

Août 2014

# RAPPORT DE STAGE

## ***ANALYSE DU COUT DE TRAITEMENT FUEL DE LA CENTRALE TURBINE A GAZ DE MOHAMMEDIA***

***Société : Centrale Mohammedia turbine à gaz  
DI/DXG/Division exploitation Nord***



**Encadré par :**  
**M .CHAHIR**

**Réalisé par :**  
**CHAOUB F      eyrouz**

Août 2014

Je tiens à remercier particulièrement le Directeur Général de l'ONEE au nom de son honorable Directeur Général Monsieur Ali ALFASSI ALFIHRI et l'ensemble des Directeurs pour l'instauration de ce processus des stages dans le but d'améliorer les compétences des futurs ingénieurs de notre pays.

Je suis aussi infiniment reconnaissante au chef de la Division Exploitation Nord et à Monsieur CHAHIR chef de la centrale et à tous les membres de la Division pour leurs encouragements et leurs soutiens.

Je remercie vivement tout le staff de la turbine à gaz pour les efforts qu'ils n'ont cessé de déployer pour la réussite de cette action.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à tous mes professeurs de l'ENSAM-Casablanca et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce stage.

## Sommaire :

### Introduction générale.....

.....4

### Chapitre 1 : Présentation de l'Office Nationale d'Electricité et de l'eau potable (O.N.E.E).....

.....5

#### 1- L'historique .....

.....5

Août 2014

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| 2- Présentation.....                       | 5 |
| 3- Les missions de l'ONEE.....             | 6 |
| 4- La stratégie de l'ONEE.....             | 6 |
| 5- Les domaines d'activités de l'ONEE..... | 7 |
| 6- Organigramme.....                       | 8 |

## Chapitre 2 : CENTRALE TURBINE A GAZ MOHAMMEDIA (3 X 100 MW).....9

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1-Description de la centrale.....                                   | 9  |
| 2-La turbine à gaz.....                                             | 10 |
| a-Définition.....                                                   | 10 |
| b-Coupe longitudinale d'une turbine à gaz : principaux organes..... | 11 |
| c-Principe de Fonctionnement.....                                   | 12 |
| d- Les systèmes accompagnants la turbine.....                       | 13 |
| e-Les Avantages et les inconvénients.....                           | 15 |
| g-Production d'électricité.....                                     | 17 |
| 3-Poste traitement eau PTE.....                                     | 22 |
| 4-Chaudière de la turbine à gaz.....                                | 24 |

## Chapitre 3 : Poste traitement fuel.....24

Août 2014

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1-Un skid filtre et transfert.....                                     | ....24    |
| 2-Un skid de récupération de chaleur .....                             | 25        |
| 3-Huit skid de traitement de fuel .....                                | 25        |
| 4-Un skid de traitement d'eau chargé .....                             | 27        |
| 5-Un skid de récupération de chaleur d'eau chargé.....                 | 28        |
| 6-Instrumentation et commande.....                                     | 30        |
| <b>Chapitre 4 : Analyse du coût de traitement fuel de l'année.....</b> | <b>31</b> |
| <b>Introduction.....</b>                                               | <b>31</b> |
| 1-Calcul du cout de traitement de fuel .....                           | 31        |
| 2-Analyse du cout de traitement de fuel .....                          | 35        |
| <b>Conclusion .....</b>                                                | <b>36</b> |

## Introduction générale:

Dans le monde moderne, l'électricité est un élément essentiel dans la vie quotidienne .Cela peut sembler une évidence, c'est elle qui alimente les dispositifs servant à garder nos maisons, entreprises, écoles et hôpitaux confortables et fonctionnels. Répondre à ses besoins au niveau de notre pays est l'objectif de l'ONEE, toute en produisant une électricité de qualité avec un meilleur coût.

Pour cela il faut choisir des installations de très haute qualité et de dernière génération, afin de maximiser le rendement général et la rentabilité de la centrale

Août 2014

plus précisément dans la turbine à gaz, toute en tenant compte des particularités de l'emplacement, la situation ainsi que les inquiétudes du client, mais toujours en respectant les critères de qualité, de garantie et d'expérience.

D'où vient l'importance de mon sujet « Analyse du coût de traitement du fuel dans une turbine à gaz ».

Dans cette optique, il m'a été demandé de faire une étude descriptive de l'unité turbine à gaz, de calculer le coût de traitement du fuel et d'analyser les résultats obtenues.

Pour ce faire, ce travail sera présenté en quatre parties. La première partie présentera le lieu de stage, la deuxième partie sera consacrée à la description du fonctionnement d'une turbine à gaz, la troisième partie aura pour objectif la présentation du poste traitement fuel PTF, et la quatrième partie portera sur le calcul du coût de traitement du fuel, et enfin je terminerai par l'analyse et l'interprétation des résultats.

## Chapitre 1 : Présentation de l'Office Nationale d'Electricité et de l'eau potable (O.N.E.E)-Branche Electricité

### 1-L'historique de l'ONEE :

Juste après l'indépendance du Maroc, l'Etat a pris en main le secteur électrique afin de l'organiser, le soutenir et garantir le service public. L'ONE comme étant un établissement semi-public à un caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. L'histoire de l'énergie électrique du Maroc remonte à plusieurs décennies. Au fil du temps, plusieurs sociétés et compagnies se sont succédé afin de répondre aux besoins d'énergie électrique, parmi elles :

- ✓ La chérifienne de l'énergie qui fournissait de l'énergie électrique à l'époque du protectorat.
- ✓ La société Marocaine de distribution d'Eau et d'Electricité de Casablanca (1914-1922).

Août 2014

- ✓ En 1923 approuvé par le DAHIR du 18/7/1923, le gouvernement de protectorat a accordé la concession d'une organisation de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique aux syndicats d'étude et de recherche hydraulique au Maroc.
- ✓ La SEEM (société Energie Electrique du Maroc) qui s'occupait depuis 1924 de la production, le transport et la distribution d'électricité jusqu'à la création en 1963 de l'ONE.

La création en 5 août 1963 de l'ONE est donc la substitution de la SEEM et la preuve que Le Royaume du Maroc a toutes les capacités et tous les moyens nécessaires pour relever les nombreux défis qui lui lançait son indépendance.

Ainsi, la nationalisation de ce secteur très capital, qui est l'énergie électrique, vise avant tout la maîtrise de la production, de transport et de la distribution de l'énergie électrique puis à assurer un service continu de très haute qualité à tout le peuple Marocain.

## 2-Présentation de l'ONEE et Carte d'Identité :

Au cœur d'un service public stratégique, l'ONEE Branche Electricité joue un rôle important dans l'amélioration du niveau de vie des citoyens marocains et la compétitivité économique du pays.

Avec 8 796 collaborateurs et plus de 4,9 millions de clients, la Branche Electricité exerce des activités centrées sur les métiers de l'électricité : Production, Transport et Distribution de l'énergie électrique.

A fin 2013, l'énergie électrique appelée a atteint 32 025,85 GWh en enregistrant un taux de croissance de 3,1% en 2012



La tendance haussière de la demande électrique reflète la dynamique socio-économique de notre pays induite notamment par l'importante amélioration de l'accès des populations aux infrastructures de base, dont l'électricité dans le cadre du Programme d'Electrification Rurale Global (PERG) et la politique des grands chantiers structurants autant sur le plan économique que social.

### • Carte d'identité

|                           |                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|
| <i>Date de création</i>   | <b>1963</b>                                                |
| <i>Forme juridique</i>    | <b>Etablissement semi-public</b>                           |
| <i>Siège social</i>       | <b>65, rue Ottoman Ben Affan Casablanca – Maroc</b>        |
| <i>Directeur général</i>  | <b>Ali Fassi-Fihri</b>                                     |
| <i>Activité(s)</i>        | <b>Production, transport et distribution d'électricité</b> |
| <i>Nombre d'effectifs</i> | <b>9 000</b>                                               |

## 3- Les missions de l'ONEE :

Août 2014

Les principales missions de l'ONEE consistent à :

- ✓ Répondre aux besoins du pays en électricité dans les meilleures conditions de coût et de qualité de service.
- ✓ Œuvrer pour la promotion et le développement des énergies renouvelables.
- ✓ Gérer et développer le réseau de transport de l'électricité.
- ✓ Planifier, intensifier et généraliser l'extension de l'électrification rurale.
- ✓ Gérer, d'une manière générale, la demande globale d'énergie électrique du Royaume.

#### 4- La stratégie de l'ONEE :

Pour satisfaire la demande d'énergie électrique au moindre coût et avec une meilleure qualité de service, l'ONEE a mis en œuvre une stratégie visant à renforcer son rôle de vecteur important de développement :

La recherche du KWh le moins cher.  
La diversification des sources d'approvisionnement.  
La mise en valeur des ressources nationales.  
L'intégration régionale.

#### 5- Les objectifs de l'ONEE :

Les principaux objectifs de l'ONEE sont :

Satisfaire dans les meilleures conditions techniques et économiques la progression de la demande en énergie sans cesse croissante.  
Assurer au meilleur coût directement ou indirectement la couverture financière de programmes d'investissements indispensables au développement de l'énergie du pays.

#### 5- Les domaines d'activités de l'ONEE :

##### **□ Production**

La production de l'énergie électrique au Maroc se fait par des centrales utilisant différentes sources d'énergie et différents procédés à savoir principalement : les centrales hydrauliques et thermiques. Une partie de la production est importée grâce à l'interconnexion Maroc-Espagne et Maroc-Algérie. Le parc de production de l'ONEE est constitué de centrales électriques ayant une puissance totale installée en 2009 de 6127,4 MW. Ses ouvrages de production depuis début septembre 2000, sont constitués de 24

Août 2014

usines hydroélectriques totalisant une puissance installée de 1175 MW et de 5 centrales thermiques vapeur totalisant 2505 MW, 7 centrales à turbines à gaz et plusieurs centrales diesel totalisant 786 MW et un parc éolien de 50 MW, soit une puissance installée globale de 4516 MW.

## □ Transport de l'Electricité

D'une longueur totale de 22 995 km en 2013, le réseau de transport national est interconnecté aux réseaux électriques espagnol et algérien, dans l'objectif de :

Renforcer la fiabilité et la sécurité d'alimentation,

Bénéficier de l'économie potentielle sur le prix de revient du kWh,

Intégrer le marché électrique national dans un vaste marché euromaghrébin.

Avec le renforcement des interconnexions, le Maroc est devenu un carrefour énergétique entre les deux rives de la Méditerranée et offre l'infrastructure de base à l'émergence d'un véritable marché de l'électricité.

## □ Distribution

La satisfaction de la clientèle et le service public constituent deux axes prioritaires de l'ONEE-Branche Electricité qui œuvre en permanence pour l'amélioration de la qualité de service sur le plan technique et commercial.

L'ONEE - Branche Electricité c'est :

Le premier distributeur d'électricité au Maroc avec une part de marché de 55%,

10 directions régionales sur tout le territoire,

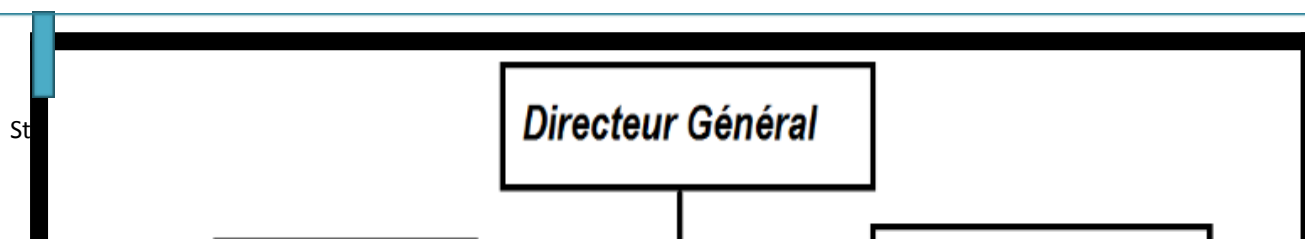
Plus de 4,9 millions de clients dans tout le monde rural et plusieurs agglomérations urbaines. Le reste de la clientèle étant gérée par des Régies de distribution publiques ou des Distributeurs privés qui sont eux-mêmes clients Grands Comptes de la Branche Electricité,

Un réseau commercial de 25 Directions Provinciales et 192 Agences de Service dont 66 Agences de service provinciales,

Une amélioration continue de la qualité de services : externalisation des points d'encaissement, promotion du prépaiement, mise en place de " SIRIUS ", progiciel intégré de gestion commerciale, télé conduite régionale

## 6-Organigramme

L'organigramme de l'ONEE est donné comme suit :



Août 2014

## Chapitre 2 : CENTRALE TURBINE A GAZ MOHAMMEDIA (3 X 100 MW)

Août 2014

## 1-Description de la centrale :

La centrale turbine à gaz de Mohammedia (TAG M2) a été construite sur une superficie de 7 hectares par General Electric au cours de la période allant de 2007 jusqu'au 2009, elle est constituée de trois turbines de type 9000EA, chacune produit 100 MW.

Ce projet a été lancé dans le cadre des programmes d'urgence visant à doter le pays de puissance supplémentaire.

La centrale TAG se situe en pleine zone industrielle ce qui lui permet d'avoir accès à plusieurs services dont elle peut avoir besoin, dont les suivants :

- L'existence des postes 60KV et 225KV pour l'évacuation de l'énergie produite.
- La Proximité de la SAMIR pour l'approvisionnement en combustible.



Figure 1:

centrale TAG  
Mohammedia 2

Août 2014

## 2-Turbine à gaz :

### a-Définition :

Une turbine à gaz (dénomination historique, abrégée en TAG), appelée aussi turbine à combustion (TAC) ou parfois turbine à gaz de combustion (dénomination la plus précise), est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique sous la forme de la rotation d'un arbre, directement à partir de l'énergie cinétique des gaz produits par la combustion d'un hydrocarbure (fioul, gaz combustible...) qui subissent une détente dans une turbine. Le comburant, le plus souvent de l'air ambiant, est généralement comprimé avant de pénétrer dans la chambre de combustion, en utilisant un compresseur rotatif entraîné par le même arbre que la turbine.

Le mot « gaz » dans l'ancienne dénomination « turbine à gaz » (longtemps la plus employée) ne signifie pas que la machine ne peut brûler que du combustible gazeux, mais fait référence au caractère gazeux des produits de combustion, par opposition aux turbines à vapeur dans lesquelles le fluide moteur (de la vapeur d'eau) se condense en liquide.



Figure 2: turbine à gaz

### b-Coupe longitudinale d'une turbine à gaz : principaux organes

Août 2014

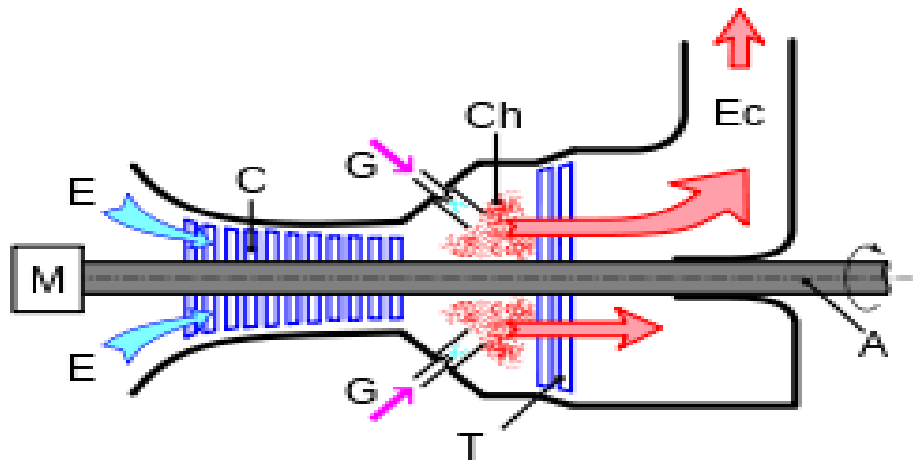


Figure 3: les organes d'une turbine à gaz

Se reporter à l'image ci-dessus :

1. Le compresseur (« C »), constitué d'un ensemble d'ailettes fixes (stator) et mobiles (rotor), comprime l'air extérieur (« E »), simplement filtré, jusqu'à 10 à 15 bars, voire 30 bars pour certains modèles.
2. Du combustible (« G ») (gazeux ou liquide pulvérisé), est injecté dans la (les) chambre(s) de combustion (« Ch ») où il se mélange à l'air comprimé pour entretenir une combustion continue.
3. Les gaz chauds se détendent en traversant la turbine (« T »), où l'énergie thermique et cinétique des gaz chauds est transformée en énergie mécanique. La turbine est constituée d'une ou plusieurs roues également munies d'ailettes précédées d'aubages fixes (directrices). Les gaz de combustion s'échappent par la cheminée (« Ec ») à travers un diffuseur.
4. Le mouvement de rotation de la turbine est communiqué à l'arbre (« A ») qui actionne d'une part le compresseur, d'autre part une charge qui n'est autre qu'un appareil (machine) récepteur (ice) (pompe, alternateur, compresseur...) accouplé à son extrémité.

Pour la mise en route, on utilise un moteur de lancement (« M ») qui joue le rôle de démarreur ; dans certaines configurations, c'est l'alternateur du groupe lui-même qui est utilisé en moteur pendant la phase de lancement. Le réglage de la puissance est possible en agissant sur le débit de l'air en entrée et sur l'injection du carburant. Le réglage de la vitesse de rotation n'est possible que si l'organe entraîné le permet : en effet, dans le cas d'un alternateur connecté à un réseau électrique à fréquence fixe (par exemple 50 ou 60 Hz), cette fréquence impose une vitesse fixe, le débit de carburant sert alors à régler la puissance produite.

Dans certaines machines, la charge est entraînée par l'arbre côté compresseur, ce qui permet de placer un diffuseur très efficace en ligne à la sortie des gaz chauds avant de les envoyer à la cheminée ou à la chaudière de récupération. Cela permet également de diminuer fortement les problèmes d'alignement relatif de la turbine et de la charge entre l'état froid et l'état chaud du groupe.

### c- Les différents compartiments de la turbine :

Chaque turbine se compose de quatre parties :

#### • Le compartiment de contrôle :

Elle comporte les appareils de commande et d'informations nécessaires au fonctionnement de la machine (turbine, alternateur), les voyants lumineux qui permettent les manœuvres, la surveillance et l'assurance

Août 2014

du bon fonctionnement, et ainsi les cassettes de contrôle et surveillance des moteurs (aéro-réfrigérants, pompes,...). Elle est composée de :

- **L'armoire de contrôle de la turbine :**

C'est l'armoire de régulation et de commande de la turbine "Speedtronic". Elle comporte des contrôleurs R, S, T qui permettent les manœuvres, la surveillance et l'assurance du bon fonctionnement de la turbine.

- **L'armoire de l'alternateur :**

L'armoire de protection alternateur et transformateur comporte tous les appareils de protection pour garantir la stabilité et le bon fonctionnement de l'alternateur et du transformateur.

- **Le compartiment des auxiliaires :**

Il est situé au dessous du caisson d'aspiration d'air, et comprend tous les auxiliaires nécessaires au fonctionnement indépendant de la turbine.

Ce compartiment est composé de :

- **Le moteur de virage :**

Le vireur est un moteur électrique alimenté sous tension de 400V, son rôle principal est de protéger l'arbre contre le phénomène de fléchissement causé de la température pendant l'arrêt de la turbine. Il fait tourner l'ensemble durant 14h. Il d'aider aussi le moteur de lancement pendant le démarrage à chaud de la turbine (jusqu'à 4% de la vitesse

- **Le moteur de lancement :**

Le moteur de lancement est une machine électrique asynchrone alimenté sous une tension 6.6 KV pour entrainer l'arbre de la turbine à sa vitesse d'auto-sustentation pendant le démarrage.

- **Le convertisseur de couple :**

C'est un élément qui convertit le couple donné par le moteur de lancement pour pouvoir tourner l'arbre de la turbine, il est mené d'une pompe à huile entraînée par le moteur de lancement.

- **Le réducteur des auxiliaires :**

Le réducteur des auxiliaires, situé à coté du compresseur de la turbine dans le compartiment des auxiliaires, représente un système d'engrenages entraînés directement par le rotor de la turbine à travers un accouplement flexible. Son rôle est d'entraîner chacun des auxiliaires (la pompe à huile haute pression principale, la pompe à huile de graissage principale, la pompe à combustible, compresseur principale d'air d'atomisation) à sa vitesse propre de rotation.

- **Le compartiment turbine :**

Ce compartiment est constitué d'un compresseur axial, des injecteurs du carburant, des bougies d'allumage, des détecteurs de flammes, des chambres de combustion, une turbine et d'un dispositif d'échappement.

- **Le compresseur axial :**

La section compresseur à débit axial se compose d'un rotor et d'une série de corps.

Les corps renferment les aubes orientables, les 17 étages du rotor et l'aubage du stator, ainsi que les deux rangées d'aubes fixes de guidage.

Août 2014

- **Les chambres de combustion :**

L'air en sortie du compresseur pénètre dans l'espace annulaire entourant chacun des 14 tubes de flamme. L'air comprimé qui entoure le tube de flamme, passe radialement à travers la cloison de celui-ci par des séries de petits trous. Le combustible est introduit dans chaque chambre de combustion par un injecteur, et se mélange à l'air. L'allumage s'effectue grâce à deux bougies rétractables (mais une seule est suffisante pour effectuer l'opération). Les autres chambres sont allumées par propagation de la flamme d'une chambre à l'autre par l'intermédiaire des tubes d'interconnexion reliant entre elles les zones de réaction des différentes chambres à combustion.

Le système de combustion se compose de 14 chambres de combustion équipées des composants suivants: 14 tubes de flamme, 14 enveloppes intermédiaires, 14 pièces de transition, 13 tubes d'interconnexion, 2 bougies, 4 détecteurs de flamme et 14 injecteurs de combustible.

Les chambres sont numérotées dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, en partant du point haut de la turbine et en regardant vers l'échappement. La chambre supérieure porte le numéro 14.

- **Le compartiment alternateur :**

Chambre ou il y a :

-L'alternateur qui est une machine tournante, convertissant une énergie mécanique sous forme de rotation continue en énergie électrique alternative.

- Système d'excitation : il crée un champ magnétique pour que l'alternateur commence à fonctionner.

### **d-Principe de Fonctionnement :**

Dès que le système de démarrage de la turbine est activé, l'air ambiant est aspiré, filtré puis comprimé dans les 17 étages du compresseur axial. L'air provenant du compresseur pénètre dans l'espace annulaire des 14 chambres de combustion. Les injecteurs introduisent le combustible dans les 14 chambres de combustion où il se mélange à l'air. L'allumage s'effectue grâce à une des deux bougies d'allumage et la combustion se propage dans les autres chambres à travers des tubes d'interconnexion qui les relient entre elles au niveau de la zone de combustion.

Les gaz chauds issus des chambres de combustion se propagent dans l'extrémité arrière des tubes de flamme, pour traverser ensuite les trois étages de la turbine où ils se détendent.

La rotation résultante entraîne le rotor de l'alternateur et certains auxiliaires.

- **La compression :**

Le compresseur utilisé est du type axial. Il comporte dix-sept étages chaque étage étant constitué d'un aube mobile (rotor) et d'un aube fixe (stator). L'augmentation progressive de la pression de l'air d'étage en étage est obtenue par la réduction de la vitesse de l'air dans aubes fixes. C'est-à-dire que lorsque l'air, mis en mouvement de rotation par l'aube mobile, atteint la partie fixe sa vitesse diminue et sa pression augmente.

- **La combustion :**

À la sortie du compresseur, l'air pénètre dans le système de combustion, d'où il s'introduit entre les enveloppes intermédiaires et les tubes de flamme, pendant que les injecteurs introduisent le combustible

Août 2014

dans chacune des 14 chambres de combustion où il se mélange à l'air. L'allumage s'effectue grâce à une des deux bougies. Au moment où l'allumage se produit au niveau d'une des deux bougies équipant ces chambre, la combustion se propage dans les autres chambres à travers des tubes d'interconnexion qui les relient entre elles au niveau de la zone de combustion, à peu près 50% de la vitesse nominale de la turbine, la pression régnant à l'intérieur des chambres de combustion est suffisante pour provoquer le retrait des électrodes afin de le protéger du rayonnement des flammes.

- **La détente :**

Les gaz chauds issus des chambres de combustion se propagent à travers les pièces de transition emboîtées à l'extrémité arrière de chaque tube de flamme qui assurent une répartition homogène, pour traverser ensuite les trois étages de la turbine où ils se détendent. Chaque étage se compose d'un ensemble d'aubes fixes suivies d'une rangée d'aubes mobiles. Dans chaque rangée d'aubes fixes, l'énergie cinétique du jet de gaz augmente, en même temps que la pression chute. A ce stade, l'énergie cinétique acquise par les gaz est importante et elle se transforme en énergie mécanique pour faire tourner le rotor.

- **L'échappement :**

Après leur passage dans les aubes du troisième étage, les gaz d'échappement traversent le diffuseur, celui-ci transforme la direction axiale des gaz en direction radiale et diminuant ainsi les pertes à l'échappement. Puis les gaz sont envoyés dans le cadre d'échappement (Une cheminée de 50m).

La rotation résultante de l'arbre entraîne le rotor de l'alternateur et certains auxiliaires.

## **e- Les systèmes accompagnants la turbine :**

La mise en marche de la turbine et le contrôle de la stabilité de son fonctionnement et sa sécurité nécessite la mise en place de certains systèmes et circuits de fluide.

Ces circuits des fluides sont :

- **Le circuit huile de graissage :**

Le système d'huile de lubrification est défini pour assurer les fonctions suivantes :

- ✓ Lubrifier les trois paliers.
- ✓ Lubrifier le réducteur des auxiliaires.
- ✓ Fournir l'huile de contrôle pour la sécurité de la turbine.

Août 2014

- ✓ Alimenter le circuit d'huile haute pression.
- ✓ Alimenter le convertisseur de couple.

Les composants principaux de ce système sont les suivants :

- ✓ Un réservoir d'huile de lubrification dans le socle t du compartiment auxiliaire.
- ✓ Une pompe attelée.
- ✓ Une pompe auxiliaire entraînée par un moteur à courant alternatif utilisée pour les séquences de démarrage, arrêt et refroidissement.
- ✓ Une pompe de secours entraînée par un moteur à courant continu pour les arrêts d'urgence.
- ✓ Echangeur thermique huile-eau.
- ✓ Filtre à huile. Le circuit d'eau de refroidissement :

Le système d'eau de refroidissement est défini pour assurer les fonctions suivantes :

- ✓ Refroidir l'huile de lubrification.
- ✓ Refroidir les supports arrière de la turbine.
- ✓ Refroidir les détecteurs de flamme.
- ✓ Refroidir l'air d'atomisation.
- ✓ Refroidir la pompe à fuel.

• **Le circuit d'air de refroidissement et d'étanchéité :**

Le système de refroidissement et d'étanchéité fournit le débit d'air nécessaire qui est prélevé au niveau du compresseur axial de la turbine à gaz, pour l'alimentation d'autres éléments du rotor et du stator de la turbine, afin de refroidir des pièces en fonctionnement normal. Lorsque la turbine à gaz est en service, de l'air est prélevé sur deux étages du compresseur axial, ainsi qu'au niveau du refoulement du compresseur. Le système de refroidissement et d'étanchéité est défini pour assurer les fonctions suivantes:

- ✓ Refroidir le cadre d'échappement.
- ✓ Refroidir du rotor de la turbine.
- ✓ Alimenter les paliers en air d'étanchéité.
- ✓ Protéger le compresseur pendant les séquences de démarrage et d'arrêt.
- ✓ Refroidir les capteurs de vibration du palier.

• **Le circuit d'air d'atomisation :**

Août 2014

L'atomisation du fuel est le procédé qui permet de convertir, par un jet d'air, le débit liquide en une multitude de très fines gouttelettes. Ce système d'air d'atomisation est défini principalement pour pulvériser le combustible liquide (gasoil ou fuel). Le système d'air d'atomisation est une boucle ouverte où l'air en sortie de compresseur principal est refroidi puis pressurisé par le compresseur attelé (le compresseur d'air d'atomisation). Le compresseur de démarrage entraîné par un moteur électrique à courant alternatif (le Booster) permet l'atomisation lors du démarrage de la turbine. Les principaux composants de système sont les suivants :

- ✓ Un compresseur principal d'air d'atomisation.
- ✓ Un compresseur auxiliaire d'air d'atomisation.
- ✓ Un réfrigérant d'air d'atomisation.

- **Le circuit huile haute pression :**

Le système d'alimentation d'huile HP est une boucle fermée où la circulation d'huile à partir du collecteur d'huile de graissage est réalisée par :

- ✓ Une pompe attelée.
- ✓ Une pompe auxiliaire entraînée par un moteur à courant alternatif utilisée pour les séquences de démarrage et d'arrêt.

- **Le système de protection incendie :**

Le système de protection incendie est défini pour assurer les fonctions suivantes :

- ✓ Détecter l'augmentation anormale de la température ambiante des auxiliaires et de la turbine à gaz.
- ✓ Eteindre l'incendie par émission de dioxyde de carbone.
- ✓ Maintenir la concentration de dioxyde de carbone après l'émission initiale.
- ✓
- ✓ Emettre un signal visuel local.

Ce système concerne les compartiments :

- ✓ auxiliaire turbine
- ✓ turbine à gaz
- ✓ accouplement de puissance.

- **Le système de chauffage et de ventilation :**

Le système de chauffage et ventilation est conçu pour assurer les fonctions suivantes :

Août 2014

- ✓ Protéger les personnes contre les températures élevées et les risques d'incendie.
- ✓ Assurer un refroidissement et une ventilation adéquats des équipements.
- ✓ Assurer l'atténuation du bruit généré par les équipements.
- ✓ Contenir les moyens de lutte contre les incendies.
- ✓ Protéger les équipements contre les intempéries.

- **Le système d'injection d'inhibiteur :**

Le circuit d'injection d'inhibiteur est défini pour injecter le produit inhibiteur de vanadium (KI200) à base de magnésium (mg) dans la ligne de fioul, pour augmenter le point de fusion (qui peut arriver jusqu'à 1243 °C), du pentoxyde de vanadium. Cette opération permet au vanadium d'entrée en réaction avec l'oxygène sous forme de poudre pour ne pas causer la corrosion de la turbine puisqu'il sort avec les gaz d'échappement.

## **f-Les Avantages et les inconvénients :**

### **Les Avantages :**

La turbine à gaz présente de sévères limitations dues aux contraintes techniques de sa réalisation. Ces principales limites sont les suivantes :

- taux de compression (et donc rendement) limité par le nombre d'étages de compression nécessaire, mais les machines récentes dépassent maintenant un taux de compression de 19 ;
- baisse importante de rendement des compresseurs centrifuges à une vitesse de rotation plus faible que la vitesse nominale ;
- température de combustion (et donc rendement) limitée par la résistance mécanique des aubes fixes et mobiles de la turbine ;
- chute importante du rendement à charge partielle en particulier pour les machines à simple arbre ;
- coût d'usinage des aubes notamment de la turbine ;
- la plupart des turbines à gaz ne peuvent pas brûler de fioul lourd contrairement au moteur Diesel ; elles utilisent alors du gaz naturel, du biogaz ou de torchère ou du gasoil. Toutefois, les turbines à gaz peuvent brûler du fioul lourd voire du pétrole brut (crude oil) ; ceci peut nécessiter le réchauffage du carburant afin d'en diminuer la viscosité pour permettre sa pulvérisation correcte dans les injections ; certains fiouls lourds nécessitent l'injection d'inhibiteur pour réduire les effets néfastes du vanadium.

Les avantages inhérents à ce type de machine sont les suivants :

- puissance massique et volumique très élevée ;
- possibilité de démarrage, prise et variation de charge 0 à 100% très rapidement ; à titre d'exemple, une machine de 300 MW installée en France dans les années 1990 dans la région parisienne peut arriver à vitesse nominale en 6 minutes après l'ordre de démarrage, prendre les premiers 150MW en quelques secondes, et les 150 MW restants en 6 minutes ;
- simplicité apparente de construction (un rotor dans un carter et un brûleur) et équilibrage (peu de vibrations) ;
- pollution limitée en HC et NOx du fait du contrôle de l'excès d'air et de la température limitée ;

Août 2014

- aptitude à la récupération de la chaleur (cogénération) ;
- coûts de maintenance inférieurs aux moteurs pistons ;
- longévité en marche stationnaire ;
- aptitude potentielle à utiliser des combustibles liquides ou gazeux variés et de moindre qualité (gaz pauvre) ;
- meilleure aptitude aux arrêts et démarrages fréquents que les turbines à vapeur ;
- possibilité d'entraîner des machines (pompes ou compresseurs) à vitesse variable sans grande perte de rendement pour les machines « deux arbres », ce qui permet l'utilisation dans les lignes d'oléoducs ou de gazoducs.

Le domaine de la production de l'électricité est un grand domaine d'emploi des turbines à gaz. En effet, il s'agit d'applications à vitesse de rotation constante et soit à charge relativement constante pour lesquelles le rendement de ces machines est meilleur pour les machines utilisées en régime dit « de base », soit au contraire à charge très variable pour les machines utilisées en secours de réseaux et pour lesquelles la sécurité du réseau est plus importante que le rendement. La puissance varie de quelques centaines de kW à plus de 300MW. Les machines les plus puissantes sont en général associées à des turbines à vapeur dans es cycles combinés, ce qui fait que le rendement global tend actuellement vers 60%. En cycle simple, le rendement est de l'ordre de 30 à 35% voir plus pour les grosses machines. Dans les faibles puissances, le rendement est même inférieur à 30% mais on met alors à profit l'aptitude des turbines à combustion pour récupération de chaleur dans des applications de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur).

### Les inconvénients :

L'un des inconvénients des turbines à gaz est l'emploi obligatoire du système bielle-manivelle et d'un volant ainsi que le fonctionnement discontinu inévitable ce qui rend impossible la grande concentration de puissance. Les turbines à gaz sont caractérisées par un grand rendement avec tous les avantages des moteurs rotatifs. Cependant les limitent théoriques de résistance thermique limitent leur emplois (700°C max).

### g-Production d'électricité :

La turbine à gaz de grande puissance est surtout utilisée pour entraîner un alternateur et produire de l'électricité. Les infrastructures et le génie civil nécessaires pour une centrale électrique équipée de turbines à gaz sont réduits, ce qui permet d'installer en quelques mois une centrale tout près du lieu d'utilisation de l'électricité (ville, usine) ou de la source de combustible (port, forage, raffinerie...). Turbine et alternateur sont acheminés sous formes de modules compacts et complets qu'il suffit d'assembler et raccorder aux réseaux dans des climats où la température extérieure peut aller de -40 à +50°C. Un des avantages des centrales à turbines à gaz est le temps réduit pour la mise en œuvre, le gestionnaire d'un réseau de distribution électrique peut ainsi moduler facilement la capacité de production pour s'adapter aux variations de la consommation.

Août 2014

### **3-Poste traitement eau PTE :**

Le but c'est produire l'eau déminéralisée à partir de l'eau brute reçu de LYDEC, pour effectuer ceci l'eau brute passe tout d'abord par un système de filtration, après elle passe à la phase de déminéralisation afin d'éliminer les sels minéraux (les cations et les anions) par échange d'ions (injection de produits chimiques coagulant (chlorure ferrique), des réactifs, bisulfite sodique ...). Le rapport de production d'eau déminéralisée est de 1.3 c'est-à-dire pour produire 1 m<sup>3</sup> d'eau déminéralisée, il nous faut 1.3 m<sup>3</sup> d'eau brute. Le poste est Composé de :

- Deux citernes métalliques d'eau brute de 6600 m<sup>3</sup>, permettant d'alimenter :

- ✓ Le poste de traitement d'eau.
- ✓ Le circuit d'eau potable provenant du bac de 25 m<sup>3</sup>.
- ✓ Le circuit de lutte contre incendie.
- ✓ Le circuit d'eau pour les sanitaires.

- Deux bacs de 2600 m<sup>3</sup> d'eau déminéralisée, qui sert à alimenter :

- ✓ Le poste de traitement de combustible.
- ✓ L'appoint des chaudières auxiliaires.
- ✓ Le système de lavage des turbines et des compresseurs.
- ✓ Les circuits de refroidissement.

#### **□ Un système de Filtration :**

Un système de prétraitement d'eau brute, formé de trois filtres Multimédia à pression, pour éliminer des particules en suspension pour éviter l'obstruction précoce du système de microfiltration et réduire la concentration des solides dans l'eau, cette opération est réalisée par des filtres multimédias.

Août 2014

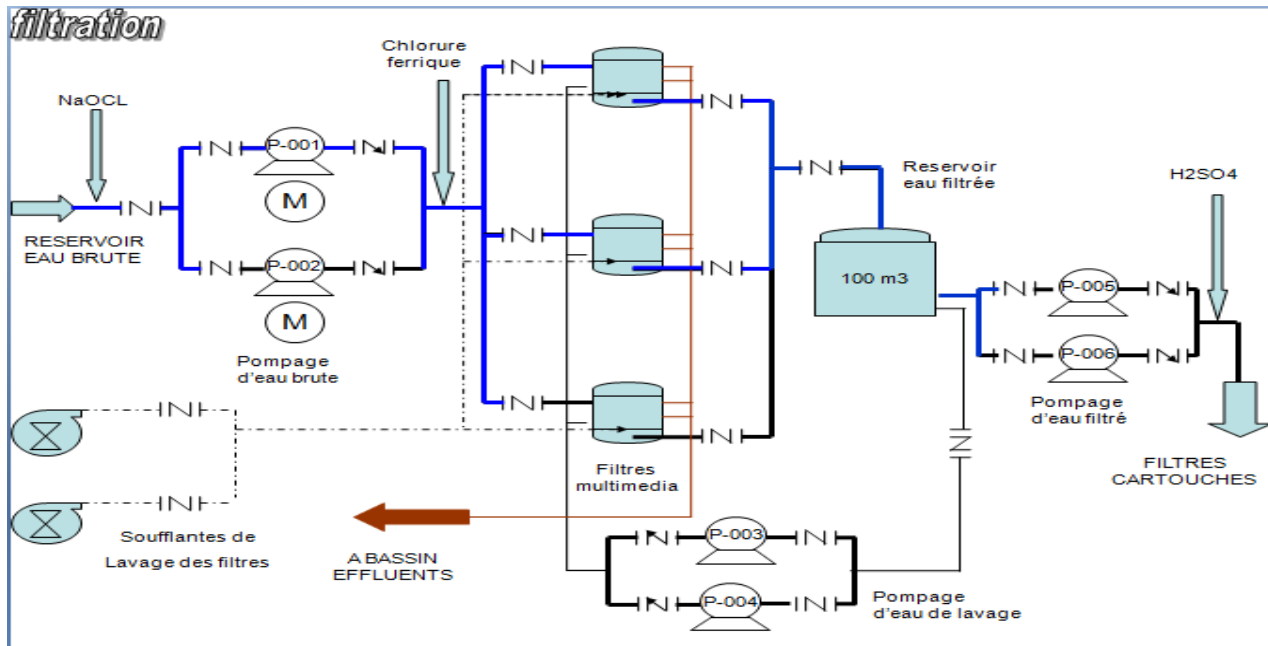


Figure 4: schéma représentant le système de filtration

#### □ L'osmose inverse premier passage :

L'osmose inverse est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage (membrane de microfiltration (5µm)) qui ne laisse passer que les molécules d'eau. On a aussi un dosage chimique afin d'éliminer les composants oxydants.

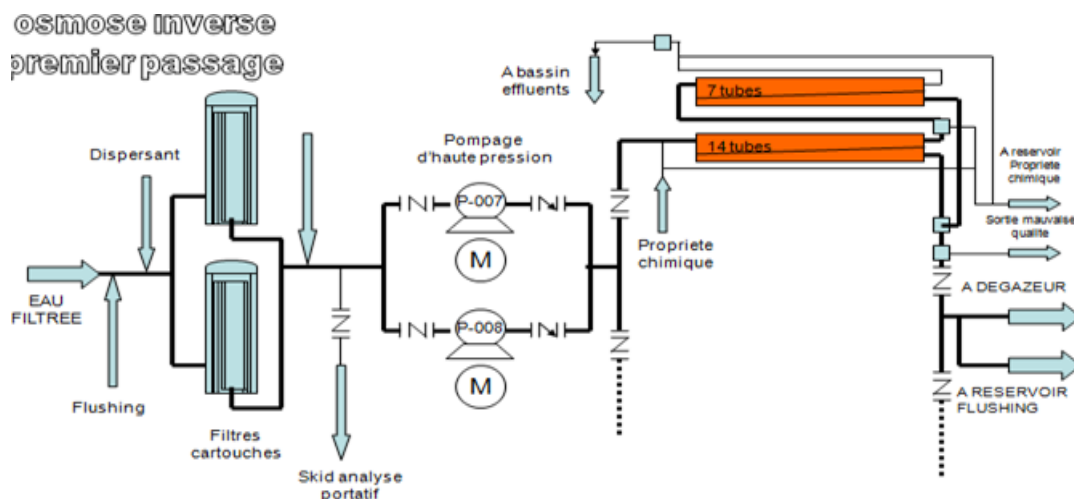


Figure 5: schéma représentant le principe de fonctionnement de l'osmose inverse pour le premier passage

#### □ Des dégazeurs :

Dans cet appareil, l'eau est pulvérisée finement et se distribue de façon uniforme au-dessous d'une couche de remplissage, pour éliminer le dioxyde de carbone.

Août 2014

### □ L'osmose inverse deuxième passage :

C'est la même opération qu'on trouve dans le premier passage sauf que l'eau sort avec une solution moins concentrée que le premier passage.

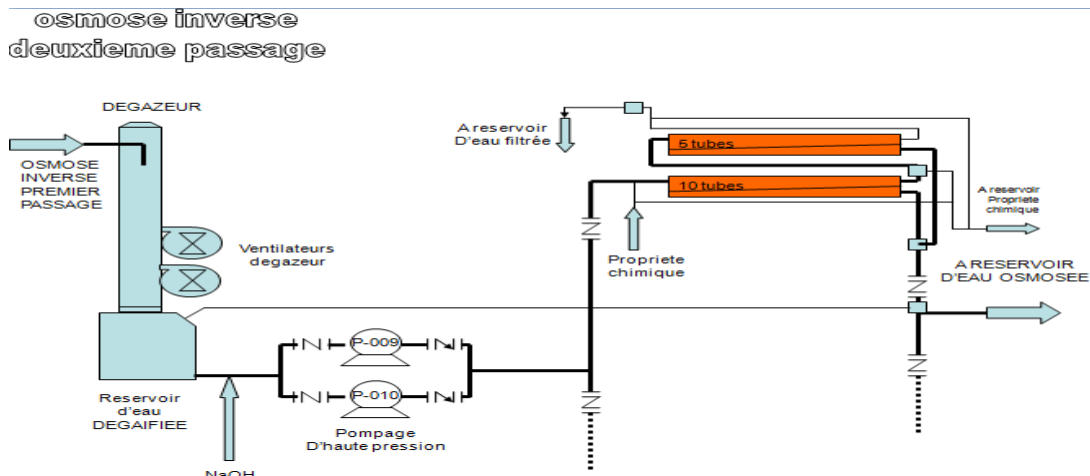


Figure 6: schéma représentant le principe de fonctionnement de l'osmose inverse pour le deuxième passage

### □ Les lits mixtes :

L'eau osmosée s'alimentera des lits d'échange ionique au moyen afin d'éliminer le potassium et le sodium. La qualité d'eau déminéralisée est représentée dans le tableau ci-dessous :

| La qualité d'eau déminéralisée |                             |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Conductivité déminéralisée     | < 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Sodium + Potassium             | < 0.5 mg/l                  |
| Silice total                   | < 0.5 mg/l $\text{SiO}_2$   |
| Calcium                        | < 0.5 mg/l $\text{Ca}^{2+}$ |

« Les Caractéristiques de l'eau »

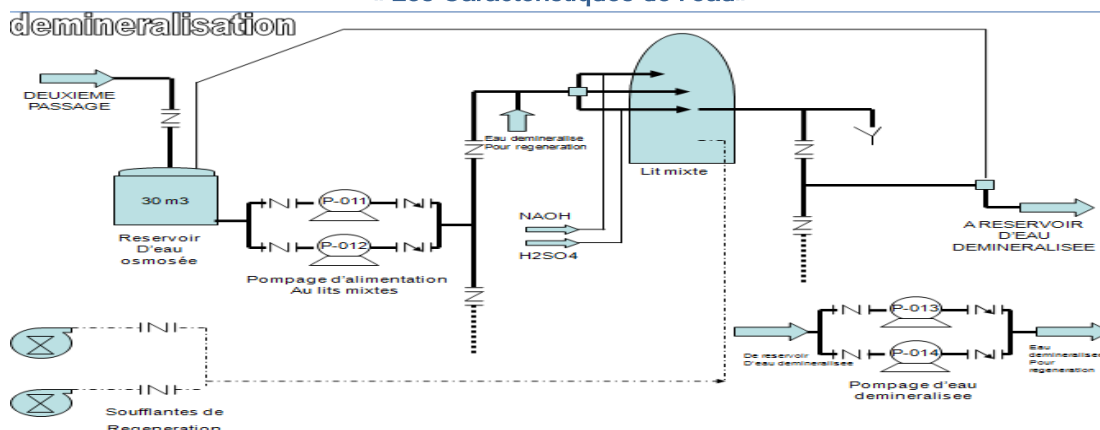


Figure7: schéma représentant le principe de fonctionnement des lits mixtes

Août 2014

#### **4-Chaudière de la turbine à gaz:**

La centrale thermique est équipée de 2 chaudières auxiliaires, munies des accessoires nécessaires tels que brûleurs, pompes d'eau surchauffée et pompes gasoil.

Chaque chaudière produit l'eau surchauffée pour:

- ✓ Maintenir le fuel dans les réservoirs à une température permettant son pompage dans de bonnes conditions ;
- ✓ Le réchauffage du réservoir à égouttures, de l'eau du poste de traitement de combustibles ;
- ✓ Le traçage des conduites de fuel et l'alimentation des différents réchauffeurs.

Les caractéristiques principales d'une chaudière auxiliaire sont les suivantes :

- ✓ Pression maximum: 13 bars ;
- ✓ Débit : 325T/h ;
- ✓ Température maximum : 160 °C ;

#### **Principe de fonctionnement :**

La notion la plus simple des chaudières consiste à poser un récipient fermé contenant de l'eau sur un foyer.



Figure 8 : Chaudière

Dans ces conditions, on peut arriver à chauffer l'eau et à la vaporiser, mais on chauffe également l'air environnant et on perd de ce fait une importante quantité de chaleur.

Les pertes par fumées demeurant généralement très élevées, du fait de leurs températures, il est nécessaire de récupérer une partie de la chaleur perdue par ces fumées et pour cela on a augmenté pour un même volume d'eau, la surface du récipient en contact avec le gaz de combustion.

Paramètres de marche des chaudières de la turbine à gaz :

#### **• Timbre :**

Le timbre d'une chaudière est la pression maximale d'utilisation déterminée par le Constructeur. (11 bars pour la chaudière de la centrale T.A.G).

Août 2014

- **Pression de service ou pression de marche :**

C'est la pression que le chauffeur ou les appareils de régulation de chauffe visent à maintenir. Cette pression peut être supérieure à celle du timbre. (10bars pour la chaudière de la centrale T.A.G)

- **Surface de chauffe :**

C'est la surface d'échange entre les gaz chauds et l'eau. Elle est de 531.1m<sup>2</sup>

- **Puissance transmise à l'eau**

La puissance correspond au débit de la chaleur qui passe du combustible au fluide chauffé. Dans la centrale T.A.G, elle est de l'ordre de 15103 KW.

## Chapitre 3 : Poste traitement fuel PTF

Le poste traitement fuel est composé de deux citernes fuel brut calorifugées parvenant de la SAMIR de 20899 m<sup>3</sup> chacune et une citerne gaz oil de 5882 m<sup>3</sup>, ainsi 8 lignes dont la capacité de 11 tonnes chacune. Le fuel certifié est stocké dans deux citernes de capacité 714 m<sup>3</sup> chacune, ce dernier contient des contaminants corrosifs (vanadium) et des contaminants de déposition (sodium et potassium) qui risquent d'endommager la turbine, pour éviter tout cela le fuel passe par deux étapes de traitement :

### □ L'élimination des sels minéraux:

Août 2014

L'enlèvement des sels minéraux sodium(NA) et potassium(K) se fait dans le poste traitement fuel. Le fuel est d'abord réchauffé puis émulsionné avec de l'eau déminéralisée préalablement chauffée, on ajoute à ce mélange un produit chimique (dés émulsifiant) qui favorise l'extraction des sels solubles dans l'eau et la décomposition du fuel, après ce mélange est envoyé a des mélangeurs rotatifs, ensuite le fuel est séparé de l'eau, cette opération (mélange +séparation) est exécutée une deuxième fois.

Après la séparation, le fuel traité est stocké dans deux bacs  $3333m^3$ , le fuel de ces deux bac se transfert vers celui de  $750m^3$  après l'analyse des échantillons (NA+k<1 ppm), le fuel est transféré à la turbine.

#### □ L'inhibition du vanadium:

L'inhibition du vanadium sert à augmenter le point de fusion (qui peut arriver jusqu'à  $1243^{\circ}C$ ), du pentoxyde de vanadium en lui ajoutant un inhibiteur de vanadium "ki200" à base de magnésium (mg) :



Cette opération permet au vanadium d'entrée en réaction avec l'oxygène sous forme de poudre pour ne pas causer la corrosion de la turbine.

#### 1-Un skid filtre et transfert :

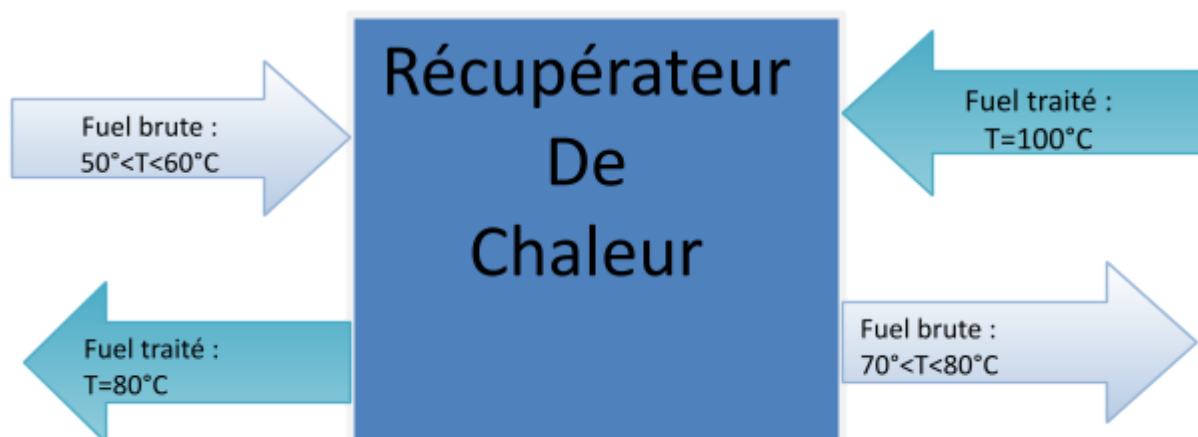
Le fuel non traité déjà stocké dans les réservoirs, sera transféré par le module pompes et filtres via le module récupérateur de chaleur vers les modules de traitement fuel. Pour la protection des pompes, deux filtres automatiques sont installés en amont des pompes, un filtre automatique en service et un en stand-by.

Pour les pompes de transfert, trois pompes sont installées, deux en service et une en stand-by. Le nombre requis de pompe démarre automatiquement en fonction du nombre de module de traitement présélectionné. En aval de chaque pompe, un pressostat est installé pour tester la pression de la pompe. La pompe en stand by démarre automatiquement si une des deux pompes en service est en défaut. En aval des pompes de transfert, le désémulsifiant (Tretolite) sera ajouté au fuel à l'aide d'une pompe doseuse et ceci afin d'éviter une émulsion du fuel pendant le traitement. Deux pompes doseuses, une en opération et 1 en stand by sont installées. Les pompes doseuses ont un débit variable et dépendent du nombre de module de traitement FUEL en fonctionnement.

#### 2-Un skid de récupération de chaleur :

Le fuel non traité provient des pompes est transféré à travers les deux échangeurs récupérateur de chaleur, un en fonctionnement et un en stand by, pour récupérer la chaleur du fuel traité durant le processus. Chaque récupérateur de chaleur est dimensionné pour huit modules de traitement et dimensionné pour réduire la température de sortie du fuel traité et augmenter celle du fuel brute venant des bacs de stockage.

Août 2014



### 3-Huit skid de traitement de fuel :

Le fuel non traité provenant des deux modules précédents est réparti en 8 lignes de traitement fuel. Le processus de traitement pour chaque module de traitement fuel est identique, la fonction descriptive pour un module de traitement est applicable pour tous les modules. Afin d'atteindre la température de traitement requise de  $90^{\circ}C$ , le fuel est tout d'abord réchauffé à l'aide d'un réchauffeur à eau surchauffée. L'eau de lavage séparée au second étage est ajoutée en amont du fuel du mélangeur du 1er étage. Le fuel est complètement mixé avec l'eau dans un mélangeur afin d'éliminer les sels minéraux sodium (Na) et potassium (K). Le mélange eau/fuel va au séparateur centrifuge au 1er étage de lavage. Les solides sont séparés par la force centrifuge, les sels dissous ensemble avec l'eau de lavage, sont séparés simultanément. La teneur en sel dans le fuel est réduite substantiellement. L'eau de lavage réchauffée à  $90^{\circ}C$  par un réchauffeur est ajoutée au fuel purifiée en amont du mélangeur du second étage. Après un mélange intensif, le mélange eau/fuel est envoyé au séparateur centrifuge du second étage. Sur la ligne sortie fuel purifiée, le capteur eau dans fuel est installé. Ce capteur est utilisé pour la surveillance continue de la teneur en eau. Si la limite spécifiée est dépassée, le fuel est renvoyée au tank de stockage non traité via une vanne de refoulement 3 voies. Le fuel traité à partir du module de traitement FUEL repart dans la cuve du fuel traitée via l'échangeur de chaleur du module désémulsifieur et récupérateur de chaleur. Les boues/solides séparés sont éjectés du bol du séparateur à intervalle régulier dans le tank à boues sous le séparateur.

Août 2014

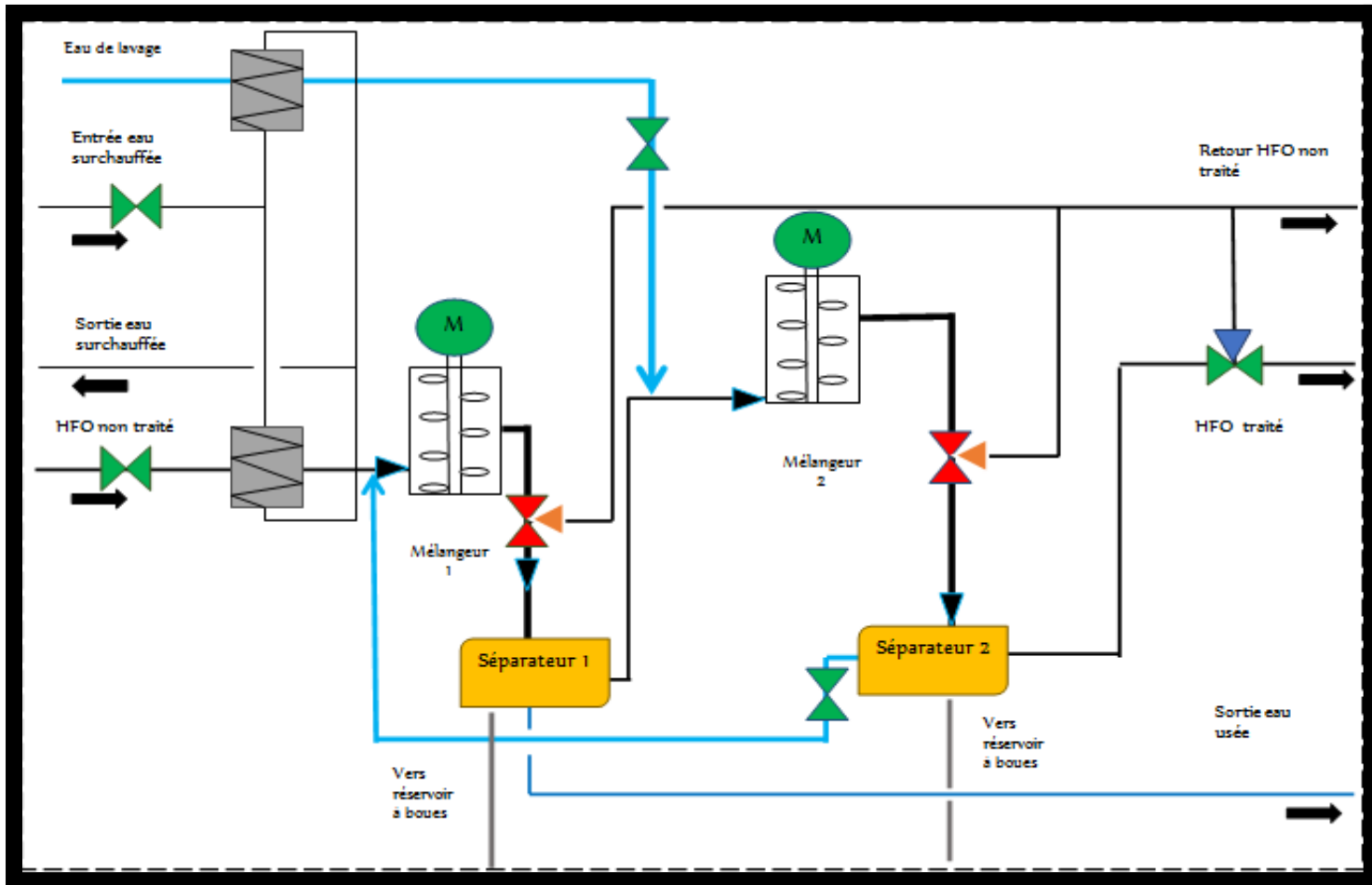
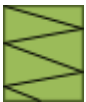


Figure 9 : Schématisation du module de traitement de fuel

 : Vanne régulatrice à 3 voies, la voie à suivre dépend de la teneur en eau dans le fuel

 : Vanne régulatrice à 3 voies, la voie à suivre dépend de la température du fuel

 : Réchauffeur

 : Vanne

Août 2014



Figure 10 : Photo d'un skid

#### 4-Un skid de traitement d'eau chargé :

L'effluent eau venant des modules de traitement fuel contient encore une certaine quantité de fuel et sédiments et nécessite un traitement complémentaire. Ceci est réalisé par le module de traitement de l'eau chargée.

Le traitement des effluents se décompose en 2 étapes :

- Flottation statique et tank de sédimentation.
- Traitement par centrifugation, deux en service, un en stand-by / complément de traitement.

L'effluent provient des modules de traitement fuel et alimente la cuve de sédimentation. La flottation statique et le tank de sédimentation permettent un déshuilage, cette huile est récupérée dans le tank à boues.

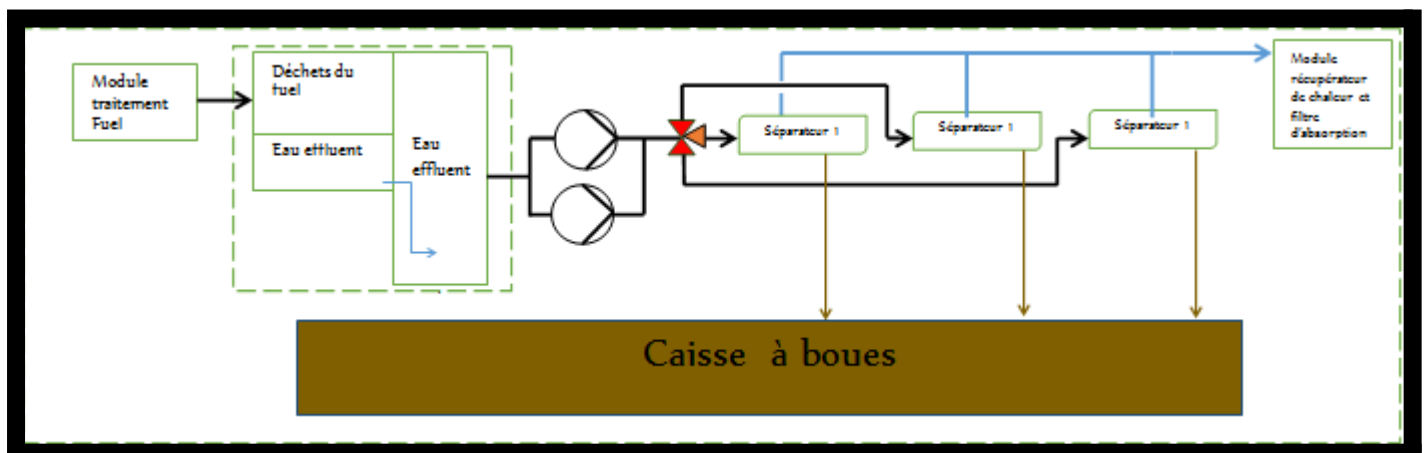


Figure 11 : Schématisation du module de traitement des effluents

Août 2014

## 5-Un skid de récupération de chaleur d'eau chargé :

L'effluent provenant du module de traitement de l'effluent peut contenir des traces d'huile et qui ne peuvent pas être séparés par le seul fait de la séparation centrifuge. Cela nécessite un traitement supplémentaire. De plus une récupération de chaleur de l'effluent est requise, ceci est réalisé dans ce module. Le (pré) traitement de l'effluent provenant du module de traitement de l'effluent entre dans l'échangeur 1 en service et 1 en stand by, pour récupérer la chaleur de l'effluent pour préchauffer l'eau de lavage des modules de traitement de fuel. Chaque échangeur est capable de réduire la température à la sortie de l'effluent traité de 20°C et augmenter de la température d'entrée d'eau de lavage. Après l'échangeur, les traces d'huile de l'effluent seront absorbées dans le filtre à absorption sous la limite spécifiée. Au total 3 filtres à absorption sont installés 2 en service et 1 en stand by. Chaque filtre à absorption est équipé d'un pressostat différentiel pour l'indication de la nécessité de changer les cartouches.

La teneur en fuel dans l'eau doit être inférieure à 15 ppm avant son évacuation dans le canal du rejet de la centrale turbine à gaz Mohammedia 2 vers la mer. Le fuel sortant du poste traitement est stocké dans deux réservoirs de certification afin de contrôler les teneurs des contaminants avant son transfert vers le réservoir de stockage du fuel traité. Ce contrôle est effectué à l'aide d'un analyseur de combustible. L'analyseur est un appareil de conception très moderne qui fait appel pour mesurer la teneur en contaminants contenus dans le fuel lourd, à la technique de l'analyse spectrale.

### Les valeurs des sels minéraux dans le fuel avant et après traitement :

|                             | Avant traitement | Après traitement |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| Sodium (Na)                 | 50 ppm max       | -                |
| Potassium (K)               | 35 ppm max       | -                |
| Sodium (Na) + Potassium (K) | -                | < 1ppm max       |

Août 2014

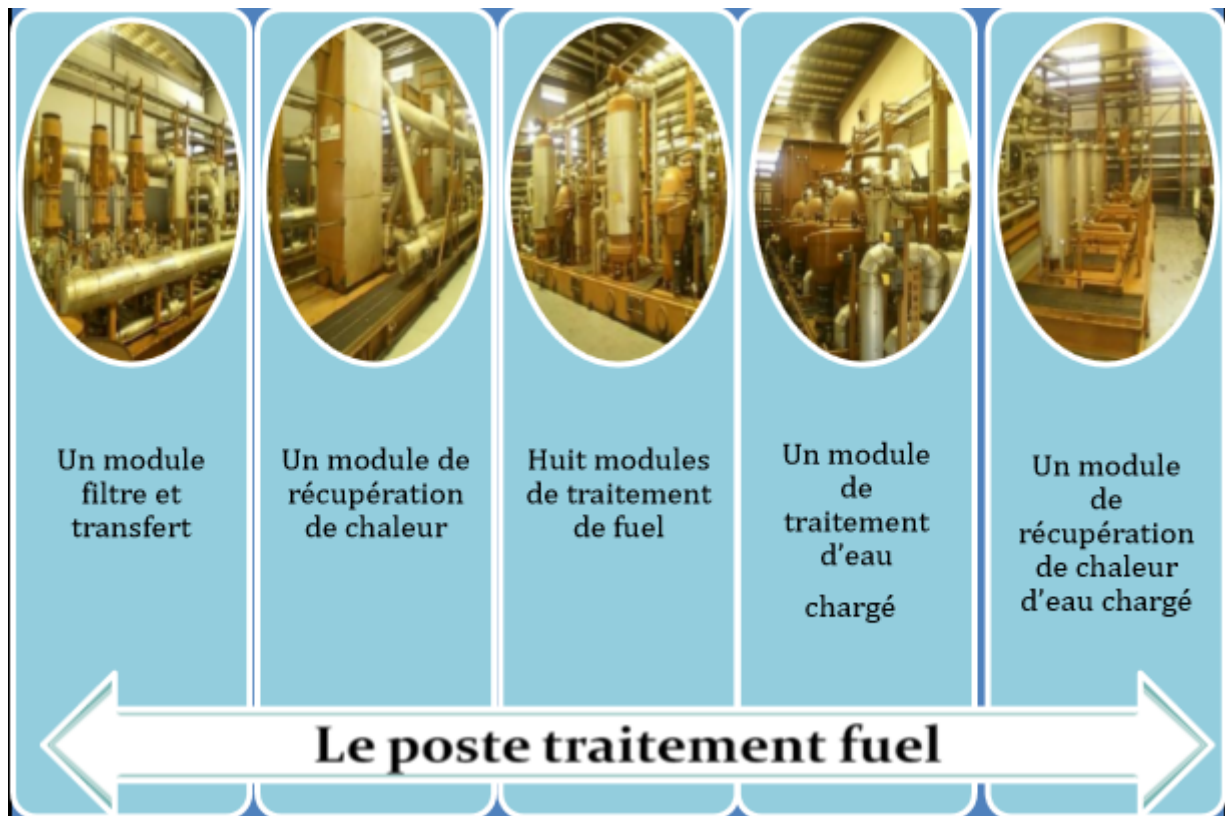
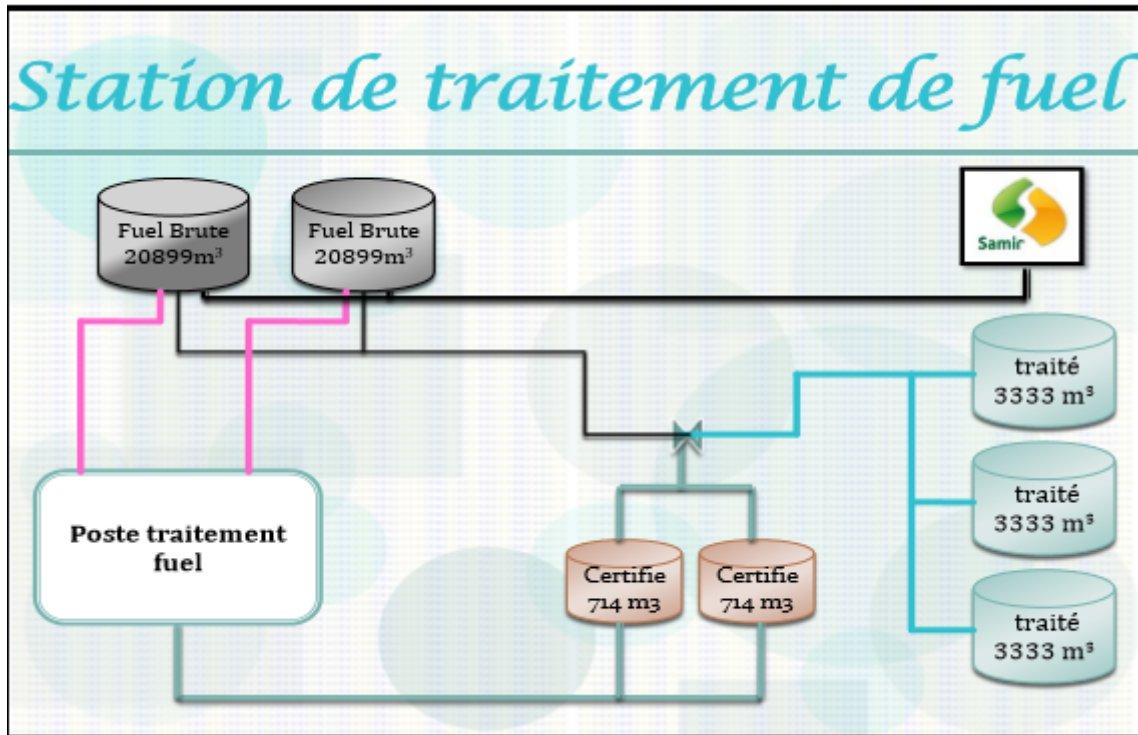


Figure 12: Schéma du poste de traitement fuel

Août 2014

## 6-Instrumentation et commande:

Le fuel purifié sortant du module de traitement fuel est dirigé vers les 2 bacs de fuel certifié de capacité 711 m<sup>3</sup>, pour en prendre un échantillon et vérifier les conditions suivantes :

| <b>Na + K</b>        | <b>&lt; 1</b>      | <b>ppm max</b> |
|----------------------|--------------------|----------------|
| <b>V</b>             | 90                 | Ppm            |
| <b>Si</b>            | < 5                | Ppm            |
| <b>Pb</b>            | < 1                | Ppm            |
| <b>Mg</b>            | < 16               | Ppm            |
| <b>Ca</b>            | < 10               | Ppm            |
| <b>Zn</b>            | < 1,3              | Ppm            |
| <b>Ni</b>            | < 1,3              | Ppm            |
| <b>Fe</b>            | < 8                | Ppm            |
| <b>Densité</b>       | 0,975 à 15°C       |                |
| <b>Viscosité</b>     | 110-380 cts à 50°C |                |
| <b>Teneur en H2O</b> | ≤ 1% en masse      |                |

Ces conditions sont vérifiées dans l'armoire de commande conçue pour l'installation dans une salle de commande à air conditionné. La supervision, la régulation et tous les tests sur les échantillons de fuel se passent à l'intérieur de cette salle.

## Chapitre 4 : Analyse du coût de traitement fuel de l'année

### Introduction :

L'analyse coût-efficacité est un outil d'aide à la décision. Il a pour but d'identifier la voie la plus efficace, du point de vue économique, d'atteindre un objectif. Dans le cadre de l'évaluation, l'analyse permet de discuter l'efficacité économique d'un programme ou d'un projet. Si l'on considère un programme qui a pour objectif majeur la minimisation des dépenses. Le cas échéant, la comparaison entre plusieurs produits poursuivant le même objectif permettra de comparer les coûts induits. Cette comparaison fournit des indicateurs quantitatifs tangibles à la discussion sur le choix des méthodes comparées. L'analyse coût-efficacité permet de comparer des politiques, des programmes ou des projets entre eux. Elle confronte plusieurs alternatives, notamment dans le but de savoir celle qui permet d'obtenir un résultat donné pour le coût le moins élevé.

### 1-Calcul du cout de traitement de fuel :

Pour savoir la durée et les périodes du fonctionnement du poste de traitement fuel, on se base sur la quantité d'injection de trétolite pour chaque mois durant l'année 2013. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus :

| Mois  | Trétolite |
|-------|-----------|
| JAN   | 10070     |
| FEV   | 3800      |
| MARS  | 0         |
| AVR   | 3780      |
| MAI   | 0         |
| JUIN  | 1900      |
| JUILL | 5700      |
| AOUT  | 6724      |
| SEPT  | 4296      |
| OCT   | 3442      |
| NOV   | 4072      |
| DEC   | 9212      |

Août 2014

|       |       |
|-------|-------|
| Total | 52996 |
|-------|-------|

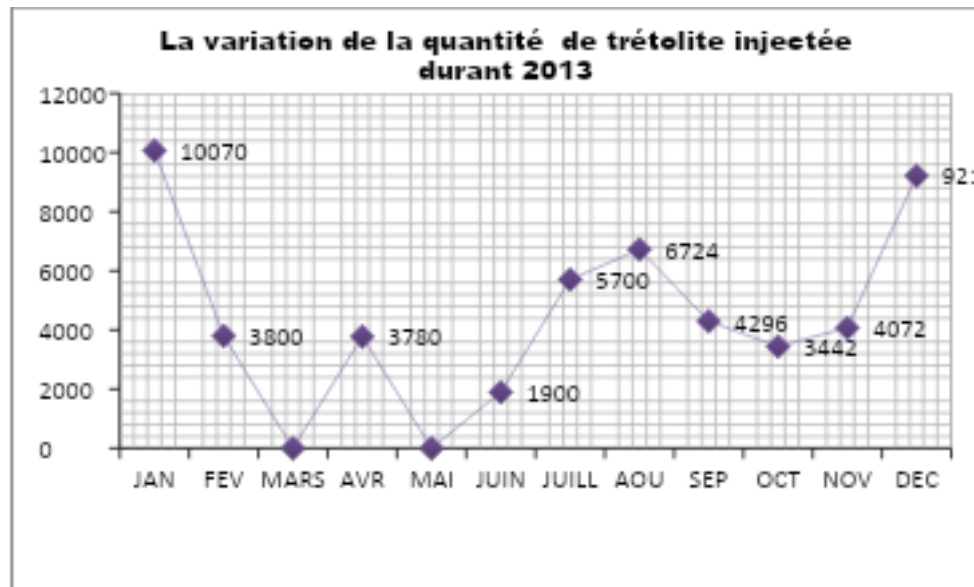


Figure 13: La variation de la quantité de tréfolite injectée durant l'année 2013

### Remarque :

D'après le graphe ci-dessus la quantité du tréfolite injectée est beaucoup plus élevée durant les mois de l'hiver par rapport à l'été, donc la demande en électricité lors de cette période est plus grande.

### Hypothèse de calcul :

On prend le débit moyen de fuel égale à 46 t / h, donc 4 lignes sont en marche avec pleine charge.

- D'après un essai :

13,25 t ——— 17,04 KWH (pour traiter 13,25 t le poste consomme 17,04 KWH)

Donc :

46 t ———  $(46 \times 17,04) / 13,25 = 59,15773585$  KWH

Alors la consommation du KWH / t :  $59,15773585 / 46 = 1,286037736$  KWH / t

Août 2014

### ■ La consommation électrique durant l'année 2013 :

Pour calculer la consommation électrique durant l'année 2013, on fait le produit de la quantité du fuel traité durant l'année 2013 et la consommation du KWH/t.

Consommation électrique 2013 = Quantité fuel traité pour 2013 \* la consommation du KWH / t

Après avoir calculé la consommation électrique, on pourra déduire le coût de l'énergie électrique durant l'année 2013.

Coût de l'énergie électrique = Cout du KWH \* consommation électrique de 2013

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| Consommation du KWH / t                | 1,286037736  |
| Consommation électrique pour 2013      | 146 189.0536 |
| Cout du KWH                            | 0,7788       |
| Cout de l'énergie électrique           | 113 852.0349 |
| Cout de l'énergie électrique par tonne | 1.001566188  |

### ■ Coût traitement d'eau :

Coût d'injection eau déminéralisée = coût eau traitée \* Quantité eau déminéralisée

|                                              |             |
|----------------------------------------------|-------------|
| Quantité eau déminéralisée (m3)              | 90564,8     |
| Cout eau traitée                             | 13,32       |
| cout d'injection eau déminéralisée           | 1206323,136 |
| Cout d'injection eau déminéralisée par tonne | 10,612      |

Août 2014

### ■ Coût du trétolite :

Cout d'injection trétolite = cout trétolite \* Quantité de trétolite

|                                         |             |
|-----------------------------------------|-------------|
| Quantité de trétolite (kg)              | 52996       |
| Cout trétolite                          | 32,68       |
| Cout d'injection de trétolite           | 1731909,28  |
| Cout d'injection de trétolite par tonne | 15,23575558 |

### ■ Coût de l'énergie thermique

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| La moyenne de nombre d'heures de marche | 2461 |
|-----------------------------------------|------|

Consommation en énergie thermique pour 2013 = Consommation en énergie thermique par h \* La moyenne de nombre d'heures de marche

Cout de l'énergie thermique = Cout du KWH thermique / tonne de fuel \* Quantité de fuel traité

|                                             |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| Consommation en énergie thermique par h     | 1731        |
| Cout du KWH thermique / tonne de fuel       | 13,3        |
| Consommation en énergie thermique pour 2013 | 4259991     |
| Cout de l'énergie thermique                 | 1 511 864.2 |

### ■ Coût des rejets

**Coût des rejets = (0,2% \* Quantité du fuel traité) \* cout du fuel brut**

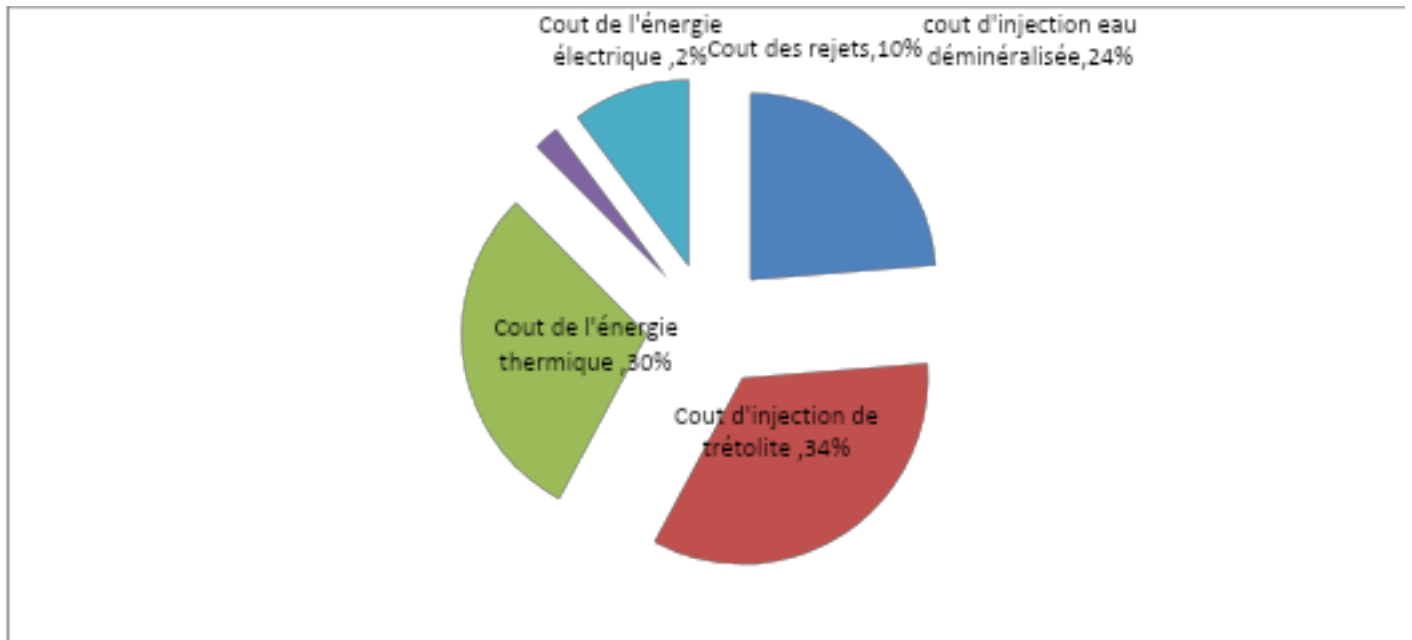
Août 2014

## Tableau regroupant l'ensemble des calculs effectués

|                                          |               |
|------------------------------------------|---------------|
| cout d'injection eau déminéralisée       | 1 206 323,14  |
| Quantité fuel brut (t)                   | 113 6740,00   |
| Cout d'injection de trétolite            | 1 731 909,28  |
| Cout de l'énergie thermique              | 1 511 864,2   |
| Cout de l'énergie électrique             | 113 852,0349  |
| Cout des rejets                          | 539 351.5     |
| Cout traitement fuel pour l'année 2013   | 5 103 300.155 |
| Cout traitement fuel par tonne pour 2013 | 44,89417241   |

## 2-Analyse du coût de traitement de fuel :

Août 2014



### **Interprétation :**

Le graphe ci-dessus, nous permet de déduire que le coût d'injection du trétole, le coût de l'énergie thermique ainsi que le coût l'injection de l'eau déminéralisée ont une fort influence sur le coût de traitement du fuel, contrairement aux coûts de rejets et de l'énergie électrique. Du coup il faudrait se concentrer sur la minimisation des coûts d'injection de trétole, de l'énergie thermique, et d'injection d'eau déminéralisée.

Août 2014

# Conclusion :

Au cours de ce stage que j'ai effectué, j'ai pu acquérir une expérience très riche en matière de méthodologie de travail, en plus d'une expérience dans le domaine d'exploitation de la centrale, j'ai pu découvrir les différents postes de la centrale et avoir un aperçu global de son fonctionnement. Il m'a permis de me familiariser avec les différents services et d'avoir une approche réelle du monde du travail. J'ai pu faire le rapprochement entre ce que j'avais appris en cours et ce qui se passe vraiment dans l'entreprise, ce qui n'a pas toujours été facile car chaque entreprise est un cas particulier.

Le travail d'équipe est très important car tous les services sont liés et doivent communiquer entre eux. Une bonne ambiance règne dans l'a centrale et tout le personnel a été très coopératif et attentif à mes questions.

Cela m'a aussi permis de tisser les liens d'amitiés avec beaucoup de personnes avec qui j'ai partagé de longues journées de travail.

Enfin, je tiens à féliciter tous membres de la famille ONEE pour leur professionnalisme, leur sérieux et l'amour avec lequel ils exercent leur travail.

## BIBLIOGRAPHIE / WEBOGRAPHIE

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Turbine\\_%C3%A0\\_gaz](http://fr.wikipedia.org/wiki/Turbine_%C3%A0_gaz)

Août 2014

[www.ONEE.ac.ma](http://www.ONEE.ac.ma)

<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition>

<http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/dico/d/maison-turbine-gaz-11097/>