



MISE EN SERVICE ET TESTS DE PERFORMANCES DES CHAUDIERES INSTALLEES A DJENO POUR LE CHAUFFAGE DE L'HUILE DE MOHO NORD

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE
OPTION : GENIE ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le [28 Juin 2017] par

Houria Verlaine LEMBELE

Encadreur pédagogique : Dr. Sayon Sadio SIDIBE

Enseignant, Chercheur 2IE

Maître de stage : Claude LECLUZE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Kokouvi Edem N^oTSOUKPOE

Membres et correcteurs : Dr. Daniel YAMEGUEU

Dr. Sayon Sadio SIDIBE

Dr. Kokouvi Edem N^oTSOUKPOE

Promotion [2015/2016]

REMERCIEMENTS

J'aimerais par cette page, exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui de près ou de loin, d'une manière directe ou indirecte ont contribué à la rédaction et la réalisation de ce mémoire. Il m'est hélas impossible de tous vous citer ici, du profond de mon cœur, je vous suis très reconnaissante.

Au meilleur et fidèle ami **Le Saint-Esprit**, avec qui je fais chaque pas de ma vie ; les mots sont insuffisants et insignifiants pour Lui dire merci pour Sa présence, Son orientation et Ses précieux conseils dans ma vie,

A mon encadreur pédagogique Dr **Sadio Sayon SIDIBE**, qui a mis toute son énergie et son temps afin que ce travail soit un véritable succès,

A tout le personnel administratif et au corps enseignant de 2iE pour les connaissances transmises tout au long de ma formation,

Au chef de la division ressources humaines de Total E&P Congo Monsieur **DZEBAS Gatien Edgar** pour avoir donné son avis favorable à mon stage,

A toute l'équipe du projet Moho Nord je citerai ici:

- Stéphane BERNABEU,
- Claude LECLUZE,
- Jean-Marie SALDUCCI,
- Anthony MAHE

Je n'oublierai pas d'adresser mes profonds remerciements à Yann OSSOUNGOU, Brice AMBOU, Chancel YOKA et Japhet KINOANI pour m'avoir fait partager leurs expériences et le temps qu'ils m'ont consacré durant toute la période de mon stage à Djéno en sachant répondre à toutes mes interrogations.

A tous mes collègues de classe pour les bons moments partagés ensemble.

Que tous mes amis, trouvent ici le témoignage de notre sincère amitié.



DEDICACES

A vous qui m'êtes très chers, je ne cesserai jamais de vous remercier, je vous dédie ce travail.

Je citerai :

Ma tendre et précieuse mère PEPE ESTAMO Mireille Ghislaine qui m'a toujours soutenu et cru en moi depuis les premiers instants de mon existence sur terre,

Mes oncles, je dirai plutôt mes PERES Yvon BOTOUKOU, Gatien DZEBAS, Landry DZEBAS pour ce grand investissement dans ma vie, votre amour et votre soutien. J'espère avoir été à la hauteur de vos attentes,

Mon oncle Maixent MOBOKA, pour ton précieux soutien moral

Mes mamans Zita DZEBAS, Bijoux Florence NTSIBA, SIDONIE BOWEYI, des vraies conseillères et motivatrices,

A toi mon grand ami, toi mon associé qui a toujours été là et qui n'a cessé de m'encourager depuis le début malgré les problèmes rencontrés pendant ces trois années

CITATION

Aucun de nous en agissant seul ne peut atteindre le succès.

Nelson MANDELA

RESUME

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'installation d'un nouveau système de chauffage au terminal pétrolier de Djéno visant à affiner le traitement d'huile du champ Moho Nord.

Ce nouveau système permettra de rehausser la température de cette huile de 16 ou 25°C (température variable par rapport aux saisons) à 45°C dans le but de ne pas perturber la séparation *Eau-Huile* dans les bacs de stockage où, elle sera mélangée avec la production d'autres sites pétroliers. Pour atteindre le but fixé après l'installation dudit système, une procédure de démarrage des chaudières a été mise en place, et une simulation de la boucle d'eau chaude a été faite avec le logiciel de programmation "*Delta V*". L'outil "*Excel*" a également été utilisé pour simuler les courbes de performances à partir des données relevées lors des différents tests de démarrage.

Les résultats des tests montrent que deux facteurs influencent principalement les performances de ce système de chauffage. Il s'agit de l'augmentation de la température des fumées dans la cheminée, et de la non stabilisation de la boucle d'eau chaude.

Malgré ces facteurs influençant négativement les performances du système de chauffage, il arrive que l'huile atteigne quelques fois la température de stockage requise (45°C).

De ce fait, la stabilisation de la boucle d'eau chaude contribuerait à l'optimisation des performances des chaudières ; et par conséquent, au maintien de la température de stockage requise de cette huile à 45°C.

Mots Clés :

- 1- Pétrole brut
- 2- Chaudière
- 3- Boucle d'eau chaude
- 4- Performance

ABSTRACT

This work is part of the installation of a new heating system at the Djéno oil terminal to refine the oil treatment of the Moho Nord field.

This new system will make it possible to raise the temperature of this oil by 16 or 25°C (temperature variable with respect to the seasons) to 45°C in order not to disturb the separation Water-Oil in the storage tanks where it will be mixed with the production of other oil sites. In order to achieve the goal set after the installation of the system, a boiler start-up procedure was set up and a simulation of the hot water loop was carried out using the "Delta V" programming software. The "Excel" tool was also used to simulate the performance curves from the data collected during the various start-up tests.

The results of the tests show that two factors influence the performance of this heating system. This involves increasing the temperature of the flue gases in the chimney and the non-stabilization of the hot water loop.

Despite these factors that negatively affect the performance of the heating system, the oil sometimes reaches the required storage temperature (45 ° C).

Therefore, the stabilization of the hot water loop would contribute to the optimization of boiler performance; and consequently to maintaining the required storage temperature of this oil at 45° C.

Key words:

1- Crude oil

2 - Boiler

3 - Hot water loop

4 - Performance

LISTE DES ABREVIATIONS

CO₂	dioxyde de carbone
CORAF	Congolaise de Raffinage
BSW	Basic Sediment and Water
BMS	Burner Management System
FPU	Floating Production Unit
FALL	Flow Alarm Low Low
LAHH	Level Alarm High High
LAL	Level Alarm Low
LALL	Level Alarm Low Low
LT	Level transmitter
NLL	Normal Liquid Level
PALL	Pressure Alarm Low Low
RB	Réservoir Bac
SNPC	Société Nationale des pétroles du Congo
TEPC	Total E&P Congo
TLP	Tension Leg Platform

SOMMAIRE

CITATION	III
RESUME	IV
ABSTRACT	V
Liste des abreviations	VI
SOMMAIRE	VII
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	IX
INTRODUCTION.....	1
I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
II. ÉTUDES DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS DE LA BOUCLE D'EAU CHAUDE.....	8
a) pompes	Error! Bookmark not defined.
b) Échangeurs à plaques	15
c) Ballon d'expansion.....	18
d) Échangeurs à huile	20
III. TESTS DE PERFORMANCE	32
IV. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	36
CONCLUSION GÉNÉRALE	39
BIBLIOGRAPHIE	40

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Données techniques de la chaudière</i>	8
<i>Tableau 2: Caractéristique des pompes de circulation d'eau chaude</i>	15
<i>Tableau 3: Données techniques des échangeurs à eau.....</i>	16
<i>Tableau 4 : Données techniques du ballon d'expansion</i>	18
<i>Tableau 5: Données techniques des échangeurs à huile.....</i>	20
<i>Tableau 6: Récapitulatif de la boucle de régulation.....</i>	23
<i>Tableau 7: Vannes de conduite</i>	24
<i>Tableau 8: Sécurité</i>	25
<i>Tableau 9: Différentes valeurs du rendement de la chaudière</i>	32
<i>Tableau 10 : Synthèse de l'énergie absorbée par les chaudières.....</i>	34
<i>Tableau 11: Maintenance programmée</i>	37
<i>Tableau 12: Suivi chargement et pompage</i>	44
<i>Tableau 13 : Densité de l'eau à différente température</i>	44

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Localisation du projet Moho Nord (apave, 2016)</i>	4
<i>Figure 2: La chaudière</i>	11
<i>Figure 3: Schéma de la boucle d'eau chaude</i>	13
<i>Figure 4: Pompes de circulation d'eau chaude</i>	14
<i>Figure 5: Les échangeurs à plaques</i>	16
<i>Figure 6: Circulation d'eau dans les échangeurs à plaques</i>	17
<i>Figure 7 : Ballon d'expansion</i>	19
<i>Figure 8: Echangeurs à huile</i>	20
<i>Figure 9 : Courbe de la vapeur d'eau saturée</i>	22
<i>Figure 10: Grafset de démarrage des chaudières</i>	31
<i>Figure 11: Efficacité de la chaudière en fonction de la température des fumées</i>	33
<i>Figure 12: Evolution de la température de l'eau en sortie chaudière en fonction de la Puissance nominale de la chaudière</i>	35
<i>Figure 13 : Bon sens de montage des débitmètres (Total E&P Congo, 2015)</i>	36
<i>Figure 14: Mauvais montage des débitmètres</i>	43

INTRODUCTION

1. Contexte – problématique et enjeux du mémoire

L'accès à l'énergie est une condition indispensable pour le développement durable, et la maîtrise de celle-ci une condition importante pour l'évolution d'un pays: l'énergie est au cœur des enjeux du monde actuel. Il existe plusieurs sources d'énergie parmi lesquelles les énergies fossiles dont on peut citer le pétrole brut.

L'exploitation de cette énergie fossile est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine. (énergies fossiles, 2015)

Du fait de la rude concurrence dans le secteur pétrolier, garder ses acheteurs potentiels et rester compétitif dans un marché en pleine mutation, est un défi majeur pour les sociétés pétrolières.

La teneur en eau et sédiment, la salinité, la viscosité et le point d'écoulement sont des paramètres d'appréciation de la qualité du brut. (Mettler.T, pétrochimie : Pésage & Analyse en laboratoire, 2005)

Les valeurs de référence de ces paramètres qui correspondent aux critères de tolérances des mesures de chargements établies par la CORAF (Congolaise de Raffinage), sont définies dans le tableau12 en annexe II.

Total E&P Congo souhaite relever ce défi avec l'huile de Moho Nord.

Moho Nord étant un projet d'exploration-production en offshore profond (forage en mer profonde), la teneur en eau dans le brut est élevée par rapport aux spécifications.

La conséquence directe de la présence de l'eau dans le brut, est la dépréciation de la qualité de celui-ci et de son prix sur le marché mondial. C'est également une huile lourde avec une viscosité élevée, ayant pour conséquence le figeage lors du stockage, le colmatage et la corrosion des parois des bacs de stockage.

Pour obtenir du brut de bonne qualité, respectant les spécifications de vente, il faut plusieurs opérations de traitement comme la déshydratation, le dessalage, etc. En amont de toutes ces opérations et avant le stockage, il y a le chauffage. Le but du chauffage est de faciliter le dégazage du brut et d'améliorer sa tension de vapeur, sa densité et sa viscosité pour optimiser

la séparation de l'huile et de l'eau.

Le site dédié au traitement, stockage et chargement du brut provenant des différents champs pétroliers en République du Congo est le terminal pétrolier de Djéno. Toutes les huiles réceptionnées sur ce terminal, sont au préalable chauffées avant d'être mélangées à d'autres huiles aux caractéristiques similaires. Les unités de chauffages existantes sur le terminal pétrolier de Djéno, ne peuvent contenir à la fois l'huile des anciennes productions et celle de Moho Nord.

C'est pourquoi, pour pallier à ce problème des nouvelles chaudières vont être installées par Total au terminal pétrolier de Djéno. S'agissant d'une nouvelle installation, il est indispensable de vérifier puis valider les performances de celles-ci et de leur système énergétique. Avant de procéder à la validation des performances de ses équipements, il faut tout d'abord mettre en place une procédure de démarrage de ces chaudières et un système de régulation de la boucle d'eau chaude.

Le présent mémoire vise à apporter une contribution au démarrage de ses chaudières et au bon fonctionnement de la boucle d'eau chaude.

2. Objectif de l'étude

Le présent travail a pour objectif général de tester les performances des chaudières et, de s'assurer de leur bon fonctionnement.

De façon spécifique, il s'agira de s'assurer du respect du cahier de charges du projet en adoptant la méthodologie suivante :

- Prendre connaissance du cahier des charges des chaudières,
- Faire l'inventaire des équipements intervenant dans le chauffage de l'huile,
- Déterminer les performances du système,
- Evaluer l'effet des performances du système sur les caractéristiques du brut après le chauffage,
- Etudier le système de régulation des chaudières permettant leur fonctionnement tel que prévu dans le projet.

Le présent mémoire comprend trois grandes parties :

- une synthèse bibliographique sur les chaudières,
- une étude des différents équipements de la boucle d'eau chaude,
- une analyse des résultats après les tests de performance.

3. Cadre d'accueil et de travail : brève présentation de Total E&P Congo

Les travaux de ce stage ont été réalisés dans les locaux de Total E&P Congo au sein de l'équipe du projet Moho Nord, à Pointe-Noire en République du Congo. Présent depuis presque 50 ans au Congo Brazzaville, Total E&P Congo s'est affirmé avec un capital de 20.235.301 dollars Américain (USD) comme le premier groupe pétrolier du pays avec pour activité principale l'exploration et la production des hydrocarbures. En 1998, Total a découvert le premier gisement de l'offshore profond congolais (Moho-Bilondo avec 700 mètres de profondeur d'eau). Tout en maintenant sa présence dans l'offshore conventionnel, Total E&P Congo s'est orienté vers Moho Nord, avec le développement de Moho-Bilondo phase 1bis. (Total, Total au Congo, 2017)

4. Présentation du projet Moho Nord

Moho Nord est le premier projet de développement pétrolier au Congo conçu avec un objectif de respect des contraintes environnementale (réinjection de la totalité des eaux de productions) et, climatiques (zéro brûlage de gaz en conditions normales d'exploitation). Le projet est opéré par Total E&P Congo (53.5% de part), avec la participation de Chevron Overseas Congo Ltd (31.5%) et de la Société Nationale des Pétroles du Congo (15%).

Moho Nord est le 2^{ème} projet du permis offshore profond Moho Bilondo. Afin de maximiser la production de ce champ à 140 000 barils de pétrole par jour, Total a lancé les développements de Moho Bilondo Phase 1 bis en production depuis fin 2015 et Moho Nord dont les premiers puits ont été lancés en mi-mars 2017.

Pour exploiter les puits, Total réunit deux unités de productions, un **FPU** (Floating Production Unit) relié aux puits du réservoir Miocène et une **TLP** (Tension Leg Platform), relié aux puits du réservoir Albien.

13 000 tonnes d'équipements et structures fabriqués au Congo, plus de 10 000 personnes mobilisées pendant les 10 mois du pic de la phase de construction, environ 130 techniciens et ingénieurs congolais formés chez les principaux contracteurs du projet : ce projet constitue un puissant levier de développement des capacités industrielles du pays .

Moho Nord est situé au large des côtes congolaises entre 650 et 1050 mètres de profondeur

d'eau, à environ 75 Km du terminal pétrolier de Djéno ; voir la figure1 ci-dessous.

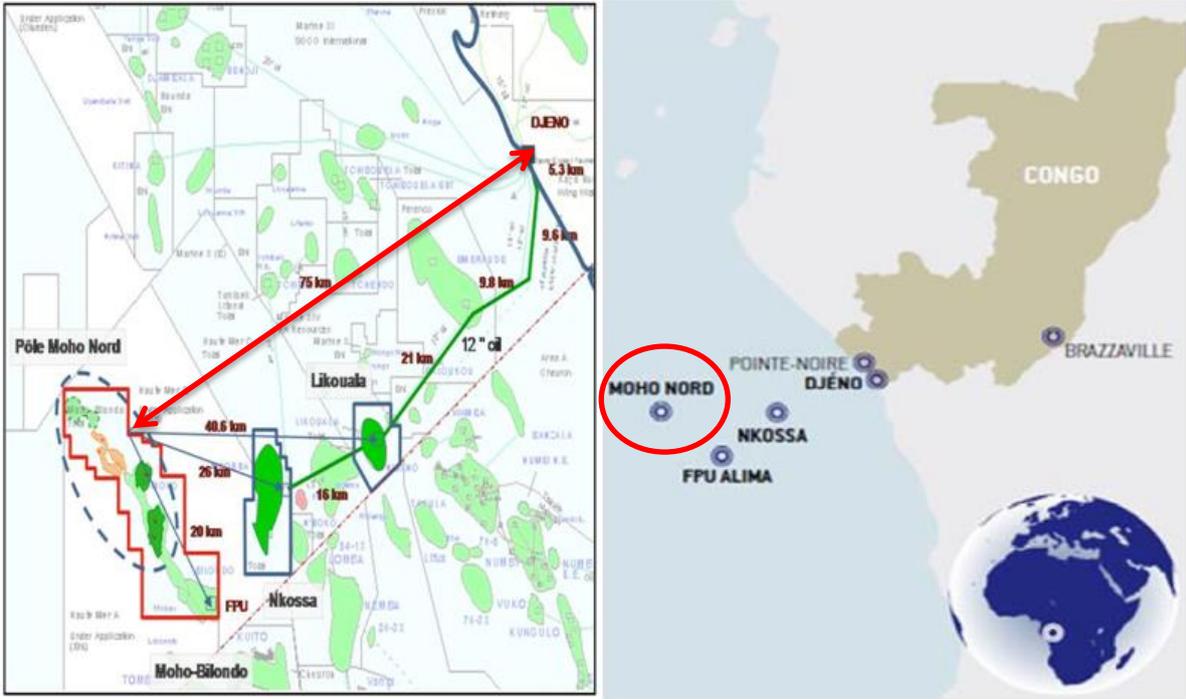


Figure 1: Localisation du projet Moho Nord (apave, 2016)



I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Ce chapitre consacré à la synthèse bibliographique, parlera de la généralité sur les chaudières, de leur principe de fonctionnement, ainsi que des différents types de chaudières. Il parlera aussi de façon brève des différents modes de transfert de chaleur intervenant dans la boucle d'eau chaude.

1. Chaudière

a. Définition

Une chaudière est un équipement thermique qui transfère de l'énergie à un fluide caloporteur (en général de l'eau). L'énergie thermique transférée peut être soit la chaleur dégagée par la combustion (de charbon, de fioul, de gaz, etc.), soit la chaleur contenue dans un autre fluide (chaudière de récupération sur gaz de combustion ou gaz de procédés chimiques, etc.), soit encore d'autres sources de chaleur (chaudières électriques). Le fluide caloporteur peut être soit chauffé uniquement, soit chauffé et vaporisé, soit chauffé, vaporisé et surchauffé dans la chaudière. (OUEDRAOGO, Combustion & Chaudières, 2012)

b. Principe de fonctionnement

Le combustible atomisé, s'écoule dans le brûleur et est brûlé avec une soufflante d'air. Les flammes du brûleur et les fumées chauffent les tubes qui, à leur tour chauffent le fluide caloporteur dans la section radiante. Dans la chambre de combustion, la chaleur est principalement transférée par rayonnement aux tubes autour du feu dans la chambre. Le fluide chauffant passe dans les tubes et est donc chauffé à la température voulue. Les gaz de combustion sont appelés gaz de Carneau. Lorsque le gaz de Carneau quitte la chambre de combustion, il rentre en général dans une section de convection au sein de laquelle la majeure partie de la chaleur est récupérée avant d'être rejetée dans l'atmosphère par la cheminée de gaz de Carneau. Dans le cas des chaudières électriques, il n'est plus question de combustible mais de source d'énergie, convertie en chaleur. (Total E&P Congo, les chaufferies, 2015)

c. Différents types de chaudières

La classification des chaudières se fait sur la base de certains critères :

- ✓ La gamme de puissance : supérieure ou inférieure à 70KW,

- ✓ Le système d'installation : sol ou mural,
- ✓ L'utilisation : domestique, collective, industrielle, centrale,
- ✓ Le type de fluide caloporteur : eau, vapeur, fluide, sels,
- ✓ La construction : à tubes de fumées ou à tubes d'eau,
- ✓ Le type de circulation : naturelle, assistée, forcée, l'architecture : chaudière à deux passes, chaudière tour,...,
- ✓ La source de chaleur : combustion, récupération, électrique.

La source de chaleur est la classification la plus utilisée quand il est question de choisir sa chaudière. Cette classification permet de distinguer trois types de chaudières :

- ✓ Les chaudières à combustion, réparties en deux types : chaudières à combustion liquides ou gazeux (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, fioul domestique, fioul lourd) et les chaudières à combustion solides (à grilles, à lit fluidisés, à charbon pulvérisé)
- ✓ Les chaudières à récupération, qui récupèrent la chaleur d'un circuit primaire générateur d'une forte source de chaleur et la conduise vers un circuit secondaire.
- ✓ Les chaudières électriques dont on distingue trois principes de chauffe : les chaudières électriques à résistances, à effet joule et électrique ionique. (Alain RIOU, Techniques de l'Ingénieur, 1990)

Tester la performance d'un équipement consiste à vérifier son niveau le plus élevé de fiabilité par rapport aux spécifications du constructeur. C'est aussi évaluer sa productivité, sa disponibilité (arrêts faibles pour entretien et maintenance), son système énergétique et sa sécurité. Dans cette étude, l'équipement à tester est la chaudière 06 HB 7201A du constructeur Babcock Wanson Italiana.

2. Différents modes de transfert de chaleur intervenant dans la chaudière

En général, une chaudière doit être conçue de manière conservatrice afin d'assurer une performance soutenue pendant la durée de vie de l'unité. Ainsi, elle doit être conçue pour absorber le maximum de chaleur libérée par la combustion. La chaleur est transférée entre les fumées et les tubes, entre la flamme et les tubes, entre la paroi de la chaudière et les tubes.

Cette chaleur est transférée à la chaudière par **rayonnement, convection**.

La conception d'une chaudière prend spécialement en considération la transmission de la chaleur. Dans le fonctionnement de l'unité, tous les modes de transfert se font simultanément. (OUEDRAOGO, Combustion & Chaudières, 2012)

- **Transfert par convection**

La convection est la propagation de la chaleur dans un fluide en mouvement¹.

Dans les chaudières, excepté les éléments du foyer, le principal moyen de transfert de l'énergie est la convection, bien que les faisceaux de tubes absorbent une portion de l'énergie par radiation des gaz.

Le taux de transfert est obtenu en appliquant la relation classique de transfert de chaleur par convection suivante :

$$\Phi = U_o A_o \Delta T_m$$

Où U_o est le coefficient global de transfert de chaleur, A_o la surface, ΔT_m la différence moyenne de température entre les fluides. (Dr. Yao AZOUMAH, les transferts thermiques, 2012)

- **Transfert par radiation (rayonnement)**

Le rayonnement est le transfert d'énergie sous forme d'ondes électromagnétique sans déplacement de matière, sans contact entre les objets ou milieux qui échangent l'énergie².

Dans les chaudières, le transfert par rayonnement se fait entre la flamme du brûleur et les tubes d'eau ainsi qu'entre les fumées et les serpentins.

¹ G. BRUHAT, Thermodynamique, Edition Masson

² Dr. Y. Azoumah, Cours de transferts thermiques, 2IE

II. ETUDES DES DIFFERENTS EQUIPEMENTS DE LA BOUCLE D'EAU CHAUDE

1) Description des chaudières retenues par le projet

De toutes les chaudières existant sur le marché, le modèle retenu par le projet est celui du constructeur Babcock Wanson Italiana. Celles-ci sont de type serpentín à passages multiples, avec un haut rendement théorique pouvant être supérieure à 92% sur l'ensemble de la plage d'utilisation.

Il s'agit de deux chaudières à combustion liquide et alimentées en deux combustibles : pétrole brut et carburant diésel. Cette configuration permet d'assurer le fonctionnement des chaudières en cas d'indisponibilité de l'une des sources. Néanmoins le fonctionnement des chaudières sur diésel n'est que temporaire.

Tableau 1: Données techniques de la chaudière

Nom	chaudière	
Type	Serpentin à passage multiple	
Fonction	Chauffage eau	
item	06-HB-7202 A/B	
fournisseur	Babcock Wanson Italiana	
Nature du produit	eau	
Pression de calcul (bar)	25	
Pression de service (bar)	19 (IN) /17 (OUT)	
Température de calcul (°C)	250	
Température de service (°C)	155 (IN) / 180-193 (OUT)	
Débit (m ³ /h)	159	
Puissance (MW)	4,43	Design : 4,87

Ces Chaudières sont composées de :

- 01 nourrice d'entrée eau à 6 passes ;
- 01 nourrice de sortie eau à 6 passes ;
- 01 ligne d'alimentation propane ;
- 01 ligne d'alimentation Air d'atomisation ;
- 01 ligne d'alimentation combustible (fuel/ diesel) ;

- 01 ligne recycle combustible ;
- 01 système d'extinction par CO₂ ;
- 02 cellules de détection de flamme (une pour le pilote et l'autre pour le brûleur principal) ;
- 01 analyseur de NO_x et d'O₂ ;
- 01 cheminée ;
- 02 gicleurs ;
- 01 ventilateur à vitesse variable ;
- 01 chambre de combustion ;
- 01 pilote ou allumeur ;
- 01 brûleur ;
- 02 soupapes PSV7215 / 7216 disposées sur la sortie eau de chaque chaudière.

a) Rôle de chaque élément de la chaudière

- La nourrice d'entrée/sortie : est utilisée pour acheminer l'eau en provenance des échangeurs dans les chaudières et celle en provenance des chaudières vers les échangeurs.
- La ligne d'alimentation propane : sert à alimenter les chaudières en propane lors du démarrage.
- La ligne d'alimentation Air d'atomisation : conduit l'air pour l'atomisation du fuel et du diesel.
- Le ventilateur : il fournit au brûleur l'air nécessaire à la combustion du fuel. Son bon fonctionnement permet de minimiser les résistances que rencontre l'air jusqu'à la flamme et les résistances rencontrées par la flamme dans la chambre de combustion.
- Le brûleur : élément essentiel au bon fonctionnement de la chaudière a pour fonction de mélanger dans les proportions correctes, l'air comburant et le fuel pour permettre une bonne combustion. Il assure la combustion du fuel en provenance du réservoir et donc génère de la chaleur.
- Le Gicleur : lié au brûleur, il participe à la bonne combustion du fioul. Par l'air d'atomisation, il assure la pulvérisation du fuel en des milliards de gouttelettes et le réglage du débit nominal du fuel.
- La chambre de combustion : zone où s'effectuent la combustion, puis l'échange et la transmission de la chaleur.
- La Soupape : dispositif de sécurité ultime, permettant d'éviter qu'une surpression accidentelle ne fasse éclater un tuyau. Elle décharge le surplus de liquide vers

l'extérieur (catch bassin) lorsque la pression atteint la valeur limite pour laquelle elle a été tarée.

- La Cheminée : dispositif utilisé pour l'évacuation des fumées et la mesure des rejets. Munie d'une sonde de température, elle fait tripper le boiler en cas de détection de gaz chaud dans la cheminée.
- Le pilote : petit brûleur auquel on a ajouté une bougie d'allumage alimentée par des impulsions à très haute tension. L'arc électrique ainsi créé dégage assez de chaleur pour permettre le début de la combustion. Après la mise en service du brûleur, le pilote est arrêté.
- Les Cellules de détection de flamme : ce sont des cellules photo électrique contrôlant en permanence la présence des flammes dans la chambre de combustion. En cas d'extinction accidentelle des brûleurs, les détecteurs provoquent à travers un système de sécurité l'arrêt de l'alimentation en combustible des brûleurs.
- Le système d'extinction par CO₂ : c'est un système de sécurité des chaudières en cas d'incendie. Lors d'un départ de feu, le voteur 2003 de capteurs de température situé au pied de la chambre de combustion en détectant une élévation de température, envoie l'information à l'automate pour arrêter les chaudières et relâcher le CO₂ dans la chaudière.

Le schéma de la figure 2 ci-dessous, décrit l'assemblage des différents éléments de la chaudière définis plus haut (vue d'ensemble).

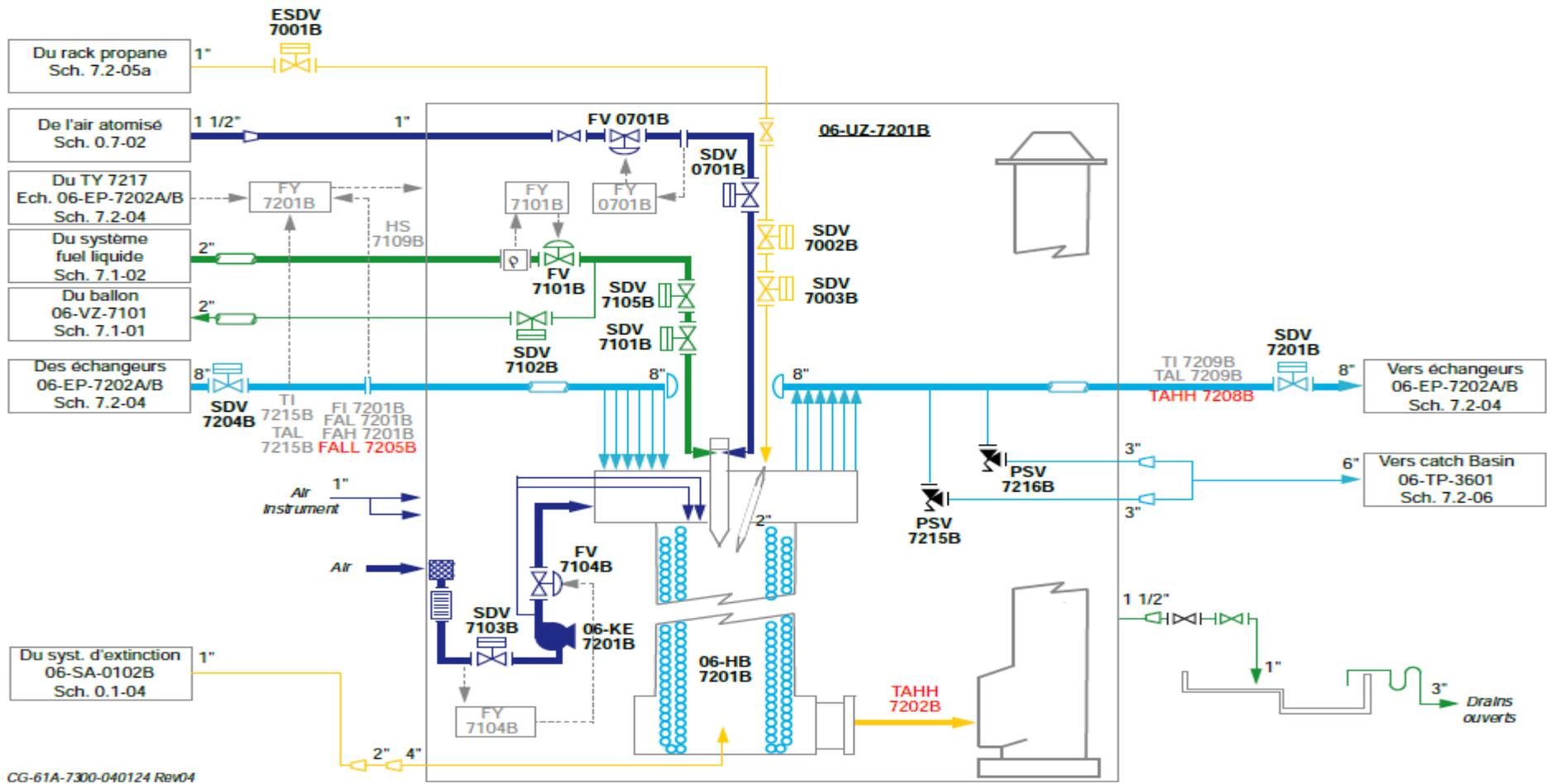


Figure 2: La chaudière



Houria Verlaine LEMBELE

2013-0701 Promotion 2016 Master GEE

b) Principe de fonctionnement de ses chaudières

Les deux chaudières fonctionnent en parallèle, et traite chacune la moitié du débit d'écoulement total. Selon la variation de la quantité du brut fourni, une seule chaudière peut supporter le débit d'écoulement total.

Le brûleur de chaque chaudière est alimenté par une partie du pétrole brut Moho Nord qui est acheminée vers le système de carburant liquide composé de :

- ✓ Un ballon fuel (VZ7101) ;
- ✓ un réservoir diesel (TZ7102) ;
- ✓ deux filtres (VZ7101A/B) et ;
- ✓ deux pompes (PC7101A/B).

Au démarrage, les chaudières sont alimentées en diesel lorsque la température du fuel est en dessous de 55°C ou le fuel reçu est du 100% miocène (trop lourd). En fonctionnement normal, le fuel (pétrole brut) est utilisé comme combustible. La température à l'intérieur du ballon fuel est maintenue à 55°C au moyen du chauffage électrique. Le chauffage électrique est utilisé pour réduire la viscosité du fuel et faciliter l'allumage du brûleur. La flamme est produite par un mélange Air/fuel qui est enflammé par une étincelle produite par un allumeur (pilote) à la détection du propane. Une fois ce mélange enflammé, le brûleur laisse passer le fuel chaud qui continu avec de l'air à s'enflammer.

Cette combustion produit la chaleur qui est dissipée par convection et rayonnement, réchauffant ainsi l'eau. Les fumées sont expulsées à l'extérieur via la cheminée.

2) Boucle d'eau chaude

La boucle d'eau chaude est le système qui alimente en eau chaude le circuit de chauffage du brut de Moho Nord.

Dans le but de faciliter la séparation huile/eau dans les bacs de stockage, l'eau chaude est utilisée pour rehausser la température du brut Moho Nord, de 16 /25°C à son arrivée à Djéno à 45°C. L'eau est utilisée comme moyen de chauffage du brut. Cette eau est traitée régulièrement par des injections de produits chimiques (anti-dépôt, anticorrosion, anti-oxygène). En raison de la teneur élevée en soufre dans le brut, cette eau doit être supérieure à 155°C à l'entrée des chaudières (le point de rosée acide des fumées est estimé à 143°C).

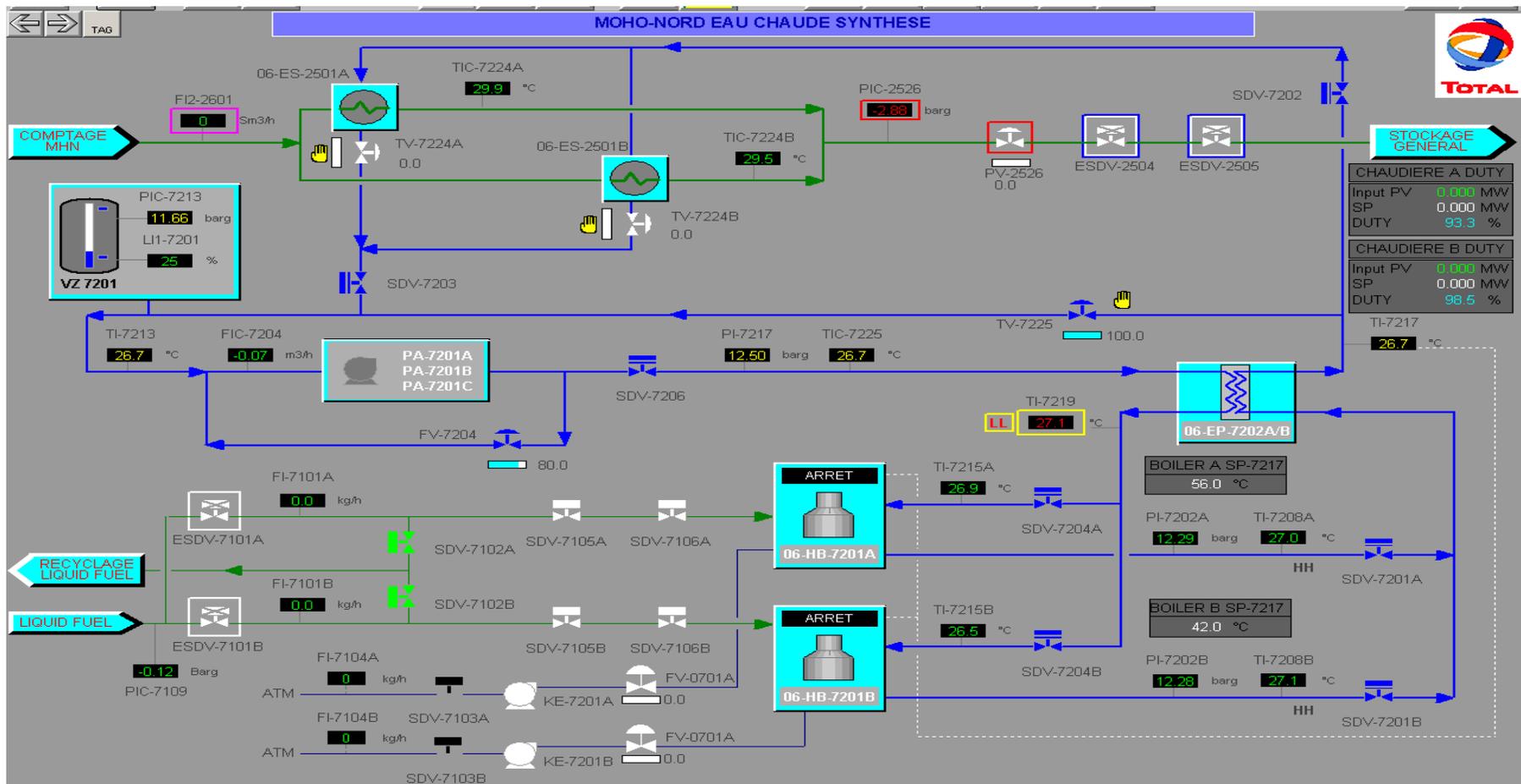


Figure 3: Schéma de la boucle d'eau chaude



Houria Verlaine LEMBELE

2013-0701 Promotion 2016 Master GEE

La boucle d'eau chaude, illustrée par la figure 3 ci-dessus est un système fermé comprenant les équipements suivants :

- 03 pompes de circulation d'eau chaude 06-PA-7201A/B/C ;
- 02 échangeurs à plaques et à châssis (eau/eau) 06-EP-7202A/B ;
- 02 chaudières à eau chaude 06-HB-7201A/B ;
- 01 ballon d'expansion 06-VZ-7201 ;
- Deux échangeurs de chaleur tubulaire (huile/eau) 06-ES-2501A/B et ;

a) Pompes

Les pompes sont utilisées dans plusieurs activités. Pour les chaudières on peut citer le pompage de l'eau d'alimentation, les purges, la lubrification, etc. Il existe une pompe donnée qui convient le mieux à chaque activité. On peut citer deux grandes catégories de pompes : les pompes volumétriques et les pompes dynamiques.

Pour le projet, les pompes centrifuges monocellulaires ont été choisies pour la circulation d'eau chaude dans la boucle, du fait qu'elles permettent d'obtenir des débits de refoulement élevés à des pressions modérées.



Figure 4: Pompes de circulation d'eau chaude

Les trois pompes délivrent chacune un débit de fonctionnement de 160m³/h. Elles sont installées sur la boucle d'eau chaude afin de garantir un débit d'eau souhaité de 319,4 m³/h pour chauffer 99 200 barils /jour de brut. Les trois pompes sont des pompes centrifuges de type API610 et, conçues pour couvrir chacune 50% du débit demandé. En fonctionnement normal, deux pompes fonctionnent en parallèle et la troisième pompe sert de secours.

La pompe de secours ne démarrera qu'en cas de basse pression sur le circuit ou, en raison d'une défaillance d'une des pompes en service.

Tableau 2: Caractéristique des pompes de circulation d'eau chaude

Données des pompes		
Nombre des pompes	3x50%	
Marque	06PA7201A/B/C	
type	Dynamique	
Débit de chaque pompe	Normal	159,7m ³ /h
	Nominal	191,6m ³ /h
	Minimum	52m ³ /h
NPSH _a	146,8m à 80°C	
	147,4m à 90°C	
	141,3m à 105°C	
Pression	aspiration	13,6 bar à 80°C et 105°C
	refoulement	20,2 bar
	Différence de pression	6,64 bar
Pression de conception à la décharge des pompes		25 bar
Rendement estimatif		65%
Puissance absorbée		45,6 kW

b) Echangeurs à plaques

Principalement utilisés pour des transferts de chaleur entre deux fluides de même nature, et ayant des performances élevées, notamment dans la récupération de chaleur ils ont été installés dans le projet pour préchauffer l'eau à l'entrée des chaudières d'une part et pour baisser la température de cette même eau à la sortie des chaudières d'autre part. Ses échangeurs sont à courant croisés. (Figure 5)

Tableau 3: Données techniques des échangeurs à eau

Fonction	Echangeur eau / eau	
Type	Echangeur à plaques	
item	06-EP-7202 A/B	
fournisseur	Alfa Laval	
Nature du produit	Eau	eau
Pression de calcul (bar)	25	25
Pression de service (bar)	20,1	16,3
Température de calcul (°C)	210	210
Température de service (°C)	80 – 155	179 - 105
Chaleur absorbée (kcal/h)	13,75	
Surface (m ²)		84



Figure 5: Les échangeurs à plaques

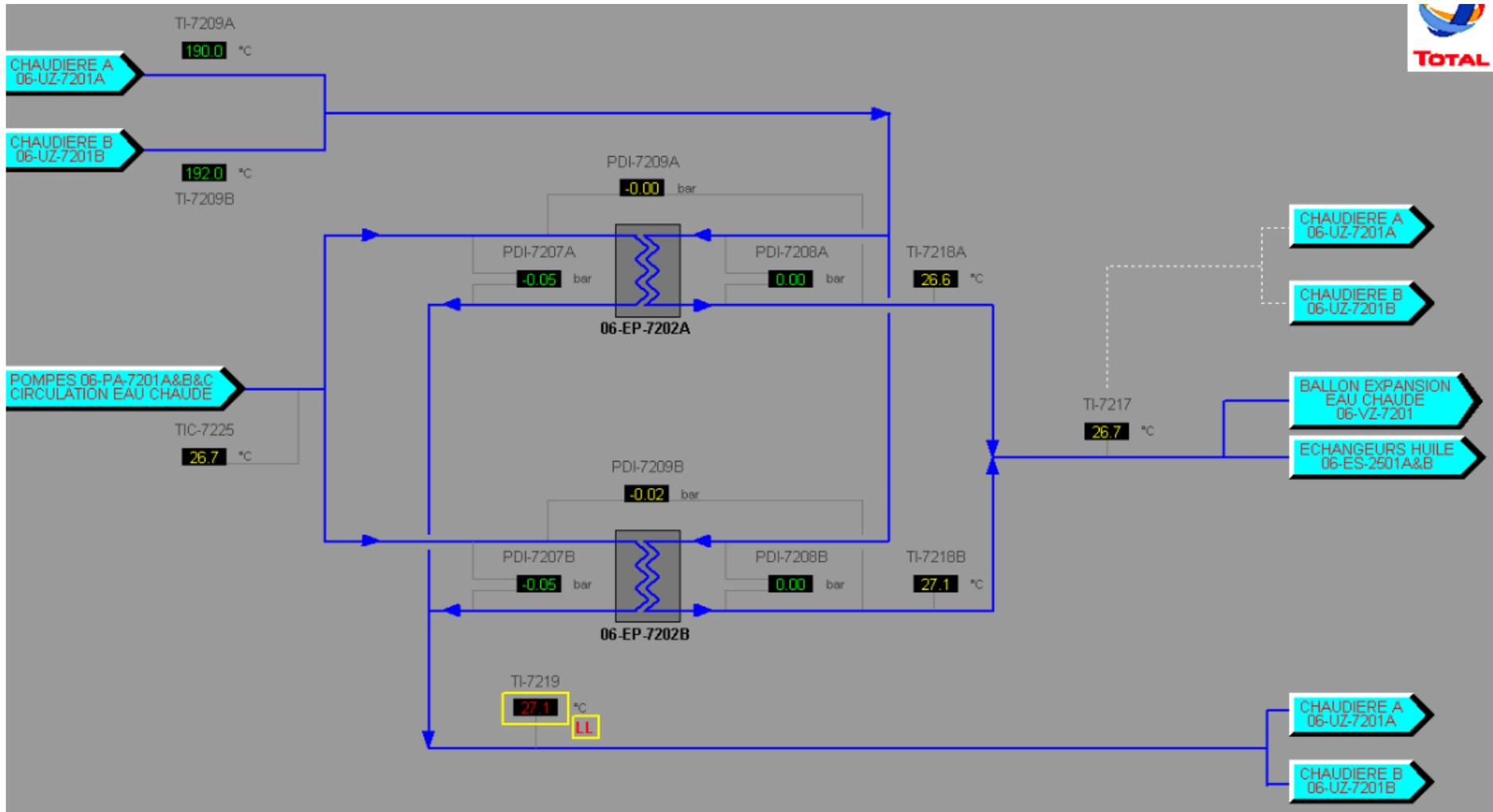


Figure 6: Circulation d'eau dans les échangeurs à plaques

La figure 6 montre la circulation d'eau chaude dans les échangeurs à plaques, en partant des chaudières jusqu'au niveau du ballon d'expansion.

c) Ballon d'expansion

Le ballon d'expansion, pressurisé à 13bar par l'azote est situé en amont des pompes de circulation d'eau chaude et est installé au point le plus élevé de la boucle d'eau chaude. Le but de ce ballon dans la boucle d'eau chaude est de compenser les variations de volume d'eau due aux changements de température dans la boucle et de maintenir sous pression la boucle d'eau chaude afin d'éviter l'ébullition de l'eau dans la boucle elle-même. En particulier, il est capable de supporter la plus grande expansion volumique de la température de démarrage des installations (estimée à 2.3m^3 pour une variation de température de $25/27^\circ\text{C}$) à celle produite à un état de fonctionnement normal. Une ligne d'appoint d'eau, reliée au ballon d'expansion d'eau est prévue, pour compenser les pertes d'eau potentielles du réseau en tenant compte d'une perte d'eau estimée par mois d'environ 5% du volume total de 38.5m^3 d'eau chaude.

Tableau 4 : Données techniques du ballon d'expansion

Repère	06-vz-7201
Fonction	Ballon d'expansion
Type	vertical
Fournisseur	OCS
Nature du produit	Eau / Azote
Pression de calcul	25 bar
Pression de service	13 bar
Température de calcul	11/210 °C
Température de service	80/105 °C
Capacité	40 m^3
Diamètre int. / hauteur	1500 mm / 3000mm

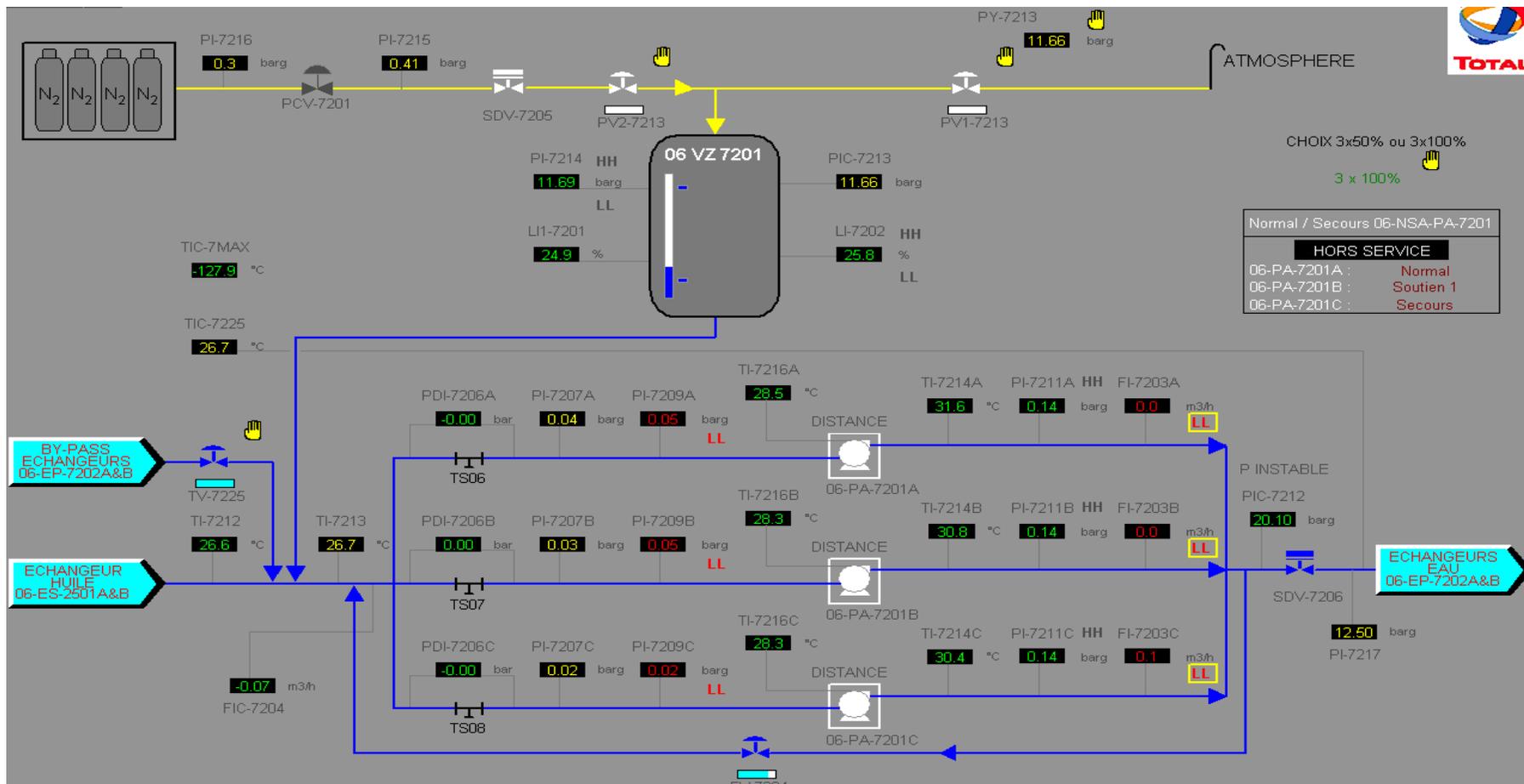


Figure 7 : Ballon d'expansion

d) Echangeurs à huile

Les échangeurs à huile nommés dans le projet par 06-ES-2501 A/B sont des échangeurs tubulaires, constitués d'un faisceau de tubes disposés à l'intérieur d'une enveloppe nommée calandre. Ceux-ci permettent le transfert de chaleur d'un fluide à un autre sans les mélanger.



Figure 8: Echangeurs à huile

Les échangeurs tubulaires ayant l'avantage d'effectuer l'échange de chaleur entre des fluides de nature très différente ; de résister à de très forte pression, et d'accepter de grands écarts de température, ont été choisis pour chauffer le brut Moho Nord.

Ses échangeurs sont à contre-courant c'est-à-dire les deux fluides de l'échangeur (huile / eau) parcourent la surface d'échange dans un sens opposé.

Tableau 5: Données techniques des échangeurs à huile

général					
Dimension	2 350 x 8 100 mm	TYPE	AES	POSITION	Horizontal
Surface	803 m²	Nombre	1	Surface	803 m²
poids	29 100 kg	Poids de fonctionnement	42 700 kg	Poids testé	43 200 kg
Fluide de circulation	Huile	Eau chaude			

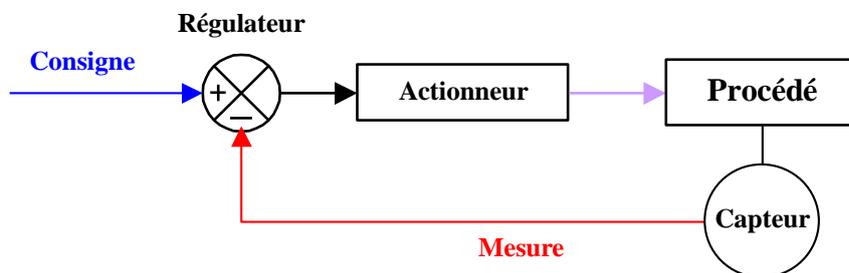
	Côté huile		Côté eau chaude	
Température de fonctionnement (°C)	E	S	E	S
	16	45	105	80
Pression de fonctionnement (bar)	6.2	5.2	3.9	2.9
Débit massique (kg/h)	303656	303656	151291	151291
Densité (kg/m ³)	926	905	948	967
Capacité thermique spécifique (kJ/kg°C)	1.747	1.867	4.199	4.196
Viscosité (cp)	78.5	18.9	0.27	0.35
Conductivité thermique	0.1245	0.1207	0.683	0.670
Nombre de passe	8		1	
Pression de construction (bar)	16.5		16.5	
Conduite E/S	12''/ 12''		8''/8''	

3) Régulation de la boucle d'eau chaude

L'objectif global de la régulation peut se résumer par ces trois mots clefs :

- **Mesurer**
- **Comparer**
- **Corriger**

Principe de fonctionnement de la régulation



La régulation prend en compte deux circuits : le circuit huile et le circuit eau.

Régulation de la température d'eau chaude à l'entrée des chaudières

Sous la pression atmosphérique normale, à 100°C l'eau liquide devient de la vapeur.

La formation des vapeurs d'eau n'étant pas nécessaire pour le chauffage de l'huile de Moho Nord, il faut rester dans la plage de fonctionnement de la courbe de vapeur d'eau saturée représentée dans la figure 9 ci-dessous.

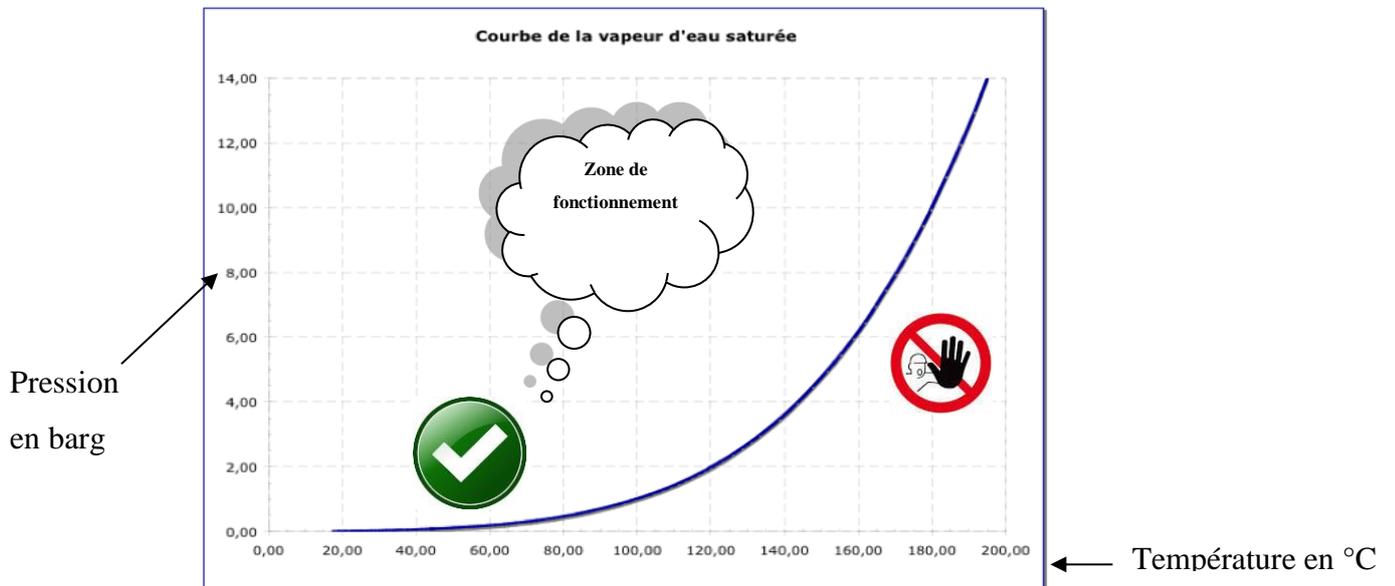


Figure 9 : Courbe de la vapeur d'eau saturée

Trois étapes importantes sont à respecter dans la gestion de la boucle de régulation :

Étape 1 : l'estimation de la quantité d'énergie absorbée

Cette quantité d'énergie se calcule à partir de la formule suivante : $Q = mcp\Delta T$

Avec Q : la quantité d'énergie en joule;

m : la masse de l'huile en gramme;

CP : la chaleur massique de l'huile en J/g. °C et;

ΔT : la différence de température (entrée et sortie de l'huile) en °C

Étape 2 : régulation de la température de l'huile

La régulation se fait via un ordinateur, à partir du logiciel de programmation Delta V.

Cette régulation se fait en pilotant manuellement le contrôleur de température TIC-7224 jusqu'à atteindre la température de consigne (45°C). Une fois la consigne atteinte, le contrôleur bascule en automatique.

Étape 3 : régulation de la température de l'eau

En fonctionnement normal, la régulation de la température de l'eau est gérée par le BMS (Burner Management System) de la chaudière.

Au démarrage des chaudières, le contrôleur TIC-7225 est piloté en manuel jusqu'à atteindre la consigne de 105°C sur le TI-7217. Le line-up en automatique du TIC-7226 se fait lorsque les trois boucles (**TV 7224, TIC-7225, FY-7201**) sont stables.

Le TIC-7226 (régulateur maître) fonctionne en cascade avec le TIC-7225 (régulateur esclave).

Le tableau ci-après, explique le rôle des différents contrôleurs de pression, de débit ou de température utilisés pour la régulation de la pression, du débit ou de la température dans la boucle d'eau chaude.

Tableau 6: Récapitulatif de la boucle de régulation

Repère	Fonction	consigne	Action
PIC-7213 FY-7213	Contrôle de la pression dans le ballon d'expansion Relais associé	13 bar	Pilote en split range la PV2-7213 sur la ligne de pressurisation et la PV1-7213 sur la ligne d'évacuation d'excédent de gaz
FIC-7204	Régulation du débit de circulation d'eau de la boucle d'eau chaude		Pilote la FV-7204 sur la ligne de débit minimum des pompes de circulation d'eau
PIC-7101	Contrôle en marche/arrêt des pompes de circulation d'eau		Démarre/arrête les pompes en fonction du niveau de pression dans la boucle et de la disponibilité des pompes
TIC-7225	Régulation de la	80°C	Pilote la TV-7225 sur

	température d'eau chaude à l'entrée des chaudières		la ligne en sortie des échangeurs côté chaud
FY-7201	Régulation du débit de circulation de l'eau chaude dans la chaudière		Information donnée au BMS de la chaudière, corrèle la commande du TIC-7217 en sortie des échangeurs
FY-7101	Relaye la commande de débit d'entrée du fuel liquide par le BMS de la chaudière		Pilote la FV-7101 sur la ligne d'alimentation en fuel
FY-7104	Relaye la commande de débit d'entrée d'air de combustion par le BMS de la chaudière		Pilote la FV-7104 sur la ligne d'alimentation air de combustion

Vannes de conduite

Pour piloter l'installation, certaines vannes ont été installées dont le rôle général est de contrôler le débit ou la pression du fluide. Chaque vanne a une fonction spécifique et une action précise expliquées dans le tableau suivant.

Tableau 7: Vannes de conduite

Repère	Fonction	Action
PV1-7213	Régule la pression sur la ligne d'évacuation d'excédent de gaz du ballon d'expansion	Pilotée par PIC-7213 en split range avec PV2-7213
PV2-7213	Régule la pression sur la ligne de pressurisation du ballon d'expansion	Pilotée par PIC-7213 en split range avec PV1-7213

FV-7204	Régule le débit dans la ligne de débit minimum des pompes de circulations	Pilotée par le contrôleur PIC-7110
TV-7225	Régule le débit sur la ligne de sortie côté chaud des échangeurs à plaque	Pilotée par le contrôleur de température TIC-7225
FV-7101	Régule le débit du combustible liquide sur la ligne d'alimentation de la chaudière	Pilotée par le BMS via le FY-7101
FV-0701	Régule le débit d'air d'atomisation sur la ligne d'alimentation de la chaudière	Pilotée par le BMS via le FY-0701
FV-7104	Régule le débit d'air de combustion sur la ligne d'alimentation de la chaudière	Pilotée par le BMS via le FY-7104

Action de sécurité

La sécurité étant très importante dans une installation pétrolière, il est impératif d'en parler. Le tableau ci-après représente les valeurs de seuil de déclenchement des vannes de sécurité sur l'installation. Le rôle de ses vannes est d'isoler les équipements en cas de situation d'urgence. Elles ont une fonction de sécurité.

Tableau 8: Sécurité

Repère	Fonction	seuil	Action
PALL 7004	Pression très haute ou très basse sur le collecteur propane	80 mbar	Déclenche un SD-3.14 ferme la SDV 7002 sur la ligne d'alimentation en propane des chaudières

FALL 7205	Débit d'eau chaude très bas en entrée de la chaudière	28 m3/h	Déclenche un SD-3.1.1 : empêche le démarrage ou arrête la chaudière et isole les lignes d'entrée/sortie d'eau chaude et de fuel liquide
TAHH 7208	Température très haute d'eau chaude en sortie des chaudières	195°C	Déclenche un SD-3.1.1 : empêche le démarrage ou arrête la chaudière et isole les lignes d'entrée/sortie d'eau chaude et de fuel liquide
TAHH 7202	Température très haute des gaz brûlés en sortie des chaudières	120°C	Le F&G (Feu & Gaz) arrête les chaudières et isole les lignes d'entrée/sortie d'eau chaude et de fuel liquide

4) Procédure de démarrage des chaudières

Le démarrage des chaudières peut être effectué avec le diesel ou le brut, sauf si le brut est exclusivement du brut Miocène.

Avant le démarrage, une purge des brûleurs doit être effectuée pour éviter les risques d'explosion de vapeur ou d'autres résidus.

Les conditions de pré-démarrages suivantes doivent être remplies :

- *Débit et pression d'eau dans le circuit d'eau chaude suffisants*
- *Débit, pression et température de fuel suffisants*
- *vanne ESDV 7101 en entrée de l'alimentation du combustible liquide ouverte*
- *Ventilateur de l'air comburant (06-KE-7201) arrêtée*
- *vannes suivantes fermées : SDV 7102, SDV 7105, SDV 7106A et FV 7107A*

- *Propane disponible et vannes d'alimentation propane ouverte (SDV 7002A et SDV 7003A) Système d'Atomisation air disponible et vanne SDV 0701A ouverte*
- *Vanne d'air de combustion FV 7104A en position.*
- *Vanne fuel liquide FV 7101A en position*
- *Vanne d'air atomisé PV 7104A en position*

Le brut doit satisfaire les conditions de viscosité de la chaudière.

Le démarrage est opéré manuellement par un opérateur après le reset de tous les SD existants.

Commande de la PURGE : bouton actionné par l'opérateur

- ▶ *Bouton poussoir HS-7205 pour REINITIALISER l'alarme et éteindre le statut s'il est encore en place*
- ▶ *Bouton poussoir HS-7201 pour DEMARRER la période de purge*
- ▶ *Commander OUVRIR la vanne SDV-7103 pour mettre en position de purge : OUVERTE, vérifier par SZH*
- ▶ *Commander REGLAGE vers le clapet FV-7104 avec le signal BMS-THR-27 comme commande*
- ▶ *Démarrer le ventilateur d'air comburant 06-KE-7201 avec BMS-THR- 28 comme signal vers SC-7201*

SI : flux de l'air de purge vérifié par FT-7103-7104 > BMS-THR-22

- ▶ *Démarrer la période de purge de la chambre de combustion et du circuit de combustion (2 min ou plus, 2 min est le temps minimum pour purger 4 fois les volumes de la chambre de combustion)*

- ▶ *Temps de démarrage de la purge, signal lumineux YLH-7201 clignotant*

SI : Flux de l'air purgé vérifié par FT-7103-7104 < BMS-THR-22

- ▶ *Attendre 3' pour obtenir le seuil du flux avant d'ARRETER la séquence*

SI : le temps de purge est écoulé

- ▶ *Temps de purge écoulé, signal lumineux YLH-7201 allumé : attendre la prochaine étape de l'opérateur*
- ▶ *Temps de démarrage de 3' pour la procédure du cycle d'allumage*

Allumage du brûleur principal : bouton poussoir activé par l'opérateur (BLOQUE

PENDANT LA PURGE)

- ▶ Vérifier le type de combustible disponible

SI : Combustible = brut ; attendre que le BMS-THR-30 soit sur TAL-7101 (temps d'attente de 3' avant la procédure d'ARRET)

SI : Combustible = LFO; ignoré TAL-7101

- ▶ REGLER la vanne d'air d'atomisation FV-0701 pour une position d'allumage sur BMS-THR-5

- ▶ REGLER la vanne du combustible FV-7101 pour une position d'allumage sur BMS-THR-6

- ▶ REGLER la vanne d'air FV-7104 pour une position d'allumage sur BMS-THR-7

- ▶ REGLER le ventilateur 06-KE-7201 @ vitesse d'allumage C-7201 sur BMS-THR-8

SI : Pression de l'air vérifiée par PT-7102 avec PAL-7102 réglez sur BMS-THR-1

SI : Flux d'air vérifié par FT-7104-7103 avec FAL/LL-7103 réglez sur BMS-THR-2/12

SI : Pression de l'air d'atomisation vérifiée par PT-0702 avec PAL/LL-0702 réglez sur BMSTHR-3/13

SI : Pression du combustible vérifiée par PT-7101 avec PAL/LL-7101 réglez sur BMS-THR 4/14

SI : Cellules photoélectriques BE-7101 et BE-7102. Voient la flamme, éteignez

"FLAMME IMPREVUE"

SI : Cellules photoélectriques BE-7101 et BE-7102. NE voient PAS la flamme (BY-7101 & 7102 = 0 ; BSH-7101 & 7102 = 0)

- ▶ Transformateur EZ-7101 génère un arc électrique haute tension au-dessus du brûleur pilote

- ▶ Temps d'attente de 5 secondes

- ▶ Commandez OUVRIRE pour la coupure de sécurité des vannes à propane SDV-7002 et SDV-7003

- ▶ temps de sécurité de 10 secondes, pour que l'allumage de la flamme pilote démarre

SI : Cellules photoélectriques BE-7101 "Flamme Pilote" NE VOIENT pas la flamme

- ▶ Commandez FERMER des vannes de coupure de sécurité du propane SDV-7002 et SDV-7003

- ▶ Clapets d'air FV-7104, Ventilateur 06-KE-7201, restent dans leur position

- ▶ Séquence est verrouillée, mais le bouton de démarrage reste actif pendant 3 minutes

SI : Cellules photoélectriques BE-7101 voient la flamme (BY-7101 = 0 & BSH-7101 = 1)

- ▶ Signal lumineux YLH-7202 allumé
 - ▶ Commandez OUVRIR de la vanne d'air d'atomisation SDV-0701 (vérifié par PALL-0702)
 - ▶ attendre 1"
 - ▶ Commandez FERMER à la vanne du combustible SDV-7102
 - ▶ attendre 1"
 - ▶ Commandez OUVRIR aux vannes de coupure de sécurité du combustible SDV- 7105, SDV- 7106, FV- 7107
 - ▶ Temps de sécurité de 5", pour l'allumage de la flamme principale
- SI : temps de sécurité pour l'allumage principal est écoulé
- ▶ Commandez FERMER aux vannes de coupure de sécurité du propane SDV- 7002 et SDV- 7003
- SI : Cellules photoélectriques BE-7102 "Flamme principale" NE VOIENT PAS la flamme
- ▶ Commande FERMER des vannes de coupure de sécurité du combustible SDV- 0701, SDV-7102, SDV-7105, SDV-7106, SDV-7107
 - ▶ Clapet d'air FV-7104, Ventilateur 06-KE-7201, restent dans leur position
 - ▶ Séquence est verrouillée, mais le bouton de démarrage reste actif pendant 3 minutes
- SI : Cellules photoélectriques BE-7102 voit encore la flamme : (BY-7102 = 0 & BSH-7102= 1)
- ▶ Signal lumineux YLH-7203 allumé
 - ▶ Attendre 15 secondes pour que la flamme se stabilise
- SI : Temps d'attente écoulé
- SI : Flamme est perdue pendant 15"
- ▶ Séquence est verrouillée, mais le bouton de démarrage reste actif pendant 3 minutes
- La séquence d'allumage ne doit pas excéder 15".
- Si le brûleur principal n'a pas été allumé en moins de 3 minutes après la fin de la séquence de purge ou trois tentatives ont été faites, le système sera automatiquement désactivé et une nouvelle séquence de purge suivra avant de retenter l'allumage.
- ▶ Alarmes PAL-7001 & PALL-7001 doivent être DESACTIVEES a partir de cette phase, Chaque scanner de flamme voit le brûleur principal.

Premier chauffage de l'eau

- ▶ Le w_FIC-7101 est le BMS-THR-20, et la régulation du brûleur est contrôlée par le taux de combustion

SI : Température de l'eau > BMS-THR-19

▶ *OU*

SI : Temps de chauffage > 30'

▶ *Restaurer la fonction de régulation automatique FY-7201*

▶ *Signal lumineux YLH-7204 "REGULATION AUTOMATIQUE EN FONCTIONNEMENT"
allumé*

Coupure par BMS (HS7203 ou condition de PROCESSUS D'ALARME)

▶ *Commande FERMER des vannes de coupure de sécurité du propane SDV-7002, SDV-7003*

▶ *Commande FERMER des vannes de coupure de sécurité du combustible SDV-7105, SDV-7106, FV-7107*

▶ *Commande OUVRIR de la coupure de sécurité SDV-7102*

▶ *Commande OUVRIR de la vanne FV-7104 sur BMS-THR-27*

▶ *Ventilateur de l'air comburant 06-KE-7201 sur BMS-THR-28 comme signal de commande de SC-7201*

▶ *Temps post-purge de 60"*.

▶ *Ventilateur 06-KE-7201 STOP*

▶ *Vannes FV-7104, FV-7101, FV-0701 FERMER*

▶ *Clapets SDV-7103 FERMER*

Coupure par F&G

▶ *Commande FERMER des vannes de coupure de sécurité du propane SDV-7002, SDV-7003*

▶ *Commande FERMER des vannes de coupure de sécurité du combustible SDV-7105, SDV-7106, FV-7107*

▶ *Commande FERMER des vannes de coupure de sécurité du combustible ESDV2-7101*

▶ *Commande OUVRIR de la coupure de sécurité SDV-7102*

▶ *Ventilateur 06-KE-7201 STOP*

▶ *Vannes FV-7104, FV-7101, FV-0701 FERMER*

▶ *Clapets SDV-7103 FERMER*

Ci-dessous (figure 10) le grafctet de démarrage des chaudières, simulé à partir du logiciel Delta V.

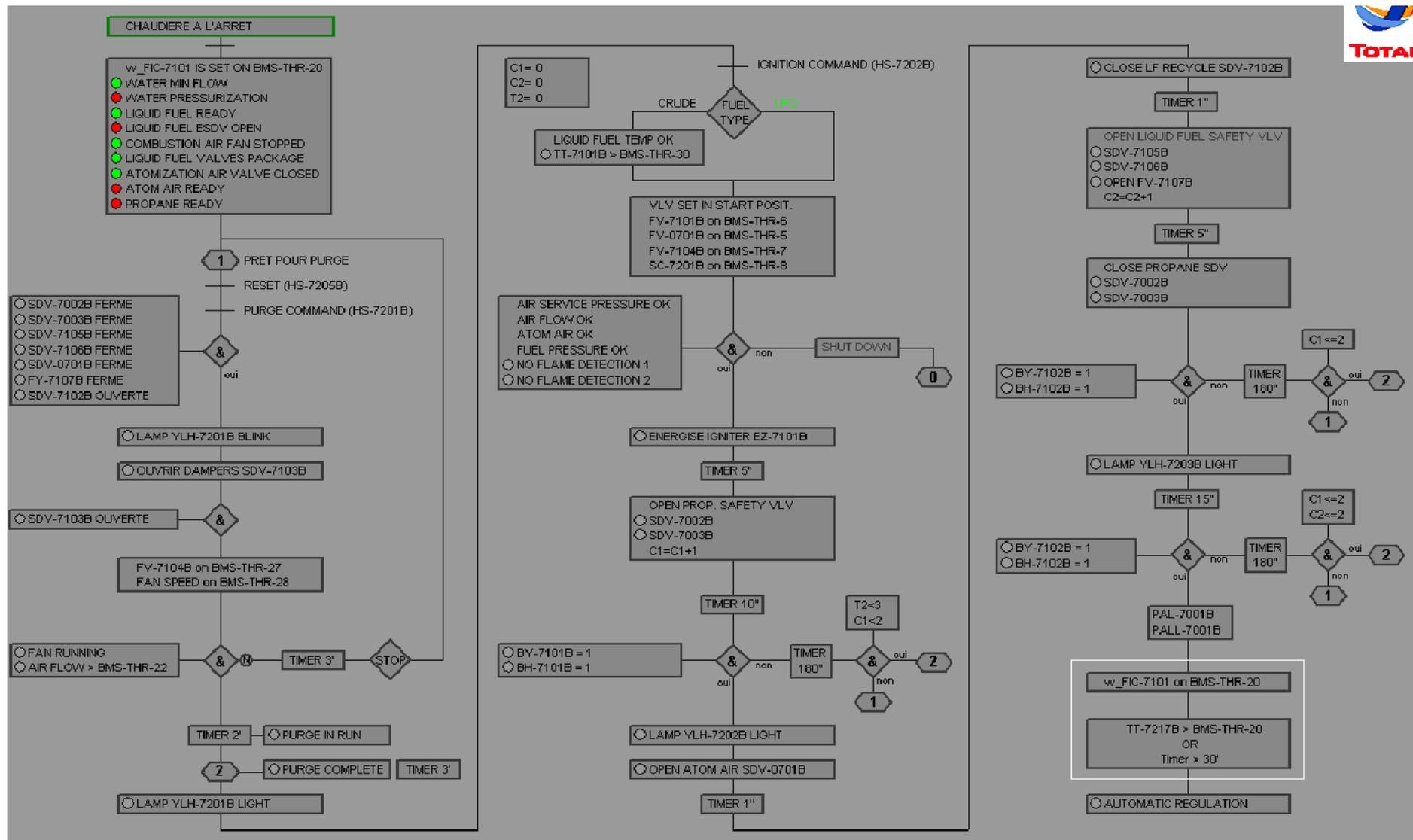


Figure 10: Grafcet de démarrage des chaudières

III. TESTS DE PERFORMANCE

Les tests de performance consistent à :

- Tester le fonctionnement du grafctet de démarrage des chaudières ;
- Démarrer les chaudières avec l’huile aux propriétés similaires (huile de Moho Bilondo) avant l’arrivée de l’huile de Moho Nord, et évaluer leur capacité de chauffe;
- Démarrer les chaudières au diesel et évaluer leur performance;
- Stabiliser la boucle de régulation d’eau chaude à partir du logiciel de programmation Delta V.

Pour le calcul du rendement de fonctionnement de la Chaudière, la formule suivante est utilisée

$$\eta = \frac{1 - K_1 \times (TI_{7203} - 20)}{(20.9 - AIT1_{7201})} \times 100 \quad (\text{Babcock Wanson Italiana, 2015})$$

Avec $K_1 = 0.00675 + 0.000064 \times (20.9 - AIT1_{7201})$,

AIT1-7201 (%) : le taux de concentration d’oxygène dans le conduit de gaz

TI_7203 (°C) : la température des fumées dans la cheminée.

Avec les différentes valeurs du taux de concentration d’oxygène dans le conduit de gaz, et de la température des fumées obtenues lors des tests, la feuille de calcul Excel a été utilisée pour obtenir les valeurs du rendement de la chaudière reportées dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9: Différentes valeurs du rendement de la chaudière

AIT1-7201 en %	5,2	5,1	5,8	5,7	5,4	4,4	5,4	5,1	4,1	5,6	5,5	4,5
TI_7203 en °C	128	128	134	134	102	232	104	157	178	214	215	231
η en %	94.66	94.69	94.17	94.20	95.90	89.97	95.80	93.27	92.64	90.19	90.20	89.96

Ci-dessous la courbe de l’efficacité de la chaudière en fonction de la température des fumées.

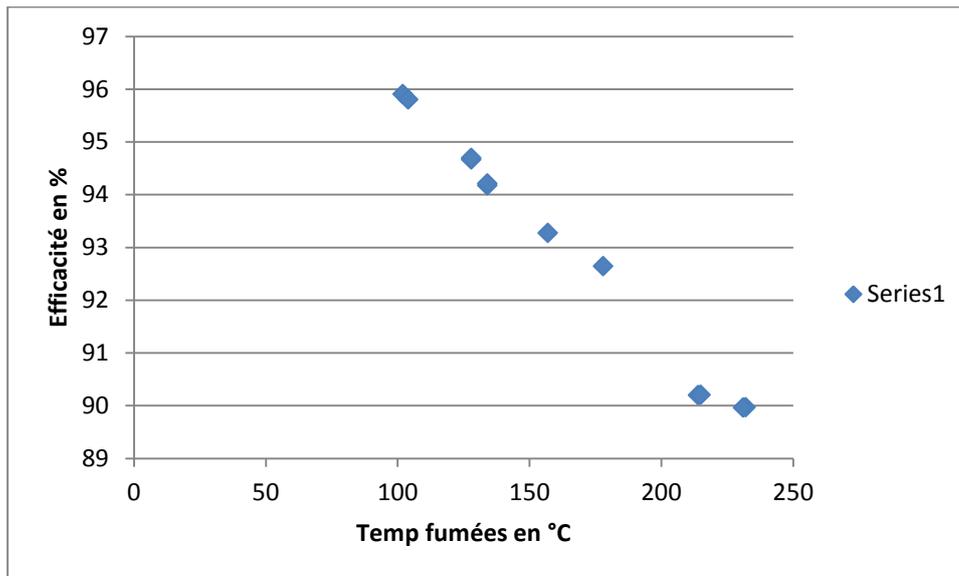


Figure 11: Efficacité de la chaudière en fonction de la température des fumées

Analyse et interprétation de la courbe

La courbe ci-dessus (figure11), montre que l'augmentation de la température des fumées entraîne une baisse de l'efficacité de la chaudière. Par conséquent la température qui devrait être transmise à l'eau est perdue dans l'atmosphère au moyen des fumées qui s'échappent de la cheminée. Plus la température des fumées est élevée, plus il y a des pertes de chaleur vers la cheminée, et moins bon est l'échange entre l'eau et les fumées.

Recommandation

Les performances de la chaudière étant influencées par la température des gaz de combustion et par la quantité de CO₂ rejetée dans l'atmosphère, pour augmenter ses performances, les réglages suivants devront être effectués :

- Diminuer progressivement l'arrivée d'air dans la chambre de combustion en pilotant la vanne FV-7104 en amont de la chambre, pour ainsi réduire le taux de rejet par la cheminée ;
- Diminuer proportionnellement le débit de combustible et le débit d'air d'atomisation.
- Ajouter un économiseur pour récupérer une fraction de la chaleur sensible des fumées.

En général, les meilleures performances sont réalisées avec une faible température de gaz d'échappement, une quantité minimale d'excès d'air et une quantité minimale de combustible imbrulé rejeté par la chaudière.

Pour évaluer la capacité de chauffe des chaudières et la stabilité de la boucle d'eau chaude, les mesures reportées dans le tableau suivant ont été effectuées. Il s'agissait de calculer la quantité de chaleur absorbée par la chaudière pour chauffer l'eau de la boucle en appliquant la formule suivante : $Q = mcp\Delta T$. Pour ce faire, le logiciel Excel a été utilisé.

Tableau 10 : Synthèse de l'énergie absorbée par les chaudières

Mesures effectuées					Calculs effectués				
Débit d'eau	TE	TS	Température des gaz dans la cheminée	Rendement du BMS	Puissance	Puissance	SP Puissance	Débit du Diesel	Débit de l'huile
FI-7217	TI-7215	TI-7208	TI1-7202		-	-	FY-7201		
Sm ³ /hr	°C	°C	°C	%	MW	% of 4,87	%	kg/hr	kg/hr
158	76,2	86,6			1,8	37%	40%	175	185
159	83	96			2,3	47%	50%	220	233
159	84,6	97,2			2,2	46%	50%	214	226
160	100,9	120,7			3,5	72%	80%	338	357
163	107,7	130			4	83%	90%	388	409
163	110,8	132,5			3,9	80%	90%	378	398
157	66,3	72,6	84		1,1	23%	25%	106	111
157	71,7	79,6	102		1,4	28%	30%	133	140
157	75,5	84,6	114		1,6	33%	35%	153	161
174	88,3	101,3	175		2,5	51%	51%	242	255
160,7	72,6	84,4	111	96%	2,1	43%	0%	203	214
160,7	77,6	90	126	95%	2,2	45%	0%	213	224
155	70,2	76,7	88	96%	1,1	23%	0%	108	113
157	70,3	78,3	95,2	96%	1,4	29%	0%	134	141
157	71,2	80,1	101	95%	1,6	32%	0%	149	157
157	77,8	87,7	137	94%	1,7	36%	0%	167	176
81,3	152,6	178,2	213	51%	2,3	47%	0%	223	234
158,4	0	0	0		0	0%	0%	0	0
80,4	156,3	172,6	188	91%	1,5	30%	0%	140	148
0	0	0	0		0	0%	0%	0	0
116,5	138,4	159,8	214	91%	2,8	57%	0%	267	281

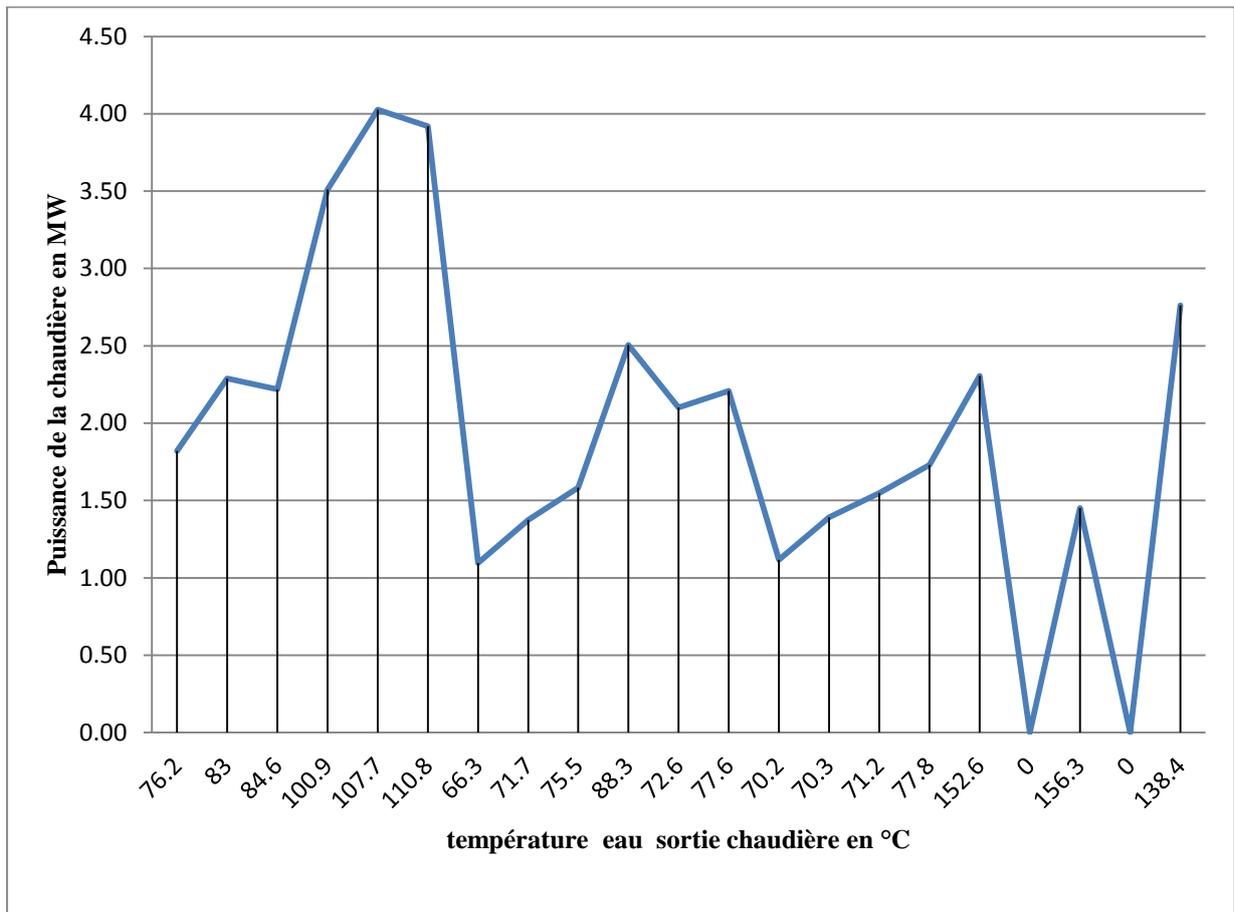


Figure 12: Evolution de la température de l'eau en sortie chaudière en fonction de la Puissance nominale de la chaudière

Analyse et interprétation de la courbe :

La courbe montre l'instabilité de la boucle d'eau chaude qui influence les performances des chaudières. La capacité de la chaudière à chauffer l'eau de la boucle est d'après la courbe conditionnée par le système de régulation de la boucle. Tant que la boucle n'est pas stabilisée, une sous-performance est relevée au niveau des chaudières. Cette instabilité est aussi causée par le dysfonctionnement du système d'instrumentation des chaudières notamment les débitmètres, dû à un défaut de montage (voir la figure 14, annexe I).

Recommandation :

- Le mode de montage utilisé ne permettant pas d'obtenir une régulation fiable, il serait judicieux de modifier ce dernier. Cela permettra d'optimiser les pentes et de corriger l'écart de longueur qui empiète sur le temps de réponse correct des débitmètres. Le montage des débitmètres doit respecter le montage ci-dessous

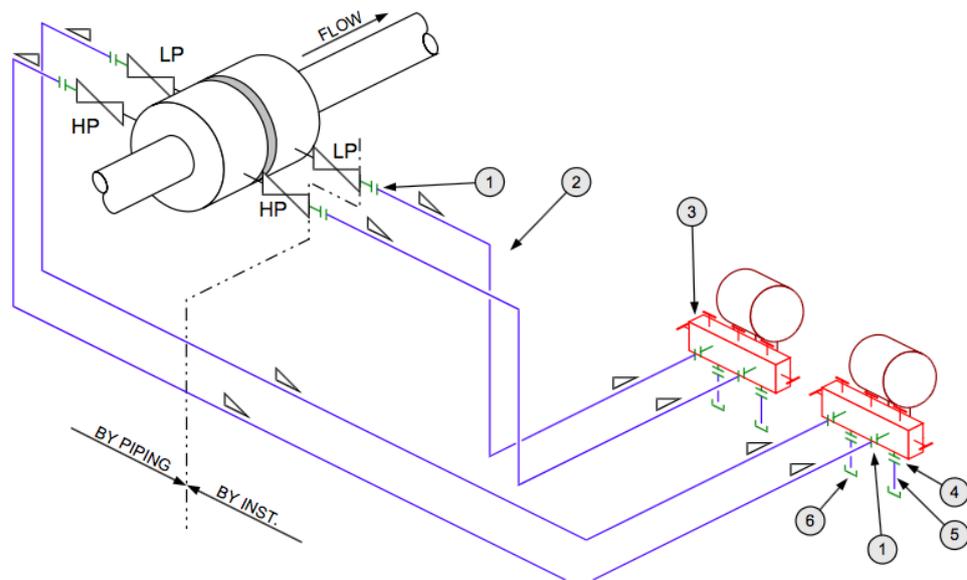


Figure 13 : Bon sens de montage des débitmètres (Total E&P Congo, 2015)

- Afin qu'il n'y ait pas d'entraînement de gaz vers les capteurs, qui fausseraient la mesure, il est recommandé d'installer les lignes avec une pente négative vers l'instrument car, les lignes installées ont une pente positive vers l'instrument (voir annexe).
- Stabiliser la mesure à la valeur de la consigne en agissant sur le signal de sortie.

IV. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

L'on suggère pour les projets avenir de :

- respecter les normes de montage des instruments de mesure et de sécurité notamment les débitmètres, les capteurs et les vannes qui interviennent dans la boucle de régulation;
- de choisir les instruments de bonne qualité. La qualité et la criticité de ces instruments doivent être impérativement évaluées; la défaillance de ces équipements engendre des conséquences graves sur la régulation du système et sur la durée de vie de l'installation, sans parler des conséquences d'arrêt de production.

Programme de maintenance de la chaudière

Il est important de rappeler que les interventions de maintenance correctement effectués peuvent réduire au minimum la possibilité de pannes.

Sur la base des heures de fonctionnement, les interventions de maintenance peuvent être classées de la manière suivante :

- maintenance programmée ou préventive: ce sont les interventions de maintenance à des intervalles de temps prédéfinis (exemple la lubrification ou remplacement d'éléments qui peuvent s'user) ;
- maintenance occasionnelle ou corrective: ce sont les interventions effectuées quand se produit un dysfonctionnement et/ou une panne accidentelle (exemple le remplacement d'un fusible ou d'une ampoule).

Sur la base de l'importance technique/économique ou de la fréquence d'intervention, il est possible de distinguer les typologies suivantes :

- maintenance ordinaire : ce sont les interventions exigeant juste une simple exécution et de faible valeur technique/économique ;
- maintenance extraordinaire : intervalles de réparation et/ou remplacement important du point de vue technique et/ou économique ; normalement, ils sont nécessaires suite à des pannes rares ou imprévues et exigent le recours au personnel qualifié.

Afin d'améliorer les indicateurs de performance de la chaudière, le guide d'entretien fourni par le constructeur doit être respecté.

Dans le tableau suivant sont indiquées les interventions périodiques de maintenance et leur fréquence.

Tableau 11: Maintenance programmée

Intervention	Action	Journalière	Mensuelle	Semestrielle	Annuelle
Inspection interne de la chaudière	Contrôle régulier de l'état des serpentins où coule le fluide	x			
Contrôle visuel de la combustion chaudière	Vérifier tous les jours que la flamme est claire et qu'il y a absence des fumées	x			

Contrôle et nettoyage du brûleur			x		
Contrôle de l'eau d'alimentation et de circulation	Vérifier tous les jours conformité des caractéristiques de l'eau d'alimentation et de circulation	x			
Contrôle et nettoyage du dispositif de retenue de la flamme				x	
Contrôle du détecteur de flamme	Vérifier tous les jours que le refroidissement est activé correctement		x		
Drainage de la cheminée				x	
Contrôle des vibrations anormales	Vérifier que les soudures des structures de soutien sont intègre, il n'y a pas de fissures			x	

CONCLUSION GENERALE

L'objectif assigné à ce travail était d'apporter une contribution au démarrage des chaudières et, à la mise en service de la boucle d'eau chaude pour que l'huile de Moho Nord soit à la température requise en amont des bacs de stockages. Plusieurs tests ont été effectués à cet effet, les essais de démarrage des chaudières et ceux de la mise en service de la boucle d'eau chaude pendant l'Early Oil in (brut précoce).

Les résultats des différents tests ont permis de donner les conclusions sur la résistance des équipements et sur leur différente performance. On peut par exemple citer les différentes valeurs du rendement de la chaudière qui ont permis de comprendre que les pertes thermiques par les fumées influençaient énormément les performances de la chaudière.

Il faut souligner que les équipements fonctionnant en chaîne, le mauvais fonctionnement d'un équipement influe sur le fonctionnement de toute la chaîne.

Les spécifications projet ont été respectées, les chaudières fonctionnent au diesel et au pétrole brut. Bien qu'on observe quelques problèmes d'instrumentation qui empiètent sur le bon fonctionnement de la boucle d'eau chaude et par conséquent sur les performances des chaudières en général, il arrive que l'huile atteigne quelques fois la température de stockage requise (45°C).

BIBLIOGRAPHIE

- Alain RIOU, J.-P. D. (1990, février 10). *techniques-ingénieur*. Consulté le Mars 17, 2017, sur archives: [http:// www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)
- apave. (2016). *Formation spécifique Djéno*. Pointe-Noire.
- AZOUMAH, D. Y. (2012). cours sur les transferts thermiques. Ouagadougou, Kamboinsin, Burkina Faso.
- Babcock Wanson Italiana. (2015). *Integration to Djeno Operating and Maintenance Book Boiler unit*. Pointe-Noire.
- Chaboud, I. (2015, Avril). *LES Echos*. Consulté le Avril Mardi, 2017, sur Le cercle: [www.lesechos.fr/idees-debats/ cercle/ cercle- 137342.php](http://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/cercle-137342.php)
- energies fossiles*. (2015, Mars 23). Consulté le Avril 25, 2017, sur connaissance des energies: [www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/formation-du-pétrole](http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/formation-du-petrole)
- (2016). *Integration to Djeno-zone 21 layout Drawing*.
- OUEDRAOGO, A. (2012). *COMBUSTION & CHAUDIERE*. Ouagadougou.
- OUEDRAOGO, A. (2012). *Combustion & Chaudières*.
- TISSOT, B. (2013). *Pétrole*. Consulté le Avril 19, 2017, sur universalis: [www.universalis.fr/encyclopedie/ petrole- le- petrole- brut/ ressources/](http://www.universalis.fr/encyclopedie/petrole-le-petrole-brut/ressources/)
- Toledo, M. (2005). *Pétrochimie: Pesage et Analyse en Laboratoire*. Suisse: Laboratoire Marketing Support.
- Total. (2017). *Total au Congo*. Consulté le Janvier 9, 2017, sur Total: cg.total.com/fr/total-au-congo/total-au-congo
- Total E&P Congo. (2011). *SUIVI DES ANALYSES CHARGEMENT ET POMPAGE CORAF*. Pointe-Noire.
- Total E&P Congo. (2015). *Les chaufferies*. Pointe-Noire.

Site internet

<https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10987>. Consulté le 12 Février 2017

www.total.com consulté le 16 Décembre 2016

www.2ie-edu.org consulté le 14 Novembre 2016

ANNEXES

Annexe I : Mauvais montage des débitmètres.....	45
Annexe II : Tableau de suivi chargement et pompage établi par la CORAF.....	46
Annexe III : Courbe d'évolution de la température de l'eau dans la chaudière.....	47
Annexe IV : Courbe d'évolution de la température de l'huile en fonction de la température de l'eau.....	48
Annexe V : Circuit électrique Moho Nord.....	49

Annexe I : Mauvais montage des débitmètres



Figure 14: Mauvais montage des débitmètres

Annexe II : Tableau de suivi chargement et pompage établi par la CORAF

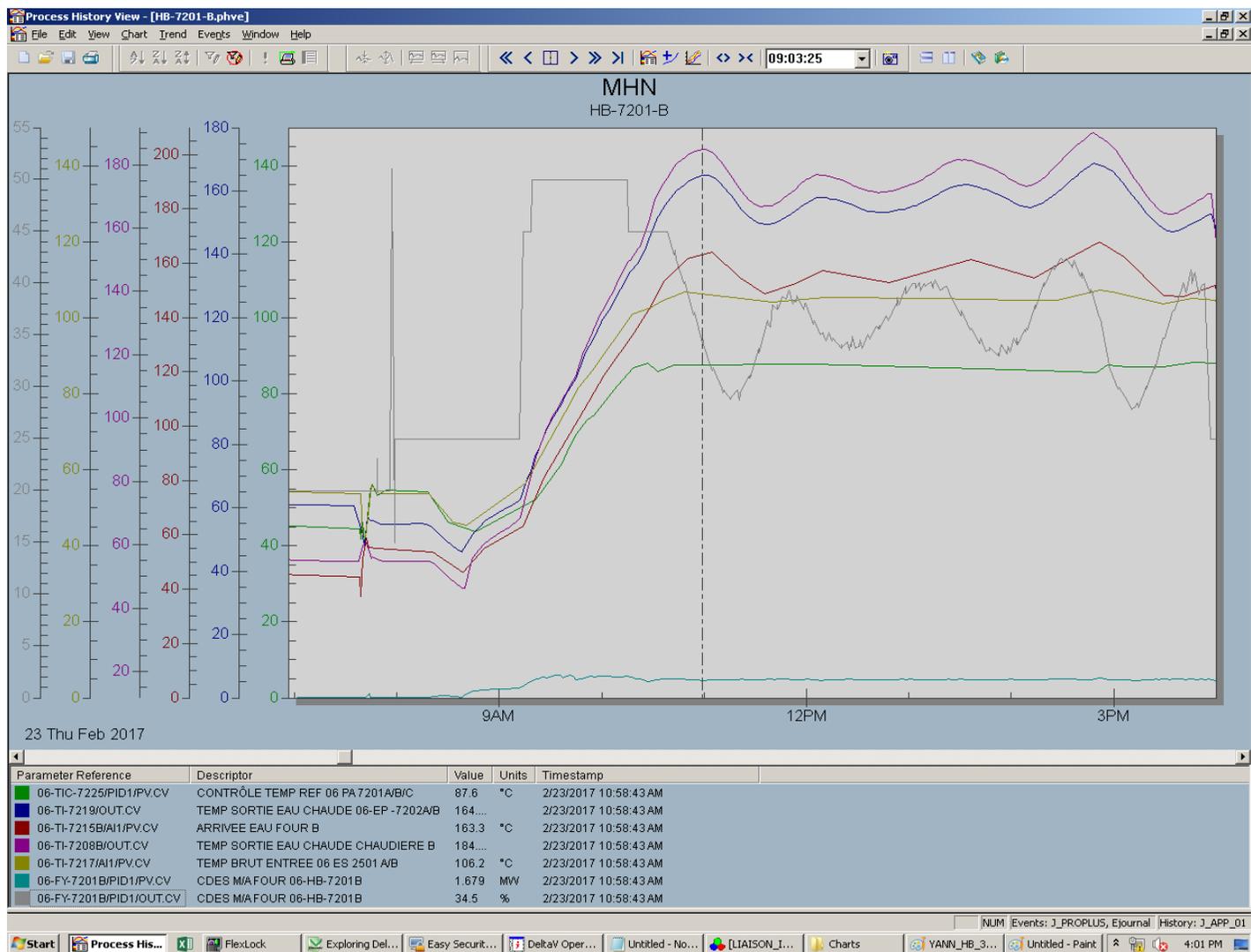
Tableau 12: Suivi chargement et pompage

		Critères de Tolérance : chargement Djéno Mélange		Critères de Tolérance : chargement Nkossa Blend	
Analyse	Unité	Mini	Maxi	Mini	Maxi
Masse volumique à 15°C	Kg/m ³	880	895	800	850
BSW	%	0	<1	0	<1
Salinité	mg/L	12	<60	12	<60
H ₂ S	PPm	<5	<150	0	10
Point d'écoulement	°C	-3	12	3	<+15

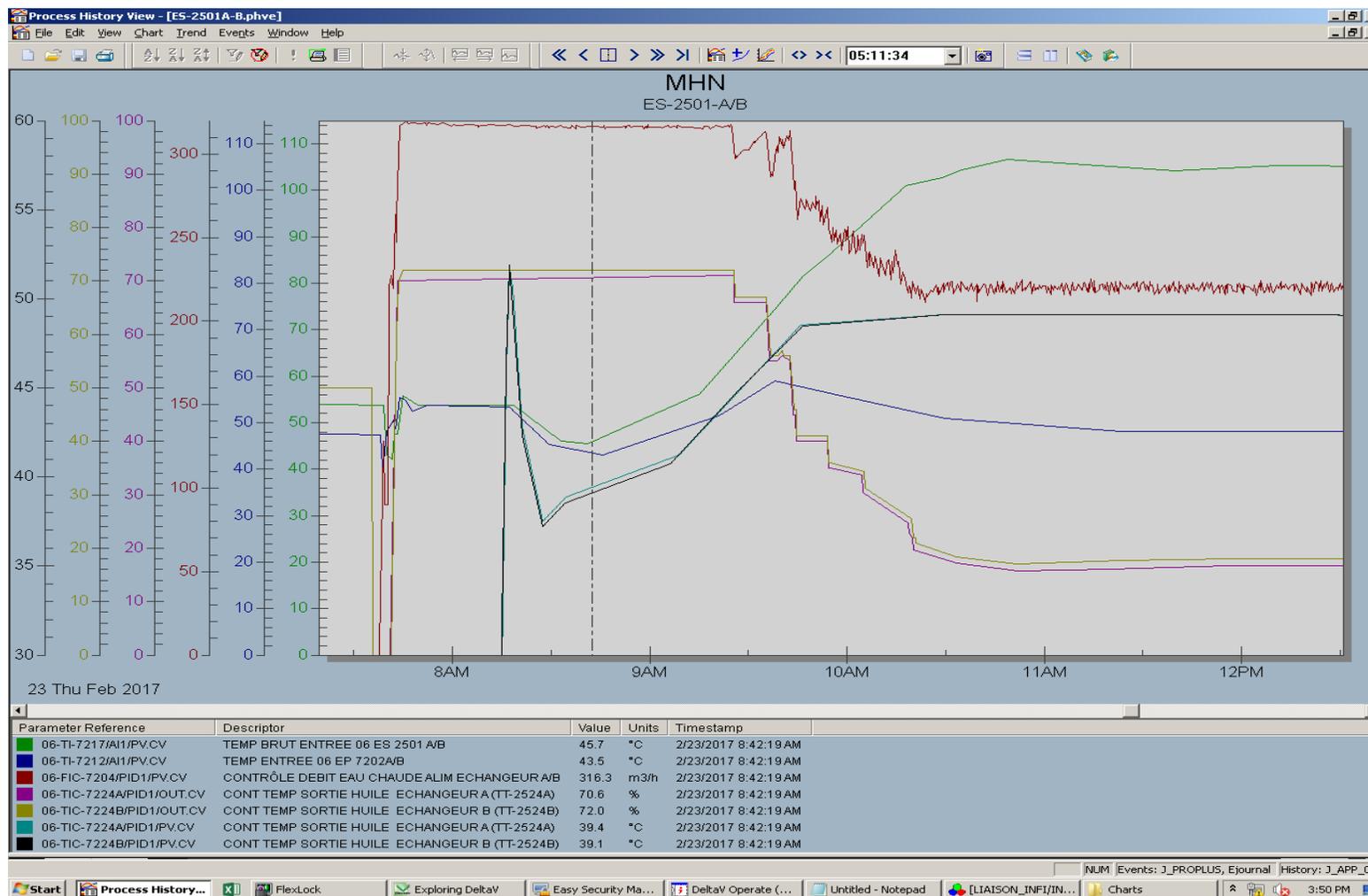
Tableau 13 : Densité de l'eau à différente température

fluide	Température (°C)	Densité (kg/m ³)
eau	11	999,5
	80	972
	105	955
	167,5	900
	191,2	875

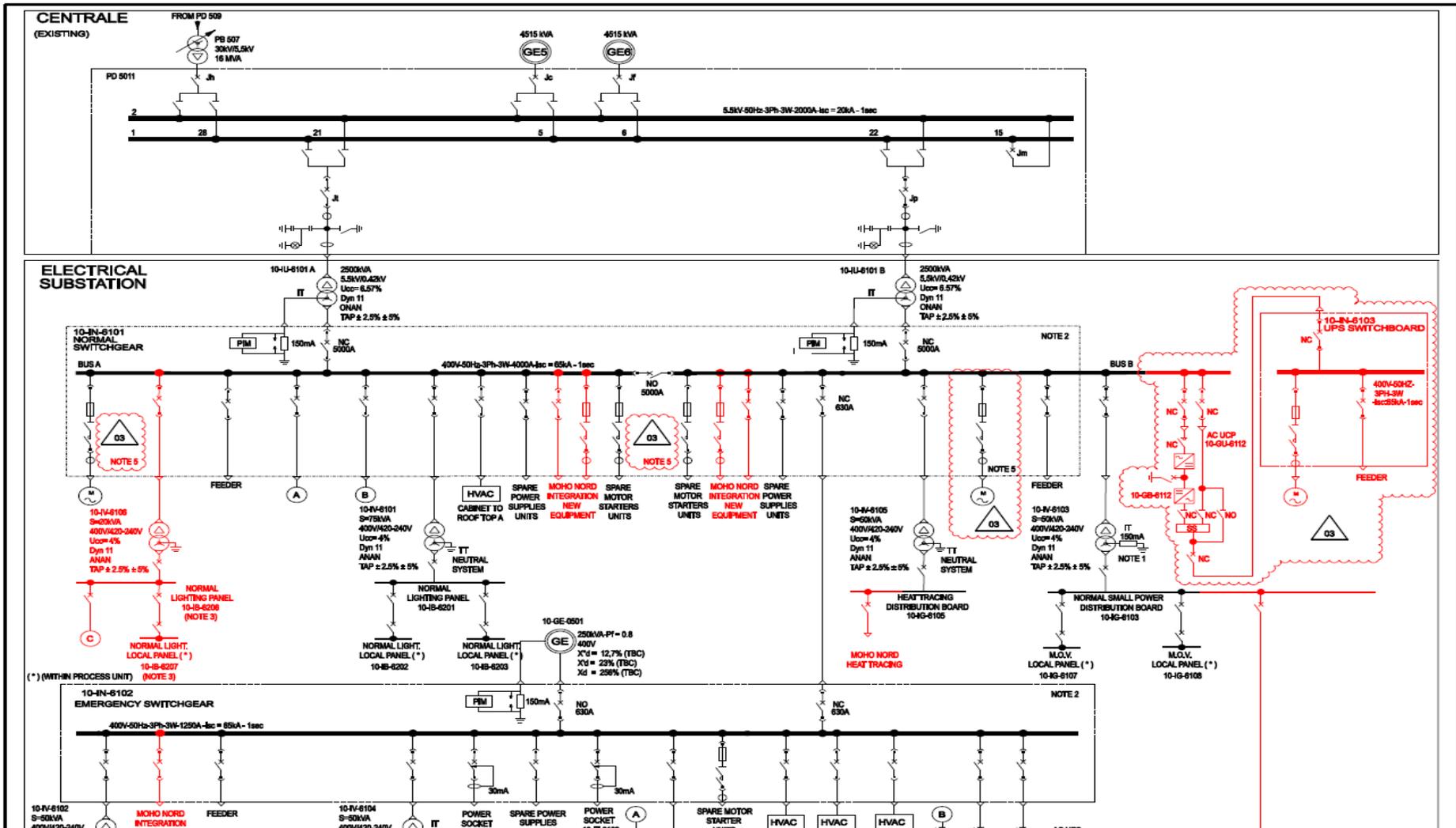
Annexe III : Courbe d'évolution de la température de l'eau dans la chaudière

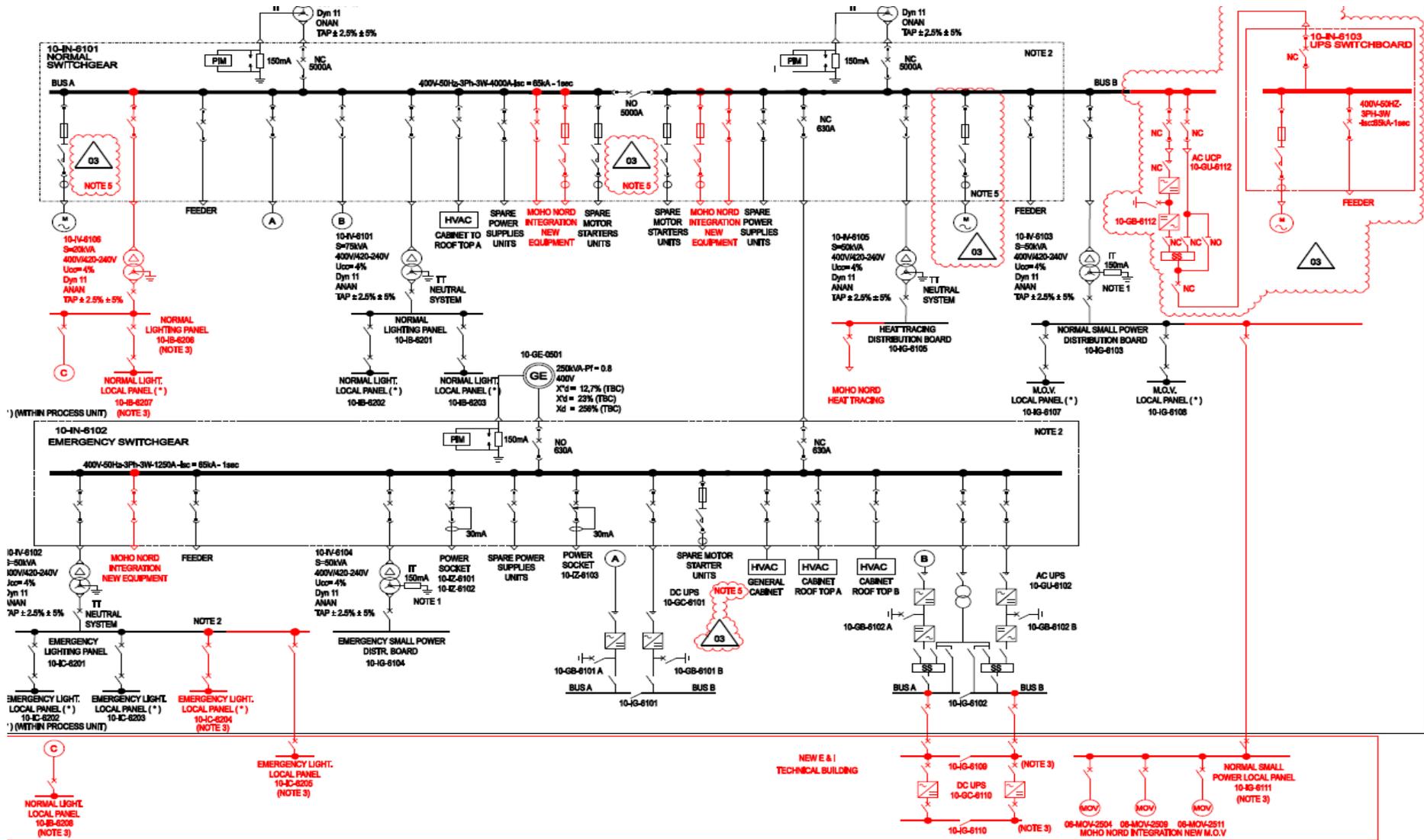


Annexe IV : Courbe d'évolution de la température de l'huile en fonction de la température de l'eau



Annexe V : Circuit électrique Moho Nord





Houria Verlaïne LEMBELE

2013-0701 Promotion 2016 Master GEE