2,37	176,4	130	-14234,38
L'échangeur 02-E-121	35,894	2,72	288	210	-7615,25
L'échangeur 02-E-111 A/B/C	129,441	2,375	130	176,8	14387,38
L'échangeur 02-E-111 A/B/C	129,441	2,53	220,2	176,4	-14343,89
Rebouilleur 02-E-231	59,143	2,77	288	240	-7863,62
Rebouilleur 03-E-221 A/B	58,664	2,785	288	248	-6535,19
Rebouilleur 03-E-151	21,121	2,45	240	115	-6468,17
Rebouilleur 03-E-115	129,441	2,37	176,4	130	-14234,38
L'échangeur 03-E-121	35,894	2,72	288	210	-7615,25
L'échangeur 03-E-111 A/B/C	129,441	2,375	130	176,8	14387,38
L'échangeur 03-E-111 A/B/C	129,441	2,53	220,2	176,4	-14343,89

Table V-1 échanges thermique d'après les données théoriques du circuit

V-2 Calcul de rendement :

Flux thermique totale des gains par l'huile chaude :

$$\Phi_a = 173397,089 \text{ Kj/s}$$

Flux thermique totale des pertes par l'huile chaude :

$$\Phi_a = 171579,4854 \text{ Kj/s}$$

Calculer le rendement d'huile dans les trains :

$$\eta = \frac{\textit{pertes}}{\textit{gains}}$$

$$\eta = \frac{171579,4854}{173397,089} = 0.99 \approx 1$$

Les données théoriques nous permettent d'obtenir une référence sur la répartition correcte de l'énergie thermique par l'huile chaude de sorte que nous constatons que $\eta = 0.99 \approx 1$ et donc le rendement est excellent.

V-4 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 réelles sont tirées directement des instruments de mesures, ou bien calculées d'après des valeurs tirées des instruments de mesure, pour une absence ou une défaillance des instruments.

Nous avons mené une étude détaillée et comparé le flux de chaleur entre réel et théorique pour tous les équipements existants pendant 14 mois, toutes les demi-heures (du 1er janvier 2023 au 28 février 2024), et nous avons obtenu environ 18 000 points.

Bien qu'il y ait certaines valeurs que nous n'avons pas pu obtenir en raison d'une erreur ou d'un défaut dans les systèmes ou les capteurs, il est possible de remarquer une distorsion dans certaines courbes.

V-5 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 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

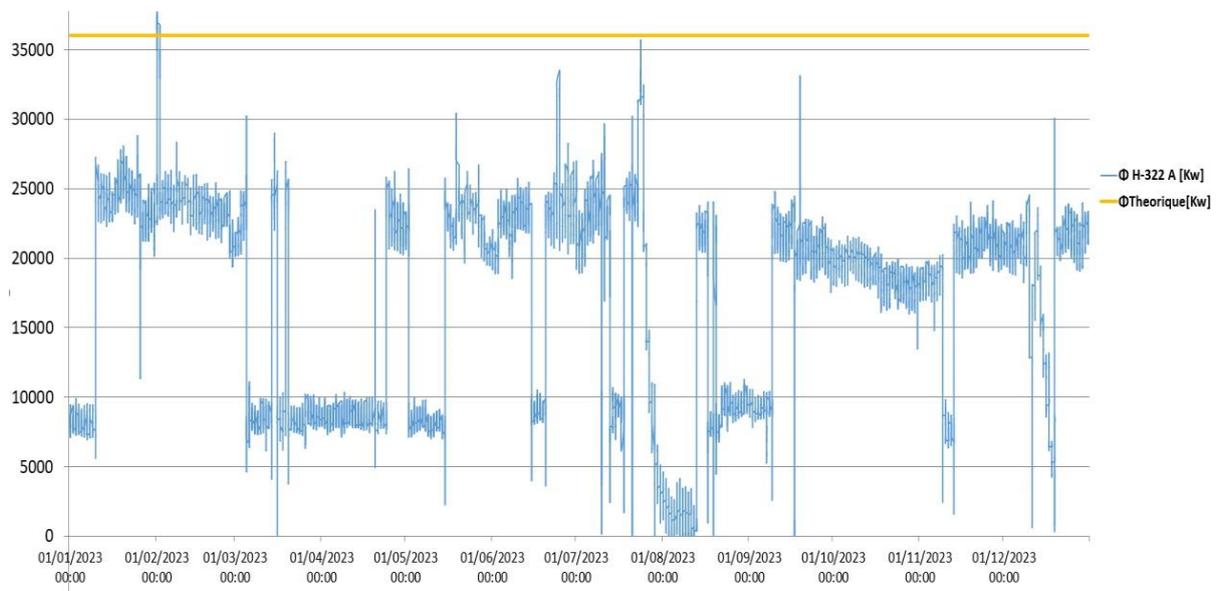


Figure V -1 Récupérateur de chaleur H-322A

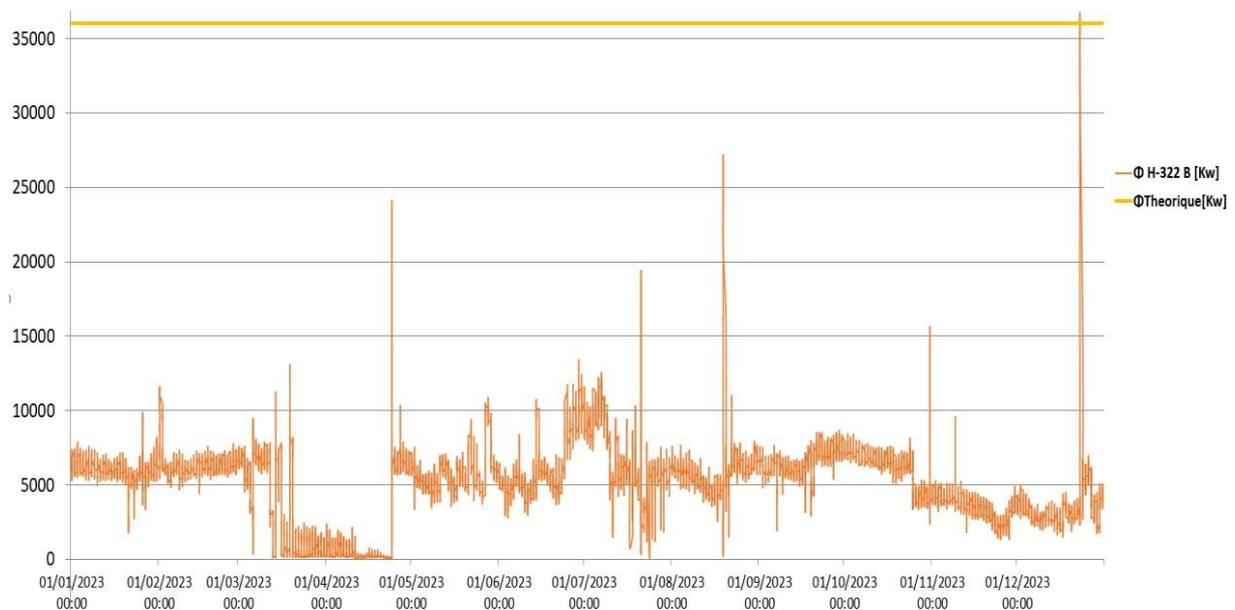


Figure V -2 Récupérateur de chaleur H-322B

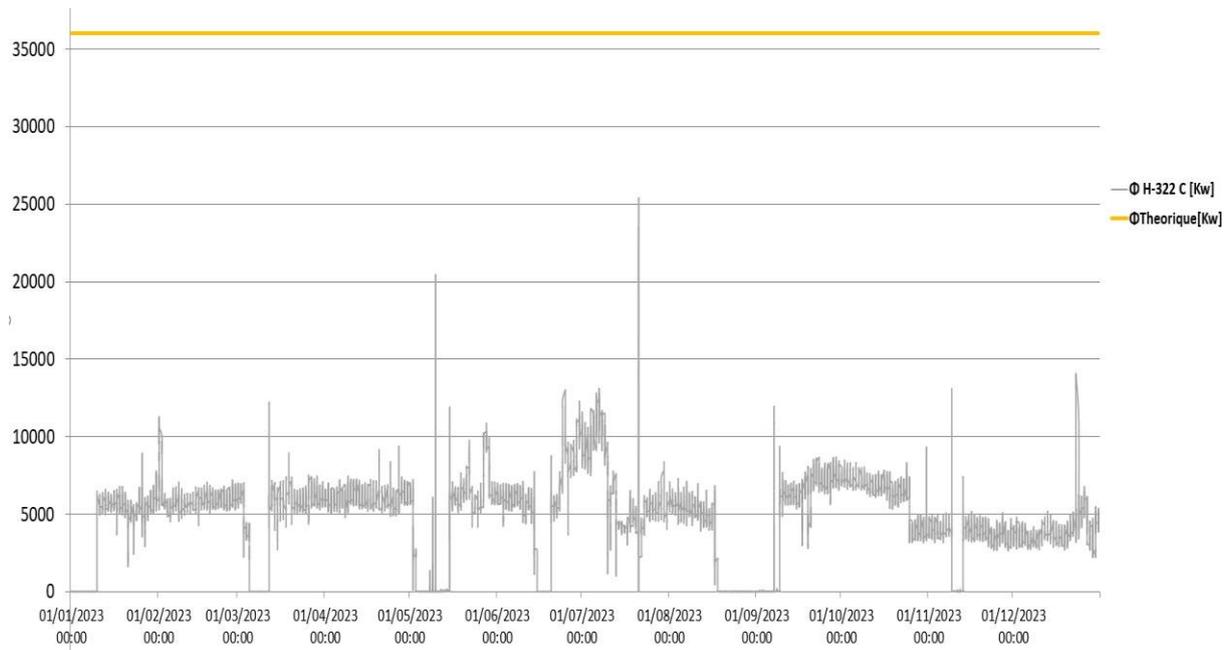


Figure V -3 Récupérateur de chaleur H-322C

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.

Cela signifie que lors de la conception ce flux a été surestimé, pour plusieurs raisons possibles :

- 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 Fours 06-H-321A/B, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

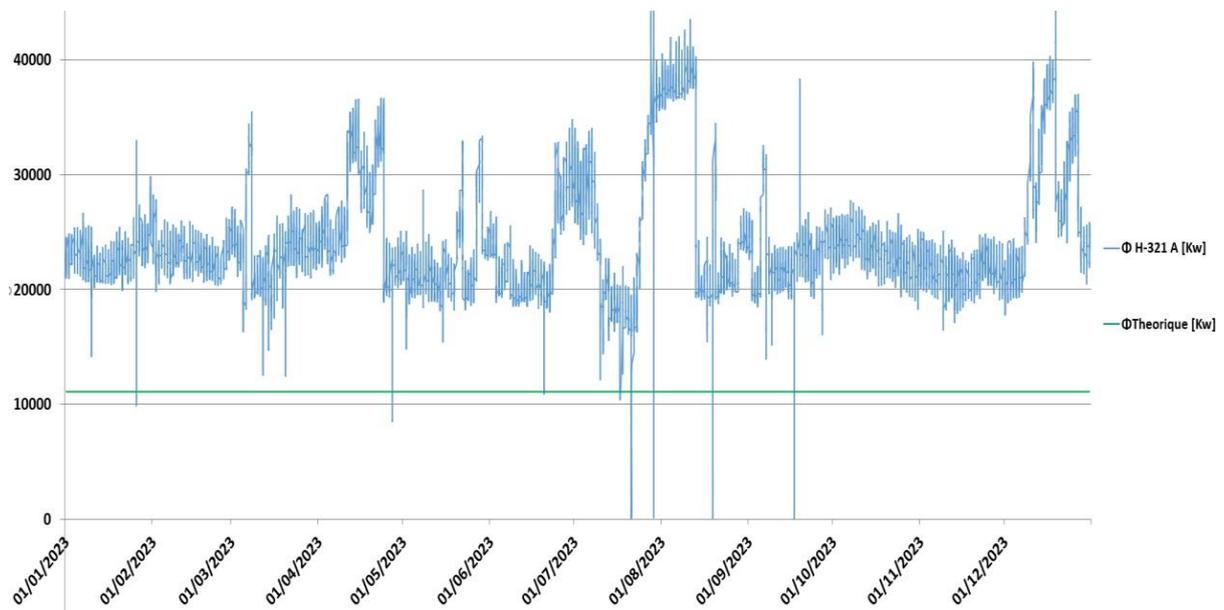


Figure V -4 Four a gaz combustible H-321 A

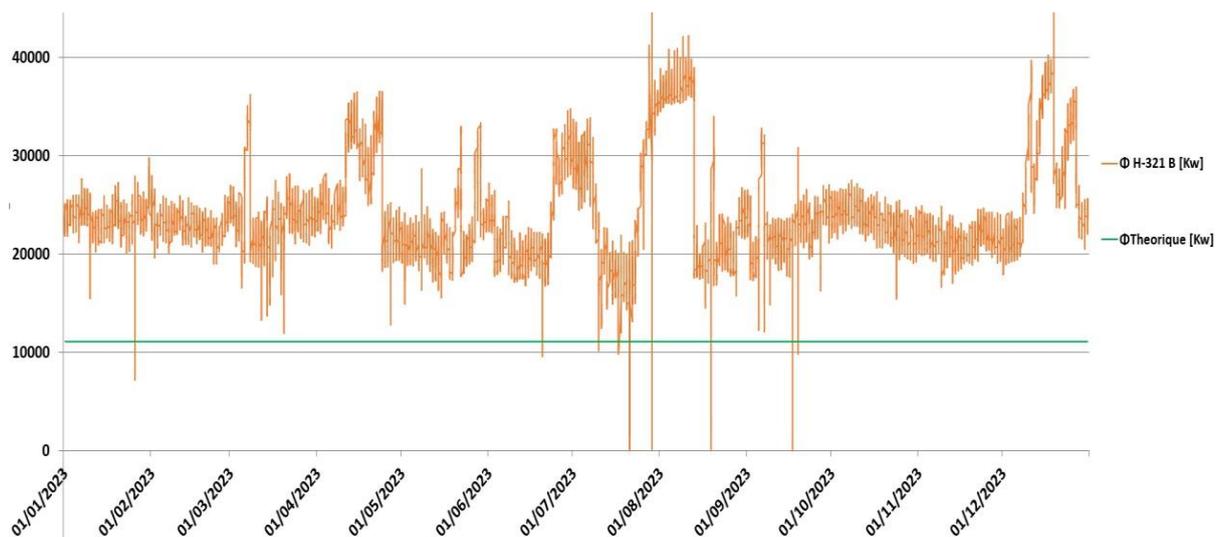


Figure V -5 Four a gaz combustible H-321 B

Les flux thermiques acquis par l'huile aux niveaux des 2 fours de chauffe à gaz combustible sont supérieurs au flux théorique des fours. 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 supérieure à la quantité théorique. Concernant les pics observés sur les deux graphes précédent, ils reflètent les variations des performances des fours causé par la chute 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 de Réchauffeur de fuel gaz à l'huile chaude 06-H-301, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

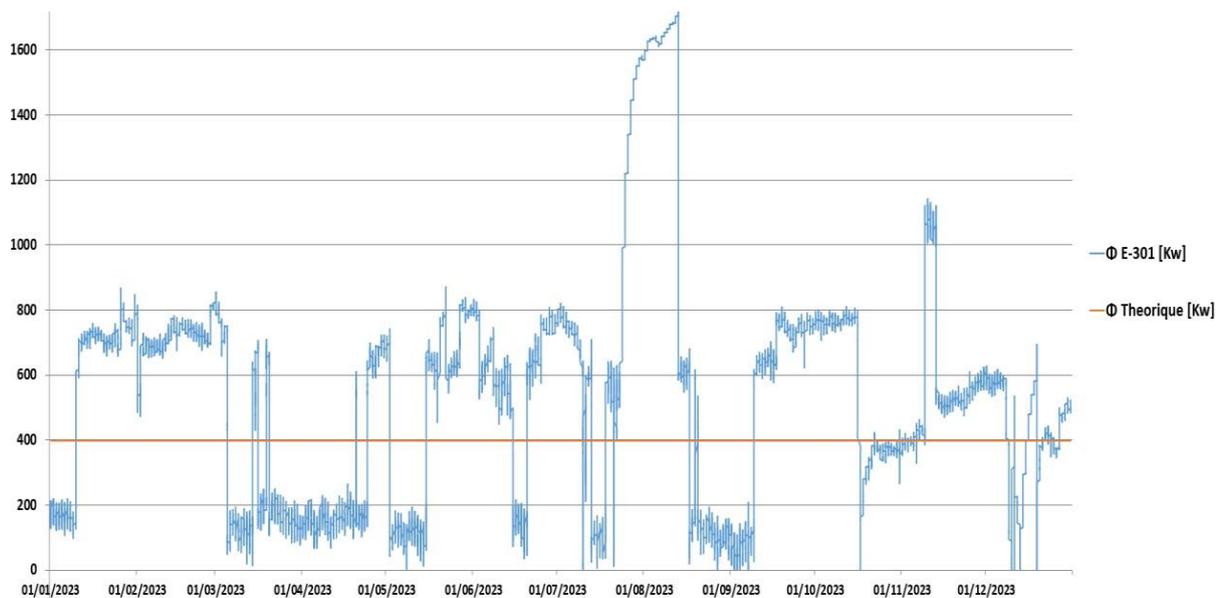


Figure V-6 Réchauffeur de fuel gaz H-301

Cet équipement 01/02-E-121 fonctionne avec de véritables performances thermiques identique aux performances thermiques théoriques pour lesquelles il a été conçu, et on remarque dans la période de **12/07/2023** au **12/08/2023** une augmentation significative du flux de chaleur, et cela est dû à :

Boucle de contrôle de débit qui entraîne une augmentation du débit de passage d'huile chaude par cet échangeur afin de répondre aux besoins du procédé ou une panne des outils de mesure.

Le rebouilleur du débutaniseur E-231 :

Calcul des flux thermiques au niveau de rebouilleur du débutaniseur E-231, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

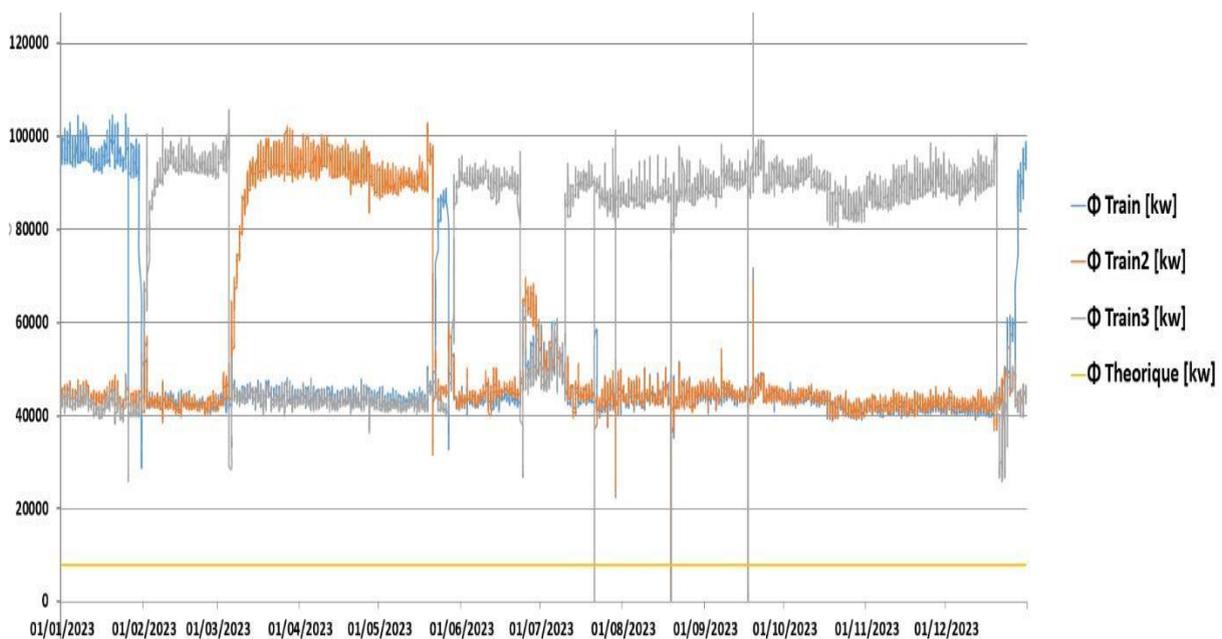


Figure V -7 Le rebouilleur du débutaniseur E-231

On remarque sur la courbe deux valeurs quasi constantes, la première valeur est comprise entre (80000 Kw et 100000 Kw) et la deuxième valeur est comprise entre (40000 Kw et 60000 Kw) et on voit qu'il y a un échange de rôles pour les rebouilleurs situées au niveau des trois trains dans les deux valeurs mentionné,

cependant, les deux valeurs sont supérieures au débit théorique et la raison de l'augmentation du flux de chaleur résultant de l'huile dans le rebouilleur **E-231** augmente le débit d'huile chaude à travers cet équipement d'environ 300. %, et cela peut être dû à deux raisons possibles :

- Détérioration des équipements (colmatage)
- Problème matériel (boucle de contrôle de flux)

Le rebouilleur de la colonne de stabilisation E-221 :

Calcul des flux thermiques au niveau de rebouilleur de la colonne de stabilisation E-221, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

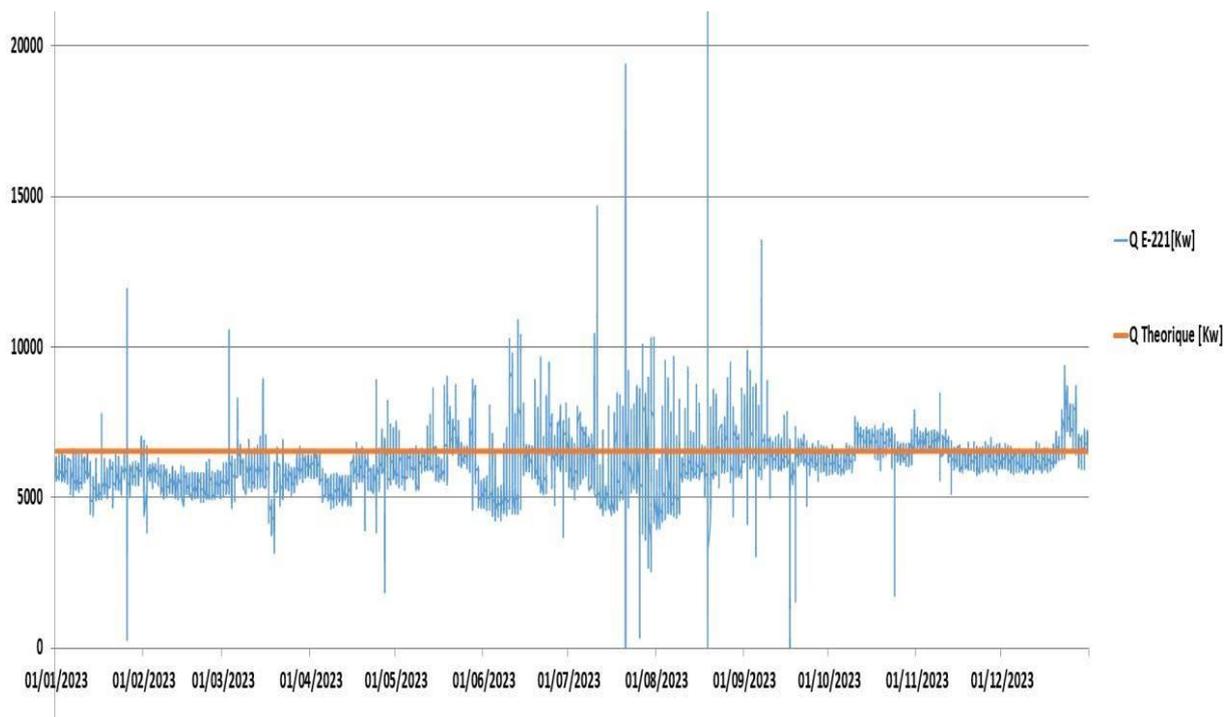


Figure V -8 Le rebouilleur de la colonne de stabilisation E-221

Les performances thermiques du rebouilleur E-221 sont presque au même niveau de performance théorique pour lequel il a été conçu, ce qui indique qu'il

fonctionne sans problème et avec une grande efficacité, sauf que dans quelques courtes périodes, nous remarquons une certaine augmentation de la quantité de flux de chaleur, et cela est souvent dû à une panne dans les appareils de mesure.

Le rebouilleur du dééthaniseur E-151 :

Calcul des flux thermiques au niveau de rebouilleur du dééthaniseur E-151, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

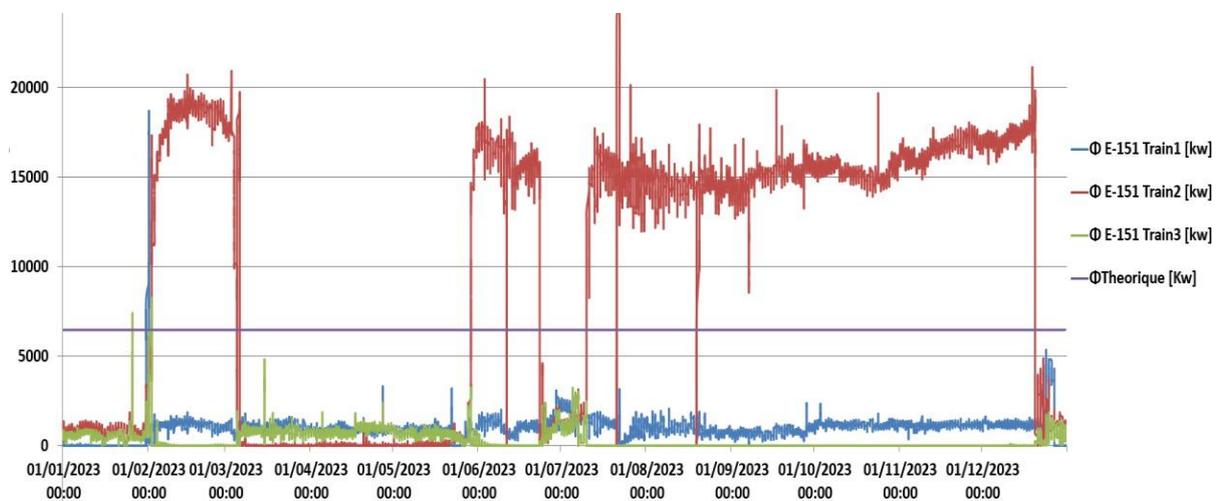


Figure V-9 Le rebouilleur du dééthaniseur E-151

On observe que le flux thermique au niveau pratique de l'échangeur thermique est supérieur au flux théorique en raison de boucle de contrôle de débit qui entraîne une augmentation du débit de passage d'huile chaude, quant à la période du 05/03/2023 au 26/05/2023, nous constatons un manque de flux thermique, et cela est dû à l'arrêt de l'échangeur thermique au niveau du train 2. Quant aux trains 1 et 3, nous remarquons que le flux de chaleur est inférieur à celui étudié, et cela est principalement dû à :

- Dépendance au train 2
- Appareils de mesure défectueux

Observation :

- L'explication de la valeur quasi inexistante dans le train 2 est qu'elle est souvent due à l'influence de facteurs externes sur les appareils de mesure.

Le rebouilleur de régénération de l'amine E-115 :

Calcul des flux thermiques au niveau de rebouilleur de régénération de l'amine E-115, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :

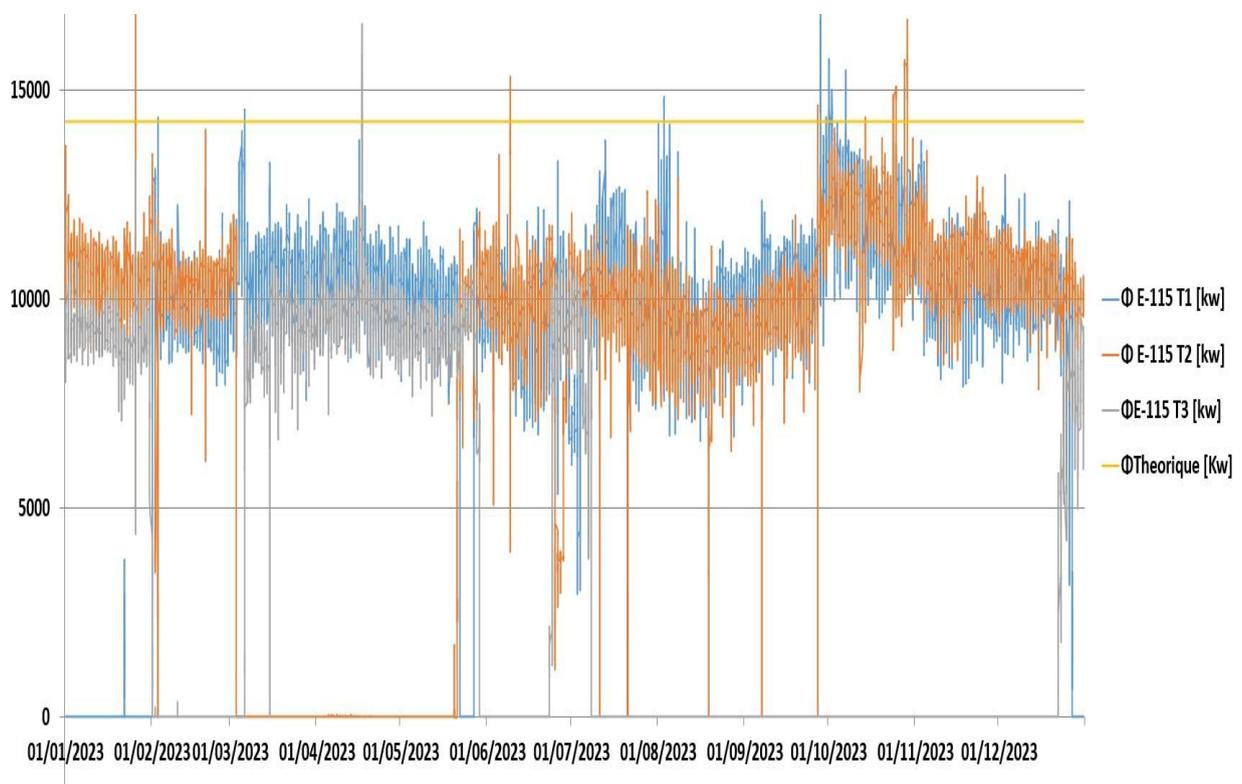


Figure V-10 Le rebouilleur de régénération de l'amine E-115

Nous remarquons sur la courbe que le flux thermique pratique du rebouilleur est très proche du flux théorique prévu lors de la conception, et cela est dû à une surestimation lors de la conception. Cependant, les performances réelles de cet

équipement E-115 sont acceptables tant qu'elles respectent ces valeurs exigences tout en travaillant dans des marges acceptables.

L'échangeur réchauffeur du gaz de régénération E-121 :

Calcul des flux thermiques au niveau de l'échangeur réchauffeur du gaz de régénération E-121, depuis 1 janvier 2023 au 1 décembre 2023 :



Figure V -11 L'échangeur réchauffeur du gaz de régénération E-121

On remarque sur la courbe qu'il y a une grande variation dans la quantité de flux thermique, on voit donc une stabilité de la valeur maximale, qui se situe entre 90 000 kJ/s et 100 000 kJ/s dans un laps de temps très court, ainsi qu'une stabilité de la valeur minimale, qui est identique à la courbe théorique, et cela indique le changement important du flux de chaleur toutes les demi-heures et les possibilités pour que cette variation se produise sont :

- Défaut dans les outils de mesure
- Les techniques d'isolation thermique dans cet échangeur sont inadéquates
- C'est également le premier point où se déroule le processus de séparation des gaz.

- **Vérifier des conditions limites de la température :**

Dans ces graphiques nous montrons la différence entre la température de l'huile chaude dans chaque équipements comparaison avec la température étudiée auparavant.

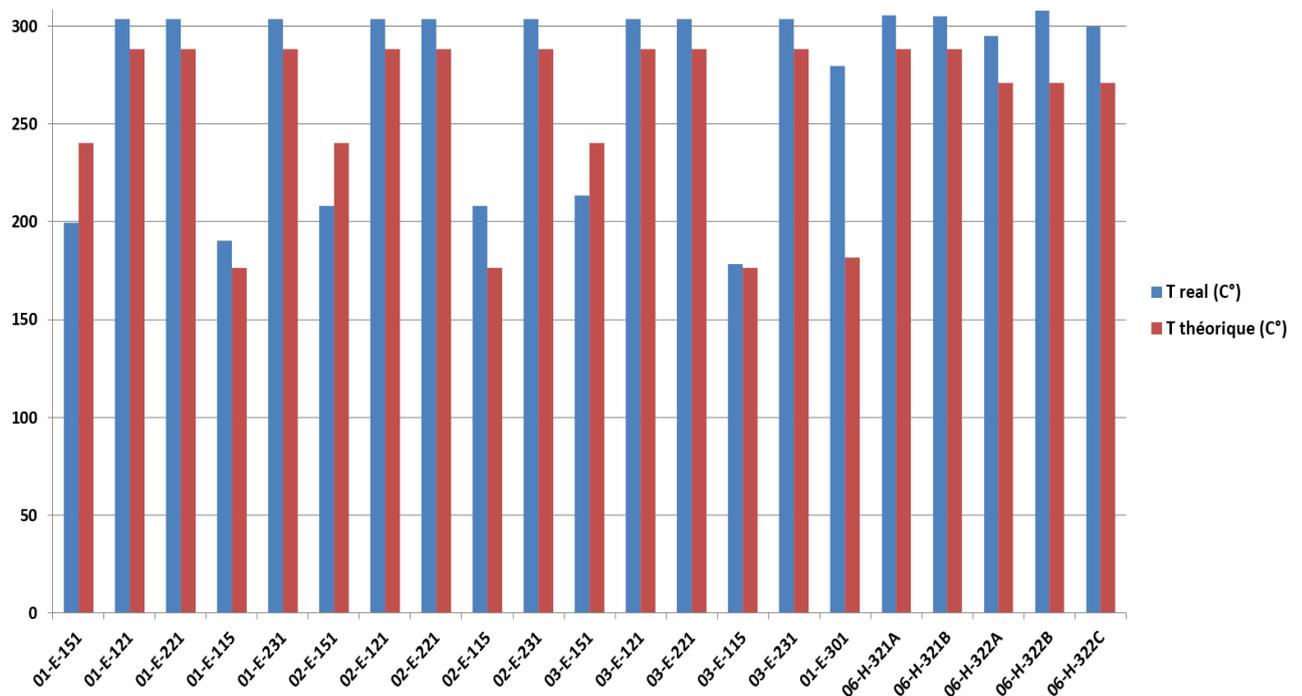


Figure V -12 Histogramme des températures de chaque équipements

Conclusion générale :

L'installation du système d'huile chaude (système 32-06) sur le site gazier de Tiguentourine a été élaborée et réalisée afin de répondre à des conditions de fonctionnement et des exigences de production spécifiques.

Ces conditions de fonctionnement peuvent différer de diverses manières et pour diverses raisons, telles que :

- La modification des conditions de traitement (température, pression, débit ...etc.).
- Impact de la température ambiante sur les performances du système de production d'huile chaude.
- Un ou plusieurs éléments du circuit d'huile chaude peuvent être dégradés.

Il est essentiel de répondre aux exigences du processus, sans présenter de risque ou de danger qui menace l'intégrité humaine et matériel, est la production de l'usine soit maintenue et continue afin de répondre aux besoins d'exportation. Pour cela, il est essentiel que l'usine puisse fonctionner pendant les périodes mentionnées précédemment, y compris le système d'huile chaude, ainsi que les composants du circuit d'huile chaude. La comparaison des performances thermiques réelles des équipements concernés avec les performances théoriques a mis en évidence la présence de plusieurs phénomènes où les performances réelles ne correspondent pas aux performances théoriques, que ce soit depuis le démarrage de l'usine ou pour une période limitée.

Ces résultats qui diffèrent des résultats théoriques, Ils ne présentent aucun risque ou danger pour l'intégrité du système, avec l'huile chauffée a satisfait les exigences de fonctionnement tout au long de depuis 1 janvier 2023 au 31 décembre 2023.

Bibliographie

Bibliographie

- [1]. Mémoir de Sonatrach, Addoun Fares. DESCRIPTION DU SITE INDUSTRIEL, (2016).
- [2]. KBR. *PROCESS FLOW PATH AND DESCRIPTION*, (2009).
- [3]. Pirobloc. Hot oil heater, (2024).
- [4]. HEAT TRANSFER CIRCUIT DIAGRAM,(2024).
- [5]. Fr, Aubade. les propriétés physico-chimiques d'un fluide, november (2023).
- [6]. Pirobloc. THE HEAT TRANSFER FLUID CIRCUIT, (2024).
- [7]. KBR. API - HOT OIL HEATERS, (2009).
- [8]. KBR.*Installation de réception*, (2009)
- [9]. *OPERATIONS DESCRIPTION SYSTEM 32-06*, (2009).
- [10]. WATTCO. *Facteurs de sélection des fluides caloporteurs*, October(2023).
- [11]. Broughton, Jack. *Hot oil system design guide*, Juin (2004)
- [12]. engtp. Projet in aménas Tiguentourine, (2010).