

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche  
Scientifique



**Université de Ghardaïa**

N° d'ordre :  
N° de série:

Faculté des Sciences et Technologie  
Département des Sciences et Technologie

**Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**LICENCE**

**Domaine : Science et Technologie**

**Filière : Génie électrique**

**Spécialité : Maintenance en instrumentation industrielle**

**THEME:**

***Maintenance d'une turbine à gaz***  
***Stage pratique à sonalgaz El meniaa***

**PAR :**

**BENDOUI AKILA**

**Jury:**

**M<sup>r</sup>: ARIF MOHAMMED**

**MACA Univ. Ghardaïa**

**Encadreur**

**M<sup>r</sup>: HERIZI ABDELGHAFOR**

**MACB Univ. Ghardaïa**

**Examineur**

**ANNEE UNIVERSITAIRE: 2014/2015**

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail*

*À*

*- Celui qui m'a toujours encouragé et soutenu durant toutes mes années d'études : Merci Papa pour ton amour et ta confiance totale en moi.*

*- Celle qui m'a bercée, qui m'a donnée son amour, qui m'a enseignée ce qu'est la vie, toi qui m'a guidée dans le droit chemin, toi qui m'a appris que rien n'est impossible : À toi ma chère maman, merci.*

*À*

*Mes chères sœurs et Mon chers frères*

*À ma grande famille, grands et petits.*

*À mes chères copines :*

*chahrazad ; wahiba ; aicha ; batoul ; omskheir ; samira ; hanaa ; fatima ;*

*À tous mes ami(e)s de la promotion 2014-2015*

*Àkila*

## *Remerciements :*

*Avant tout, je remercie Dieu, le tout puissant, de  
M'avoir donné la force, le courage, la santé et la patience  
pour pouvoir accomplir ce travail*

*Au terme de ce travail, mes remercie MENT S VONT  
aux profs : arif Mohammed pour la confiance qu'ils  
ONT placé en moi AINSI QUE POUR  
LEURS conseils judicieux, lesquels m'ont permis de  
mener à bien ce travail.*

*Je tiens bien sûr à remercier LE prof: hadj said, ainsi que  
l'ensemble du personnel travaillant du département de  
technologie.*

# Sommaire

## Liste de Figures

## Liste de Tableaux

## Introduction générale

### Chapitre I : Présentation de la turbine à gaz et ses auxiliaires

Introduction.....	2
I.1 Turbo-alternateur.....	4
I.1.1 La turbine.....	4
I.1.2 Le compresseur .....	4
I.1.3 La chambre de combustion.....	5
I.1.4 La turbine de puissance.....	5
I.1.5 Le réducteur.....	6
I.1.6 L'Alternateur.....	6
I.1.7 Donnée technique de l'alternateu.....	6
I.1.8 Fréquence d'un alternateur synchrone.....	7
I.1.9 Le package turbine.....	7
I.2.1 Tableaux et armoires.....	8
I.2.2 Le système de contrôle-commande.....	8
I.2.3 Les éléments du tableau de distribution 400 VAC.....	10
I.2.4 L'armoire de distribution 400 .....	10
I.2.5 Les éléments du tableau .....	11
I.2.6 L'armoire auxiliaire.....	12
I.2.7 Le module toit.....	12
I.2.8 Le module carburant liquide.....	13
I.2.9 Le module gaz.....	13
I.3.1 Le module turbine.....	14
I.2.2 Le module température.....	14
I.3. 3 Le module huile.....	15
I.3.4 Le module châssis.....	15
I.3.5 L'armoire de la distribution 230 VAC.....	16
I.3.6 L'armoire variateur de fréquence.....	16
I.3.7 L'armoire des batteries 24 VDC.....	17
I.3.8 Les éléments du tableau de commande.....	17

I.3.8 L'armoire de commande e.....	17
I.4 Régulation électrique du turbogénérateur .....	18
I.4.1 Principe de régulation de l'alternateur .....	18
I.4.2 Régulation de la fréquence .....	18
I.4.3 Régulation de la tension .....	18
I.4.4 Synchronisation .....	18
I.5.1 Vue d'ensemble alternateur / régulateur.....	19
I.5.2 Schéma de principe de l'alternateur.....	20
I.5.3 Régulation de la tension.....	20
I.5.4 Synchronisation de la tension pendant le démarrage.....	21

## **Chapitre II : Maintenance générale**

II.1 définition selon la norme nf.en 13360.....	23
II.2. terminologie.....	23
II.3 Les méthodes.....	23
II.4 la Maintenance corrective.....	24
II.5 la Maintenance préventive.....	24
II.5.1 la Maintenance préventive conditionnelle.....	24
II.5.2 la Maintenance préventive prévisionnelle.....	24
II.6 But de la Maintenance préventive.....	25
II.7 Le opérations de la Maintenance préventive.....	25
II.8 Autres opérations.....	26
II.9 niveaux de la Maintenance	26

## **Chapitre III : Maintenance associé à la turbine à Gaz turbomach**

III.1 Programme d'entretien.....	30
III.2 Description des interventions d'entretien.....	31
III.2.1 Inspection de routine périodique.....	31
III.2.2 Généralités.....	31
III.2.3 Vérifications extérieures.....	31
III.2.4 Turbine et équipements auxiliaires.....	31
III.2.5 Alternateur.....	31
III.2.6 Armoires de commande.....	32
III.2.7 Inspection intermédiaire.....	32
III.3.1 Remplacement des pièces suivantes.....	32

III.3.2 Turbine et accessoires.....	32
III.3.3 Alternateur et accouplement.....	33
III.3.4 Armoires de commande.....	33
III.3.5 Essai.....	33
III.3.6 Inspection Majeure.....	33
III.4 Eléments standard révisés systématiquement lors de l'inspection majeure.....	34
III.4.1 Opérations d'ordre général .....	34
III.4.2 Entretien incombant à l'opérateur.....	34
III.4.2.1 Remplissage d'huile de lubrification.....	34
III.4.2.2 Remplacement du filtre d'huile de lubrification.....	35
III.4.3 Nettoyage du filtre air de combustion .....	35
III.4.4 Changement des filtres air de ventilation .....	35
III.4.4.1 Changement du filtre à gaz.....	35
III.4.4.2 Changement du filtre de carburant liquide à basse .....	36
III.4.5 Nettoyage du refroidisseur à air de l'huile de lubrification.....	36
III.4.6 Filtre électrostatique.....	36
III.4.7 Surveillance du système d'air comprimé pour instruments.....	36
III.4.8 Nettoyage du compresseur.....	37
III.4.9 Evaluation des performances.....	37
III.5.1 Méthodes de lavage.....	38
III.5.2 Lavage à température ambiante normale.....	38
III.5.3. Lavage à température ambiante basse.....	38
III.5.4 Lavage du compresseur en mode lancement ( crank ) .....	38
III.5.5 Préparation pour lavage en mode lancement.....	38
III.5.6 Procédure de lavage au solvant.....	39
III.5.7 Procédure de rinçage du solvant.....	39
III.5.8 Préparation de la turbine pour le démarrage après le lavage.....	39
III.5.9 Lavage du compresseur en ligne.....	40
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>41</b>
<b>Référence .....</b>	<b>42</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>43</b>

## Liste des figures

Figure I-1: système de contrôle –commade.....	4
Figure I -2:turbine.....	4
Figure I -3: pachaze turbine.....	8
Figure I -4:tableaux et armoires.....	8
Figure I -5:le system de contrôle comonde.....	9
Figure I -6: les elements du tableau de distribution 400vac.....	10
Figure I -7: la partie superieure de l' armoire de distribution 400vac.....	11
Figure I -8:les element du tableau auxlaire.....	11
Figure I -9: le modul toit.....	12
Figure I -10: le modul carburant liquide.....	12
Figure I -11: le module gaz.....	13
Figure I -12: le module turbine.....	13
Figure I -13: le module temperateur .....	14
Figure I -14: le module huile.....	15
Figure I -15: le module chassis.....	15
Figure I -16: l' armoire de la 230 vac contien.....	16
Figure I -17: l' armoire variateur de fréquence contient.....	16
Figure I -18: l' armoire variateur de grequence contient .....	17
Figure I -19: les elements du tableau de commande.....	17
Figure I -20: l' armoire de commande contient.....	17
Figure I -21: vue d'ensemble alternateur regulateur.....	19
Figure I -22: shema de principe de l' alterateur.....	20
Figure I -23 : synchronisation de la tension pendant le demarrge.....	21
Figure II -1: Le méthode de maintenance.....	23
Figure II -2 : maintenance préventive conditionnelle.....	24
Figure II -3 : maintenance préventive prévisionnelle .....	24

## List des tableaux

Tableaux III-1 :période d'inspection et d'entretien.....	<b>30</b>
--	-----------

# Introduction générale

## *Intoduction générale*

---

La vie moderne est basée sur plusieurs structures d'existence obligatoire telle que l'urbanisme, l'industrie, l'agriculture, l'administration et autres mais tous sont aliment par l'énergie électrique.

Donc depuis un demi-siècle la technologie à l'échelle universelle à progressiste par le biais de courant électrique.

La ville d'El-Menia épuise son énergie via le complexe de production d'énergie électrique situé à 6Km à l'est de la ville, Il appartient à la société (SKTM) Sharikat Kahraba wa Takat Moutajadida. Spa, c'est une société de production d'électricité, crée le 07 avril 2013, par scission de la société SPE. Spa, sont siège social est basé à Ghardaïa.

La centrale est fondée en 1983 avec quatre groupes du constructeur FUJI de puissance 2MW par groupe. En 1991, il y a une extension par six groupes du constructeur CMI de 12000KW avec tous les équipements nécessaires pour une centrale isolé. En 2006 la puissance c'est favorisée par deux groupes mobiles du constructeur IMM de 2000kw chaque un, après le Park à la subit quatre groupes GE de 2500KW chaque un et dans le futur proche ce Park s'enforcira par un groupe de 2000KW pour améliorer la production qui resta toujours insuffisante durant la saison de pointe (l'été). Et finalement, installation d'une nouvelle centrale turbine à gaz a coté de l'ancienne centrale diesel, le but de l'installation est de produire de l'électricité à l'aide de turbo-alternateur et pour fonction la production électrique de la ville d'El-Menia d'une manière sûre et pérenne.

La nouvelle centrale contient 05 groupes turbo-alternateur, avec la puissance total **40MW** [03×10MW et 02×05MW].

Dans ce rapport de stage on présentés le principe de fonctionnement d'une turbine à gaz du constructeur TURBOMACH A Caterpillar Company.

Ce travail est organise comme suite :

Chapitre01 présentation de la turbine à gaz et ses auxiliaires : Turbo-alternateur, la turbine de puissance

Chapitre02 maintenance générale : Maintenance corrective, Maintenance préventive

Chapitre03 maintenance associé à la turbine à gaz turbomach

Enfin on a terminer ce travail.

***Chapitre I :***

***Présentation de la***

***turbine à gaz et ses***

***auxiliaires***

## I-1 Turbo-alternateur

Les éléments principaux d'un turbogénérateur :

- La turbine, alimentée par un combustible gazeux ou bien liquide
- Le réducteur comme lien entre la turbine et l'alternateur
- L'alternateur
- Le système de contrôle-commande

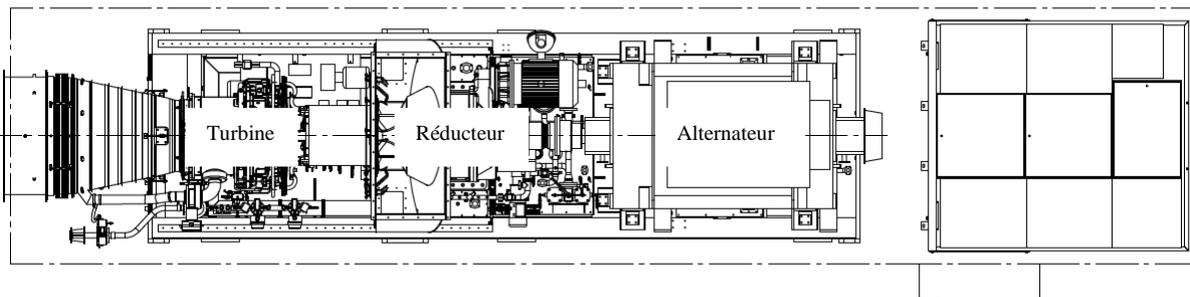


Figure I-1: Système de contrôle-commande

### I.1.1 La turbine :

Type de turbine

- Mono arbre
- Compresseur axial

- 1) Entrée d'air comburant
- 2) Compresseur Axial
- 3) Chambre de combustion
- 4) Turbine
- 5) Diffuseur d'échappement

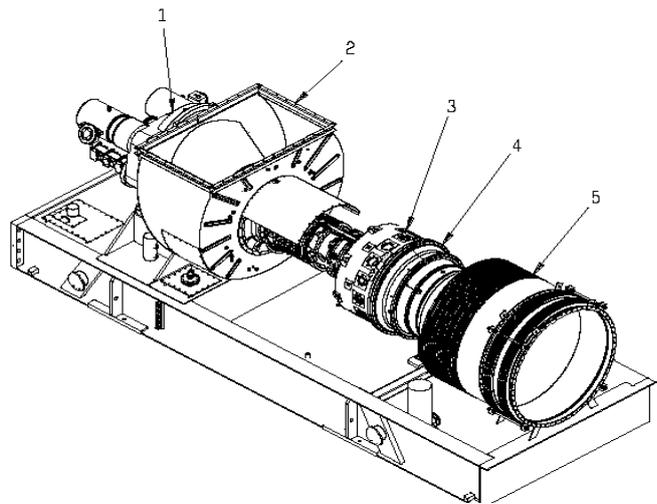


Figure I-2 : la turbine

Les principaux composants de la turbine sont le collecteur d'air d'entrée, le système de démarrage, le compresseur multi-étage à débit axial avec des rangées statoriques à géométrie variable, l'anneau de combustion équipé des injecteurs, la turbine et le collecteur d'échappement.

**I.1.2 Le compresseur :**

Le compresseur, où est comprimé (augmentation de pression) l'air entrant. Le compresseur comprime l'air en l'accéléralant et en le décélérant successivement, la pression et la vitesse de l'air étant inversement proportionnels. Cette compression se fait pratiquement sans perte de chaleur. L'air aspiré rencontre une première rangée d'ailettes mobiles (du stator) ce qui lui donne de la vitesse. L'air rencontre à cette vitesse une rangée d'ailettes fixes (du rotor), dont la géométrie est telle qu'il ralentit et donc se comprime. On atteint la pression désirée en plaçant plusieurs rangées d'ailettes (étages) l'une derrière l'autre.

Deux types de compresseurs sont utilisés : radial et axial.

Les turbines à gaz SOLAR sont équipées du compresseur axial qui est utilisé pour des hauts débits (30-300 Nm<sup>3</sup>/s).

Le rapport des pressions ( $P_{out} / P_{in}$ ) pour un étage se situe aux alentours de 1,25. Le nombre d'étages est limité pour des raisons mécaniques et de fabrication (vibrations de l'arbre,...).

**I.1.3 La chambre de combustion :**

La chambre de combustion, où se mélangent air et combustible, la combustion augmente la température et le volume des gaz, à pression constante, la forme de la chambre de combustion est du type annulaire.

- Rapport stoechiométrique air/carburant ~17.
- Rapport effectif air/carburant ~50

L'air supplémentaire nécessaire pour refroidir les gaz de combustion et le corps de la turbine. À cause de la très haute température de combustion (~2000 °C), la température des gaz est réduite par l'air du compresseur (air de dilution) afin d'obtenir une température admissible pour les parties métalliques (aubes turbine et chambre de combustion) 800-1200°C.

**I.1.4 La turbine de puissance :**

La turbine de puissance, qui transforme une partie de l'énergie cinétique accumulée par les gaz d'échappement en énergie mécanique, transmise à l'alternateur et en partie au compresseur. A travers des étages de la turbine de puissance, les gaz de la combustion accélèrent et la pression diminue.

Dans la turbine, l'énergie potentielle des gaz est transformée en énergie mécanique. Le total de la force aérodynamique travaillant sur les ailettes du rotor se transfère à l'arbre du rotor, qui tournera à la vitesse  $\Omega$ .

### **I.1.5 Le réducteur :**

La fonction principale du réducteur est de réduire la vitesse de la turbine (11197 rpm // 15143 rpm) à celle du générateur (1500 rpm pour 50 Hz).

Le réducteur est aussi équipé de trois connexions auxiliaires dont on utilise deux pour les moteurs électriques de démarrage (un seul pour T70) et la troisième pour la pompe mécanique de lubrification (pompe principale).

Deux transducteurs de vitesse sont aussi montés sur le réducteur avec fonction de contrôle et de sécurité (survitesse). Sur les turbines à un arbre, le réducteur est monté par bride au châssis du compresseur côté entrée d'air. Sur les turbines à deux arbres le réducteur est monté par bride à l'alternateur côté entraîné. L'unité est de type épicycloïdal en étoile, à deux étages.

Le réducteur est capable de supporter temporairement des surcharges allant jusqu'à huit fois le couple nominal. La lubrification du réducteur s'effectue par le circuit principal d'huile de lubrification de la turbine.

### **I.1.6 L'Alternateur :**

L'alternateur transforme la puissance mécanique de la turbine en puissance électrique.

- L'arbre de l'alternateur est couplé à l'arbre de basse vitesse du réducteur (1500 tour/min).
- C'est une machine du type brushless, donc sans balais; elle est constituée d'un stator, d'un rotor (roue polaire, redresseur et induit de l'excitateur) et d'un inducteur de l'excitateur.
- Il est refroidi à l'air par un ventilateur monté sur l'axe du rotor.

L'alternateur est installé et boulonné à des supports surélevés sur le châssis de base. L'arbre de l'alternateur est couplé à l'arbre basse vitesse du réducteur.

Le régulateur de tension, les appareils de mesure et les autres équipements nécessaires pour commander l'alternateur sont installés dans les armoires de contrôle. L'alternateur est conçu pour la marche en îloté ou couplé au réseau.

### I.1.7 Donnée technique de l'alternateur :

Constructeur : LEROY SOMER

Type : MS (04 pôles)

Puissance nominale : 5MW et 10MW

Fréquence : 50HZ

Tension : 11000VAC

Vitesse : 1500tr/min

### I.1.8 Fréquence d'un alternateur synchrone:

Dans un alternateur synchrone, la vitesse du rotor (ou la fréquence du champ magnétique tournant générée par la roue polaire) et la fréquence de la tension générée sur le bobinage statorique ont un rapport constant. La relation entre la fréquence  $f$  [Hz], le nombre  $n$  de tours par minute du rotor et le nombre de pôles  $p$  est de :

$$F = n \times p / 120$$

Pendant le fonctionnement du groupe turbogénérateur, il faut connaître un certain nombre de paramètres, par exemple : la valeur du courant de l'alternateur et de l'excitation, la tension de l'alternateur, la température de la turbine, etc. mais aussi de piloter des organes tel que les IGV (Inlet Guide Vanes; en français: aubes d'entrée), l'enclenchement des ventilateurs, etc.

De même afin d'assurer la sécurité du matériel et du personnel on surveille de nombreux paramètres, comme les vibrations, la concentration du gaz, la température du caisson, etc. Pour ce faire, depuis le caisson ainsi que depuis certains équipements auxiliaires, des capteurs assurent le retour des informations vers le régulateur de contrôle de la turbine. Par exemple, les capteurs de vibration, les sondes de température, le retour de position, etc. envoient des ordres numériques ou analogiques pour commander les vannes carburant gaz, l'enclenchement des ventilateurs, etc.

L'interface entre les éléments mécaniques et le contrôle commande, est assuré par les contacteurs, les convertisseurs, les moteurs, etc.

Tout ce matériel est disposé soit directement sur les équipements soit dans des armoires électriques.

### I.1.9 Le package turbine :

➤ Composants principaux :

- Le compresseur
- La chambre de combustion

➤ Circuits principaux :

- Système lubrification
- Circuit gaz
- Circuit diesel
- Air comprimé

- La turbine à gaz
- Le réducteur
- Le générateur

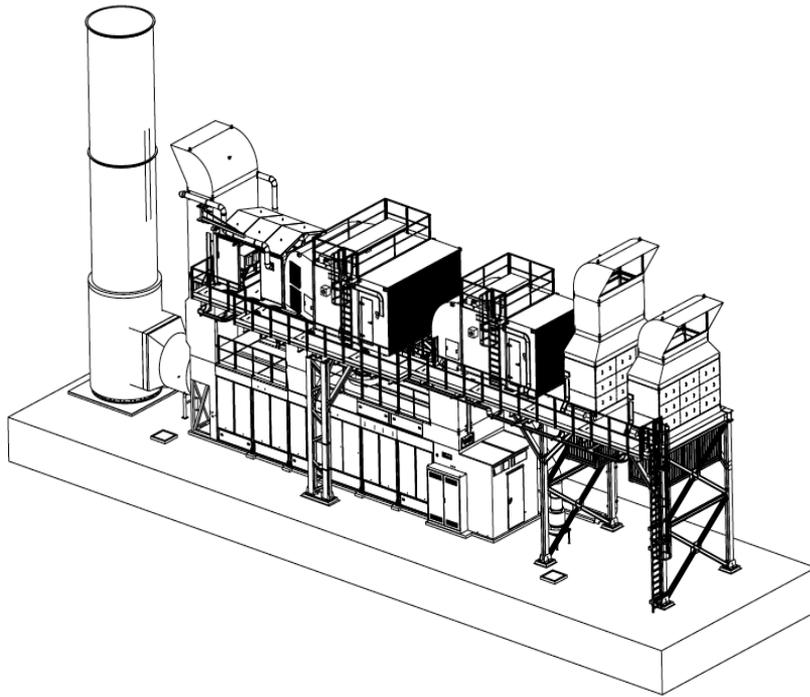


Figure I-3 : package turbine

### I.2.1 : Tableaux et armoires :

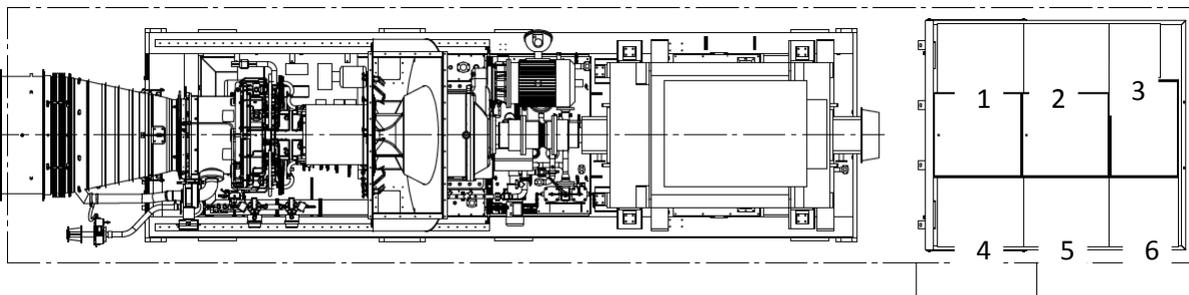


Figure I. 4 : Tableaux et armoires

### I.2.2: Le système de contrôle-commande

Le système de contrôle-commande se compose des tableaux et armoires suivantes

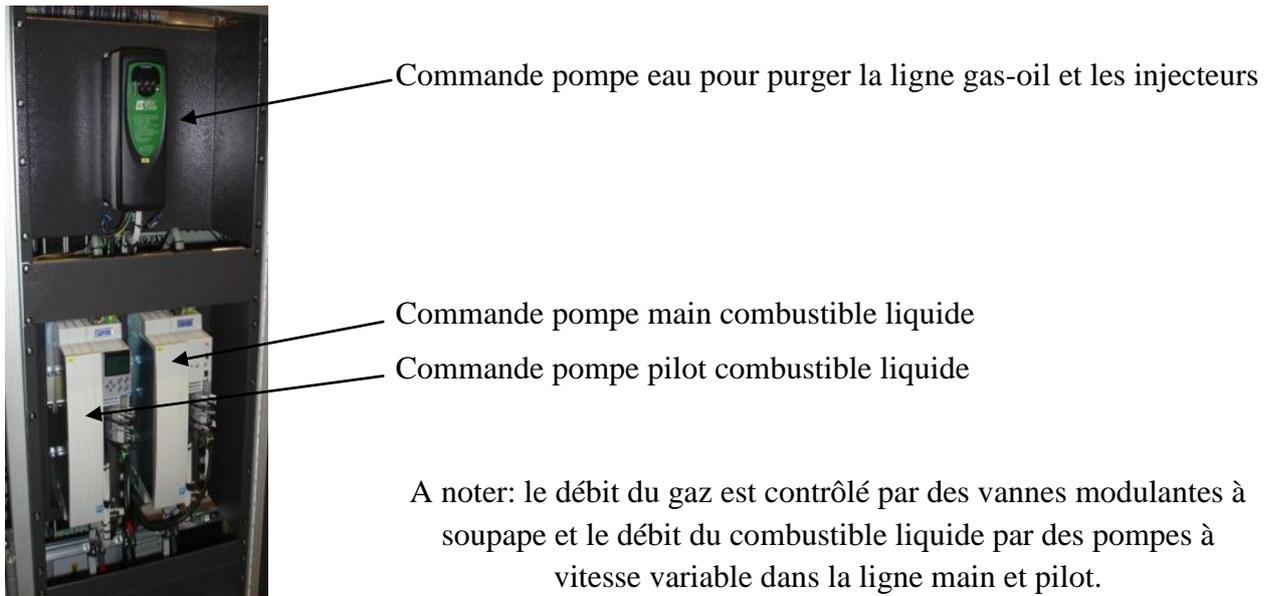
- 1- Le tableau distribution 400 VAC avec son armoire
- 2- L'armoire distribution 230 VAC et démarrage

- 3- L'armoire variateur de fréquence
- 4- Le tableau distribution 400 VAC avec son armoire
- 5- L'armoire distribution 230 VAC et démarrage
- 6- L'armoire variateur de fréquence



Figure I. 5 : Le système de contrôle-commande

### I.2.3 Les éléments du tableau de distribution 400 VAC :



**Figure I. 6 :** Les éléments du tableau de distribution 400 VAC :

### I.2.4 L'armoire de distribution 400 VAC contient

- ✓ L'arrivée des 400 VAC redondant, venant du tableau 400 V TAG
- ✓ La distribution interne des 400 VAC
- ✓ L'alimentation des VDF (variateur de fréquence) des pompes combustibles liquide
- ✓ Les contacteurs des chauffages d'huile et du caisson
- ✓ Les contacteurs des transformateurs 230 VAC
- ✓ Les contacteurs des différentes pompes (pompe de secours 24 VDC inclus)
- ✓ Les contacteurs des différents ventilateurs
- ✓ Les contacteurs du système de refroidissement
- ✓ L'interrupteur et le contacteur du circuit de la pompe de secours
- ✓ Un module BECKHOFF pour faire l'interfaçage entre les informations (par exemple: surveillance des contacteurs des moteurs) et des ordres donnés (par exemple: chauffage d'huile, ventilateur) par commande numérique.



Figure I. 7 : la partie supérieure de l'armoire de distribution 400 VAC

### I.2.5 Les éléments du tableau auxiliaire

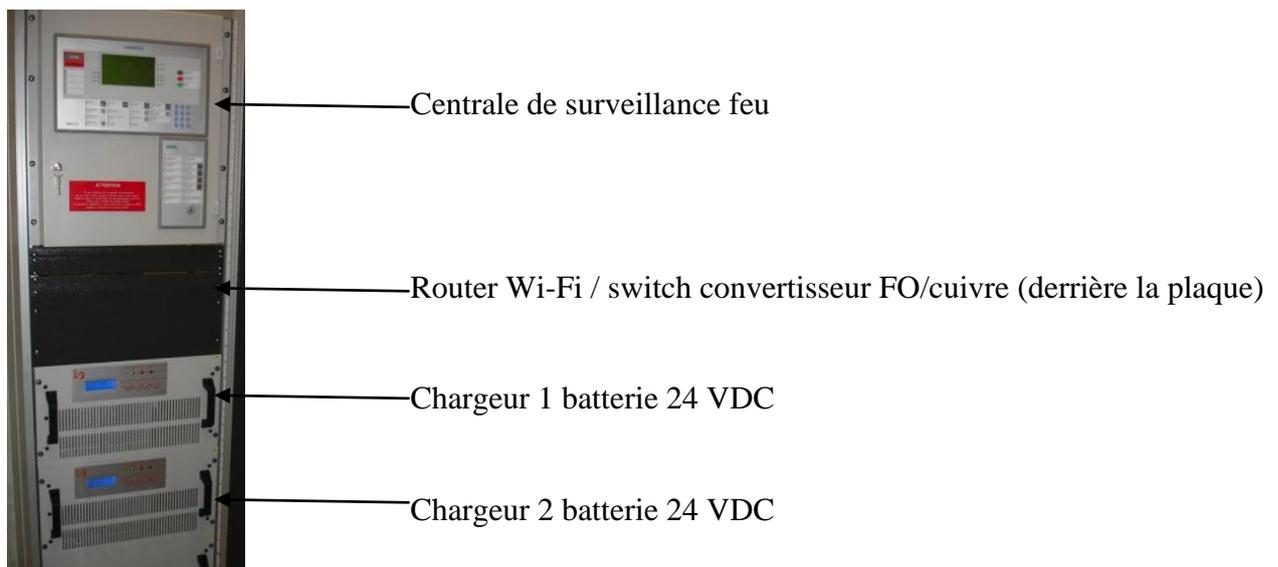
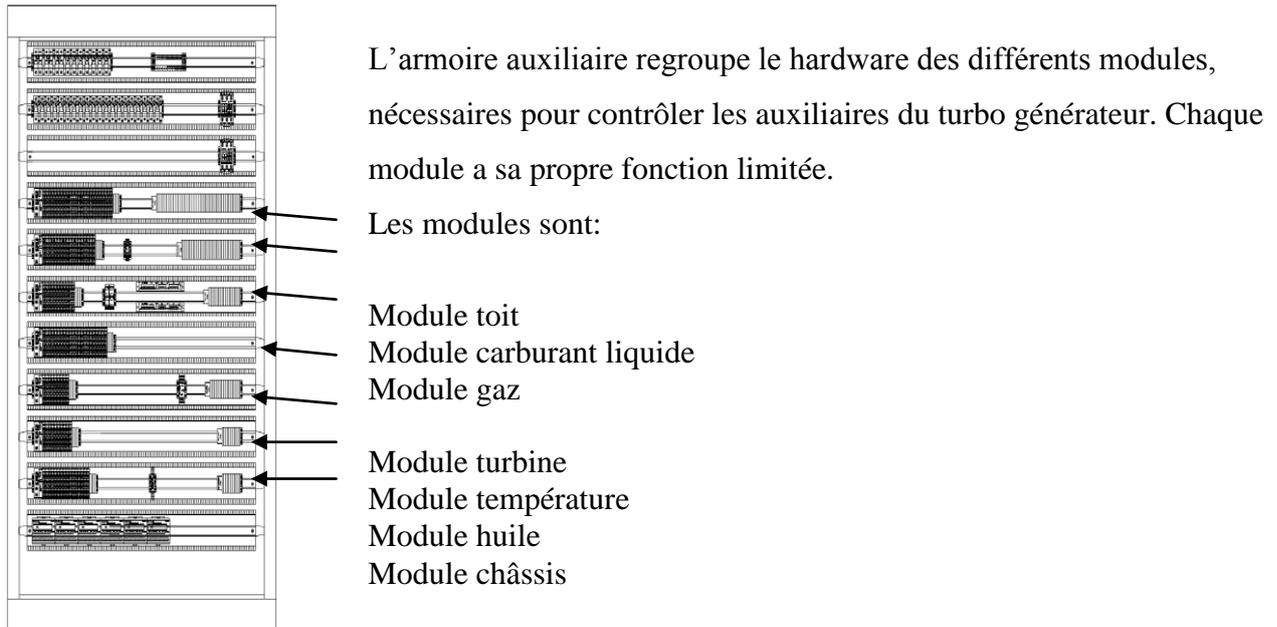


Figure I. 8 Les éléments du tableau auxiliaire :

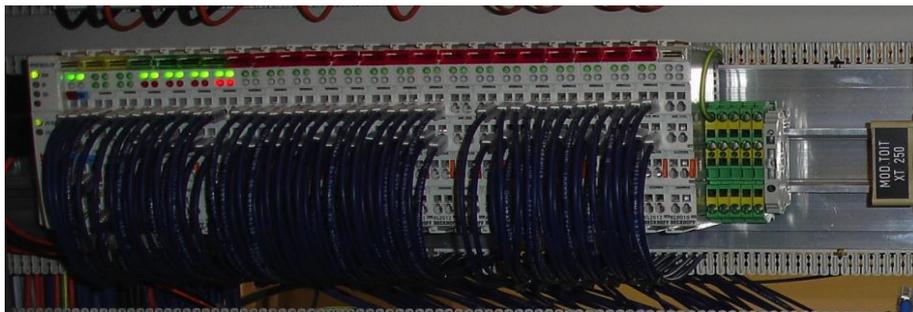


**Figure I. 9** Les éléments du tableau auxiliaire :

### I.2.6 L'armoire auxiliaire: composition des modules de contrôle

Les organes de chaque module du turbogénérateur sont contrôlé par un arrangement des modules entrées/sorties, formant un nœud "remote I/O" (E/S déportées) du contrôle numérique. Chaque module consiste d'une interface et des terminaux I/O (entrée/sortie) pour obtenir le type et le nombre des entrées/ sorties nécessaire pour la fonction, en plus des borniers pour le branchement des conducteurs appropriés.

### I.2.7 : Le module toit



**Figure I. 10** : Le module toit

Les fonctions du module toit sont:

- La filtration de l'air comburant
- La filtration de l'air pour le caisson
- Le nettoyage des filtres
- La mesure de la pression et de la température de l'air comburant

### I.2.8 : Le module carburant liquide

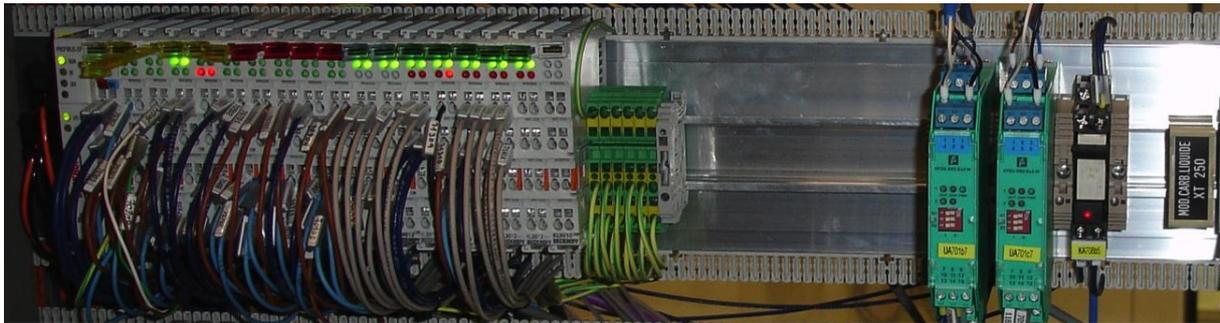


Figure I.11 : Le module carburant liquide

Les fonctions du module carburant liquide sont:

- La filtration du carburant
- Le contrôle de la pompe principale et pilote carburant liquide par variateurs de fréquence
- Le contrôle de la pompe à eau (nettoyage de la ligne carburant liquide) par variateur de fréquence
- La surveillance du bac de rétention et la vidange du réservoir de drainage
- La mesure du débit du carburant liquide, la pression et la température

### I.2.9 Le module gaz :

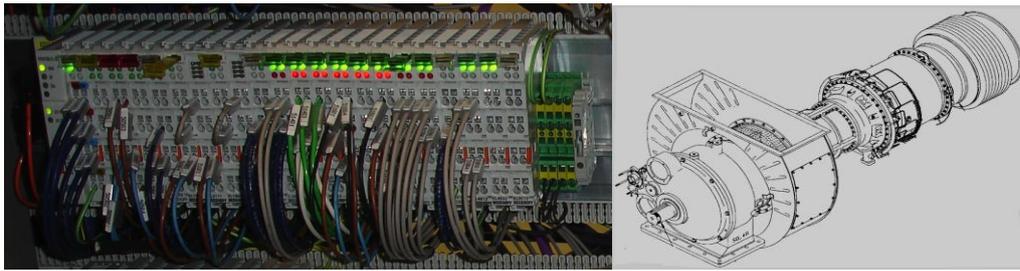


Figure I.12 : Le module gaz

Les fonctions du module gaz sont:

- Le contrôle des vannes gaz principal et pilote
- La surveillance du filtre gaz
- La mesure du débit et de la température du gaz
- La mesure de la pression du gaz des conduites principal et pilote

### I.3.1 Le module turbine:



**Figure I.13** : Le module turbine

La fonction du module turbine est:

Les fonctions du module turbine sont:

- Le contrôle des différentes vannes de la turbine comme by-pass, lavage compresseur,
- Le contrôle des IGV (aubes d'entrée)
- La mesure de la vitesse de la turbine
- La mesure des différentes températures comme air d'entrée, paliers, gaz d'échappement
- La mesure de la pression d'air entrée – sortie du compresseur

### I.3.2 Le module température :

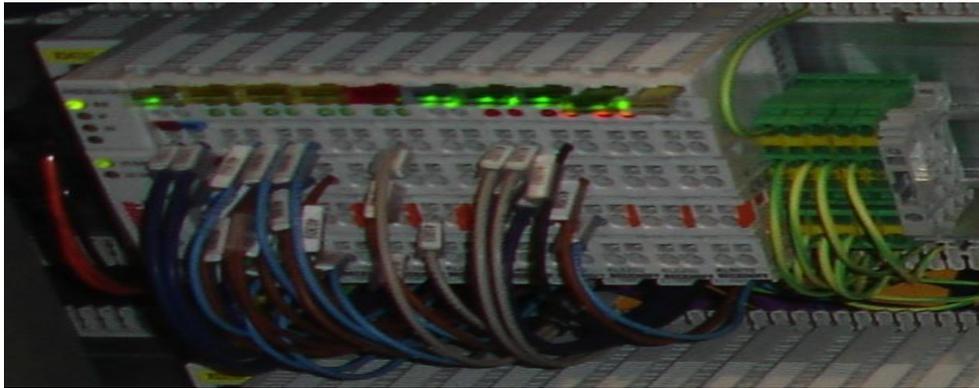


**Figure I.14** Le module température :

La fonction du module température est:

- La mesure de la température de la turbine par éléments thermocouple; entre deuxième et troisième étage. La compensation nécessaire pour la mesure de la température venant des thermocouples est intégrée dans les terminaux entrée/sortie BECKHOFF (à gauche).

### I.3.3 Le module huile :



**Figure I.15** Le module huile

Les fonctions du module huile sont:

- Le contrôle de la vanne de régulation de la pression d'huile
- La surveillance de la pression de la pompe de secours
- La surveillance du niveau, de la pression et de la température d'huile du réservoir
- La surveillance des filtres à huile
- La mesure de la pression et de la température d'huile

### I.3.4 Le module châssis :



**Figure I.16** : Le module huile

Les fonctions du module châssis sont:

- La mesure des vibrations de la turbine, du réducteur et de l'alternateur
- La mesure du courant de l'excitation de l'alternateur
- La mesure de la température du caisson et de la pression atmosphérique
- La mesure de la température des paliers et des enroulements de l'alternateur

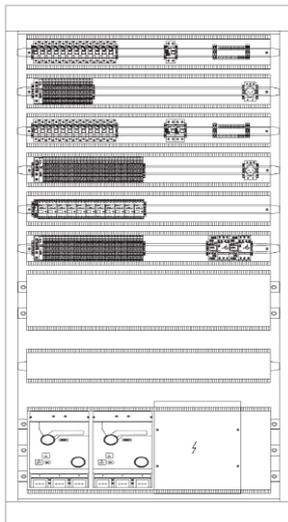
### I.3.5 L'armoire variateur de fréquence contient:

Le variateur de fréquence pour le moteur de démarrage (puissance pour T70: 125 ch). Le turbogénérateur T70 (5 MW) est équipé avec un moteur de démarrage; le T130 (10 MW) possède de deux moteurs.



figure I.17 : L'armoire variateur de fréquence contient

### 1.3.6 L'armoire de la distribution 230 VAC contient:



- Le circuit de commande système démarrage
- La distribution interne des 230 VAC
- Le module de démarrage
- Le module auxiliaire des installations
- Le module interface

Figure I.18 : L'armoire de la distribution 230 VAC contient



### I.3.7 L'armoire des batteries 24 VDC contient:



Un total de 21 cellules de batteries avec une capacité de 300 Ah. Les chargeurs se trouvent dans le tableau auxiliaire. Pour raison de fiabilité, il y a 2 (deux) chargeurs de batterie (installés dans le tableau auxiliaire). A noter: il s'agit de cellules de type Ni-Cd (nickel-cadmium) de 1,2 VDC de tension nominale par cellule. Les cellules sont branchées en série. Le choix de 21 cellules s'explique par la forme de la courbe de décharge : à la fin de la décharge la tension tombe à 1,15 V par cellule. Multiplié par 21 on obtient donc une tension de 24,15 V.

Figure I.19 : L'armoire de la distribution 230 VAC contient

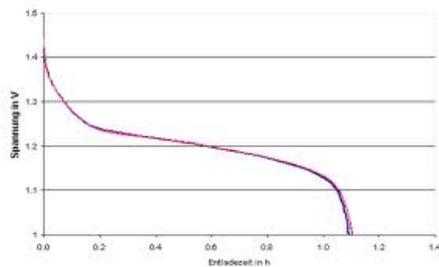


Image à gauche:

Courbe de décharge pour une décharge complète pendant une heure

### I.3.8 Les éléments du tableau de commande :



- La mesure de l'énergie aux bornes de l'alternateur (image 1; à gauche)
- Les synchroniseurs (image 1; milieu et à droite)
- L'écran de visualisation HMI (image 2)
- Les composants de commandes manuelles (images 3 + 4)
- Le tiroir avec le clavier du PC HMI (image 5)
- Les appareils de protection de l'alternateur (image 6)
- Les appareils de régulation de l'alternateur (image 7)

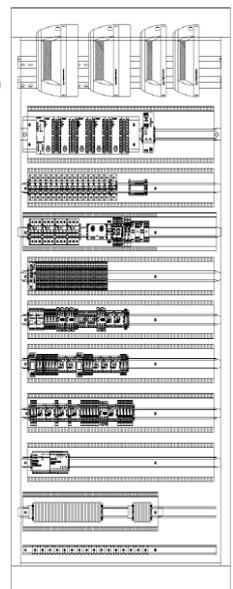


Figure I.20 : L'armoire de commande contient:

- Le PC industriel (en redondance) avec logiciel d'automate programmable, formant un Soft-PLC pour les fonctions non critiques de sécurité
- Le PC industriel en redondance avec le logiciel pour la visualisation (HMI)

- L'automate programmable de haute sécurité pour les fonctions relevant de la sécurité (SIL3)
- Le convertisseur cuivre/fibre optique du bus de communication PROFIBUS du Soft-PLC

## **I.4 Régulation électrique du turbogénérateur**

### **I.4.1 Principe de régulation de l'alternateur :**

Sur le turbogénérateur seules la fréquence et la tension sont régulées. Avant de raccorder l'alternateur au réseau il faut procéder à la synchronisation, c'est-à-dire faire correspondre les phases de l'alternateur à celles du réseau. Le courant n'est pas à régulé, la puissance s'établit en faisant varier l'excitation pour répondre à la charge des consommateurs branchés à la sortie de l'alternateur ( $I = P / U$ ). L'alternateur est protégé des surcharges par plusieurs circuits de protection.

### **I.4.2 Régulation de la fréquence :**

L'alternateur du turbogénérateur est du type synchrone. Entre la turbine qui tourne à haute vitesse (TAG de 5 MW tourne à environ 15000 tours/min et celle de 10 MW à environ 11000 tours/min) et l'alternateur, est placé un réducteur à rapport fixe qui réduit la vitesse de l'alternateur. L'alternateur est à 4 pôles, donc sa vitesse est de 1500 tours par minute pour obtenir la fréquence de 50 Hertz:

$$F = n [\text{tours/min}] \times p [\text{no pôles}] / 120$$

### **I.4.3 Régulation de la tension :**

La tension de l'alternateur est régulé par un régulateur automatique du type R630 de LEROY SOMER, soit le même fabricant que l'alternateur. Le régulateur mesure la tension de l'alternateur et le courant pour calculer le  $\cos \varphi$ . Selon la tension mesurée, il commande l'excitation de l'alternateur.

### **I.4.4 Synchronisation :**

Avant de fermer le disjoncteur de puissance dans le tableau MT (moyenne tension), la fréquence, la tension et la synchronisation doivent être ajustés. Dans le tableau de commande du turbogénérateur il y a le synchroniseur WOODWARD qui compare la fréquence, la tension et l'angle de phase de l'alternateur par rapport à ceux de référence (barre, réseau) et gère les signaux de régulation.

L'ajustage de la fréquence (vitesse turbine) s'effectue au moyen d'un signal analogique envoyé au système de régulation.

Dès que le synchroniseur détecte la conformité de la tension, de la fréquence et des phases, il envoie la commande de fermeture du disjoncteur de puissance. Le décalage des phases acceptable est une fenêtre de  $\pm 5^\circ$ , la tension et la fréquence doivent aussi être entre les limites prévues. Le système dispose de deux synchroniseurs, un synchroniseur est actif et l'autre reste en "cold stand-by", c'est-à-dire hors service. Un sélecteur installé sur la partie pivotante de l'armoire permet de sélectionner l'un des deux synchroniseurs, pendant que l'autre reste éteint.

### I.5.1 Vue d'ensemble alternateur / régulateur :

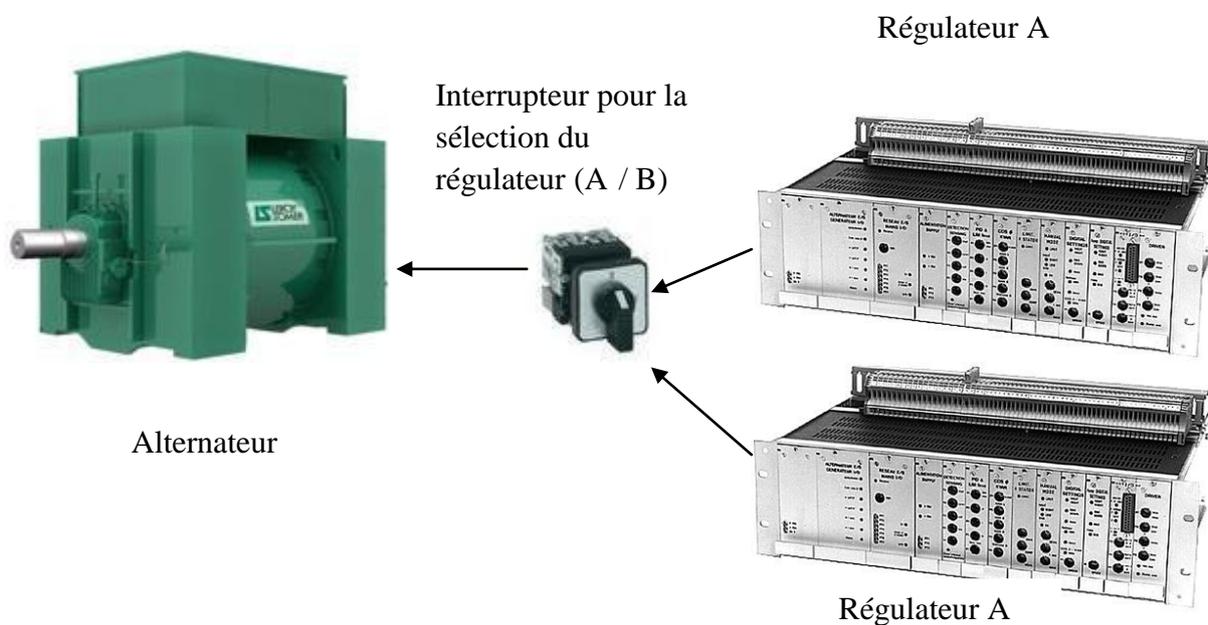
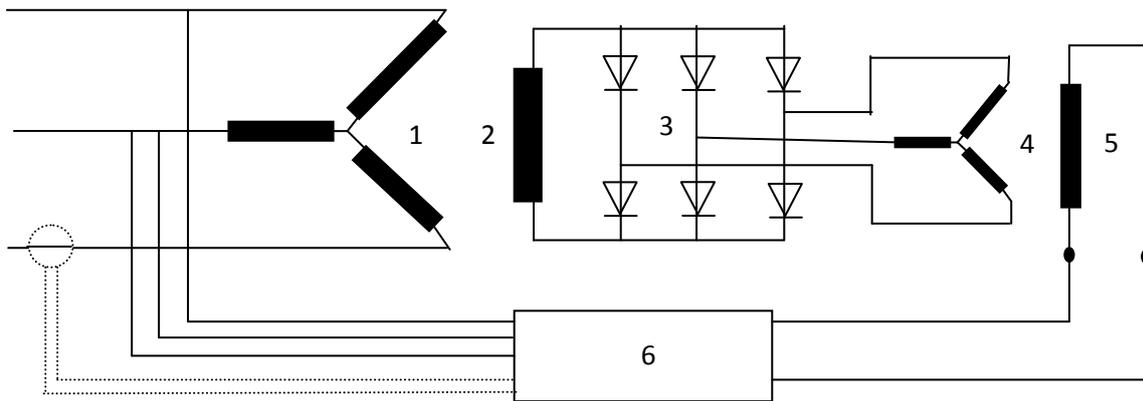


Figure I.21 : Vue d'ensemble alternateur / régulateur

Pour assurer un maximum de fiabilité, il y a deux (2) régulateurs installés dans le tableau de commande. La sélection du régulateur actif ce fait manuellement par un interrupteur dans le tableau de commande.

**I.5.2 : Schéma de principe de l'alternateur :**



**Figure I.22** : Schéma de principe de l'alternateur

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1) Stator              | 4) Induit de l'excitateur    |
| 2) Rue polaire (rotor) | 5) Inducteur de l'excitateur |
| 3) Pont redresseur     | 6) Régulateur                |

**I.5.3 Régulation de la tension :**

La tension à la sortie de l'alternateur dépend directement du courant d'excitation. Le régulateur alimente l'excitateur à partir de la tension mesurée pour obtenir la tension souhaitée. Cette régulation s'effectue automatiquement ou bien manuellement, dépendant de la position de l'interrupteur auto/man qui est installé sur le tableau de commande. Dans la position "manuelle" le courant de l'excitation peut être augmenté ou bien réduit par des poussoirs eux aussi installés sur le tableau de commande. En position "automatique", le courant d'excitation est ajusté par le régulateur. La position "automatique" est la position normale. Sur le tableau de commande il y a un deuxième interrupteur pour la régulation de l'alternateur, c'est celui de la tension. Comme pour l'excitation, cet interrupteur a deux position: "auto" et "man". Dans la position "manuelle" on peut augmenter/réduire la tension générée par des poussoirs +/- . La position "automatique" est la position normale. La mise au point de la tension de consigne fait partie de la mise en service.

I.5.4 Synchronisation de la tension pendant le démarrage :

Un générateur n'est jamais relié directement au réseau. Dans le tableau MT pour chaque alternateur il y a un disjoncteur individuel entre le jeu de barres et l'alternateur. Ce disjoncteur est ouvert si le turbogénérateur ne fournit pas d'énergie électrique. Pendant le démarrage du turbogénérateur le régulateur de tension mesure la tension du côté du jeu de barres et ajuste la tension à la sortie de l'alternateur à la même valeur. Le synchroniseur compare les deux tensions (celle du jeu de barres et celle de l'alternateur) et si la différence entre les tensions est dans les limites de la tolérance, il donne le feu vert pour fermer le disjoncteur. Avant que le disjoncteur ne puisse se fermer, la fréquence et la synchronisation des phases doivent être ajustés et dans les tolérances acceptables.

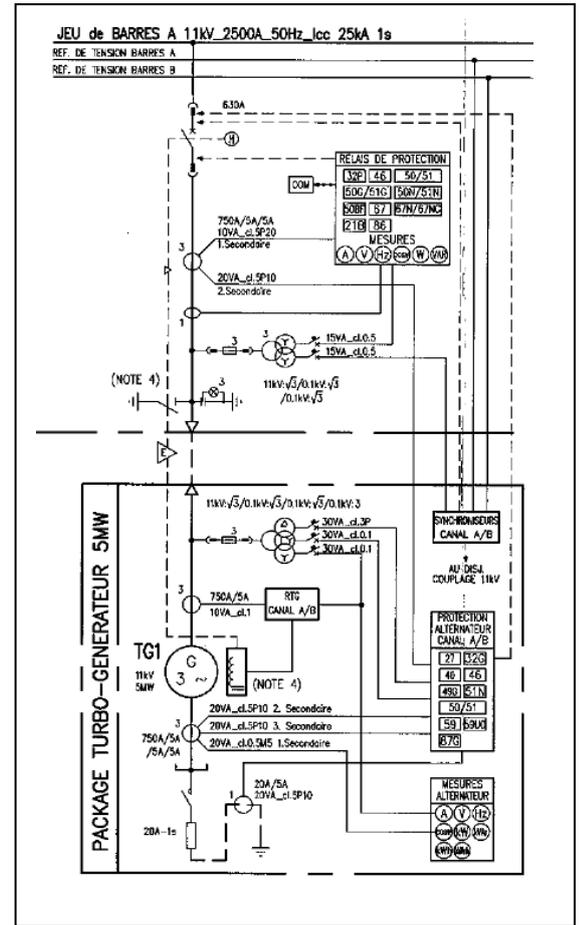


Figure I.23 Synchronisation de la tension pendant le démarrage

# Chapitre II :

## Maintenance générale

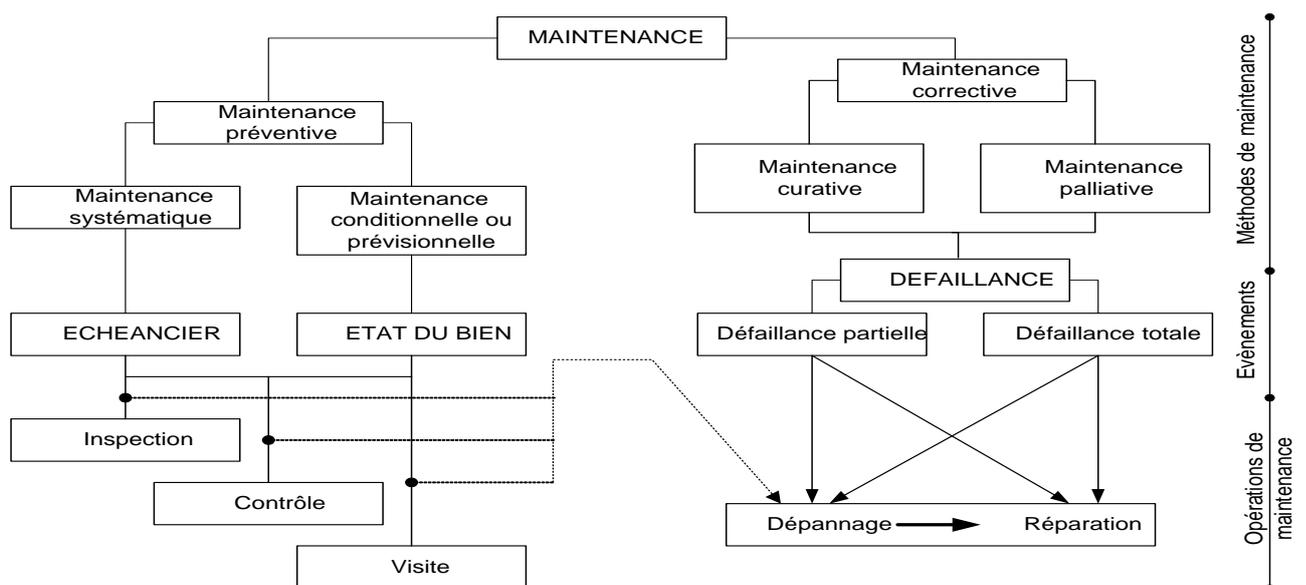
**II.1 Définition selon la norme NF-EN 13306 :**

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

**II.2 Terminologie :**

- **Stratégie de maintenance :** méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.
- **Management de la maintenance :** toutes les activités des instances de direction qui déterminent les objectifs, la stratégie et les responsabilités concernant la maintenance et qui les mettent en application par des moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle de la maintenance, l'amélioration des méthodes dans l'entreprise, y compris dans les aspects économiques.
- **Objectifs de maintenance :** buts fixés et acceptés pour les activités de maintenance. Ces buts peuvent comprendre par exemple la disponibilité, les coûts, la qualité du produit, la protection de l'environnement, la sécurité.
- **Logistique de maintenance :** ressources, services et moyens de gestion nécessaires à l'exécution de la maintenance. La logistique de maintenance peut inclure par exemple le *personnel*, les *équipements d'essai*, les *ateliers*, les *pièces de rechange*, la *documentation*, les *outils*, etc.

**II.3 Les méthodes :**



**Figure II.1 : Les méthodes de maintenance**

**II.4 La maintenance corrective :**

La Maintenance corrective c'est une maintenance exécutée après défaillance et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, défaillance : altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Il existe 2 formes de défaillance :

**Défaillance partielle :** altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

**Défaillance complète :** cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise

**II.5 La maintenance préventive :**

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien (EN 13306 : avril 2001).

**II.5.1 La maintenance préventive conditionnelle :**

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001).

**II.5.2 La maintenance préventive prévisionnelle :**

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien (EN 13306 : avril 2001).

Maintenance préventive conditionnelle	Maintenance préventive prévisionnelle
<b>DETECTION → DIAGNOSTIC → INTERVENTION</b>	<b>PREVISION → DIAGNOSTIC → INTERVENTION</b>
La détection d'un dépassement d'un seuil	La courbe d'évolution d'un défaut étant

<p>d'alarme affecté à l'évolution du paramètre étudié déclenche le diagnostic des causes de la défaillance. Les conclusions de ce diagnostic permettent de définir l'intervention de maintenance.</p>	<p>connue, il est possible d'en <b>extrapoler sa tendance pour prévoir la date de la défaillance</b>. A partir de cette prévision, il est planifié la date du diagnostic et du déclenchement de l'intervention de maintenance afin que cette dernière soit terminée avant que le niveau requis pour le paramètre étudié ne soit dépassé.</p>
---	--

Figure II.2 : Maintenance préventive conditionnelle

Figure II.3 : Maintenance préventive prévisionnelle

## II.6 Buts de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie des matériels
- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc diminuer la probabilité des défaillances en service → réduction des coûts de défaillance et amélioration de la disponibilité
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production.
- Réduire et régulariser la charge de travail.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc. et faciliter la gestion des stocks (consommations prévues)
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- Diminuer le budget de maintenance
- Supprimer les causes d'accidents graves par moins d'improvisations dangereuses

## II.7 – Les opérations de maintenance préventive :

**Les inspections :** contrôles de conformité réalisés en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien. En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance (EN 13306 : avril 2001). C'est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Pour la maintenance, cette activité peut s'exercer notamment au moyen de rondes. Ces activités d'inspection sont en général exécutées sans outillage spécifique et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

**Visites :** opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

**Contrôles :** vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

## **II.8 Autres opérations :**

### **– Révision :**

Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné.

Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les 2 cas, cette opération nécessite la dépose de différents sous-ensembles.

Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections.

Les 2 types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4ème niveau de maintenance (cf. paragraphe suivant).

### **- Les échanges standards :**

Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennement le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état.

## **II.9 – NIVEAUX DE MAINTENANCE :**

### **1<sup>er</sup> Niveau :**

Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien. Ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock de pièces consommables nécessaires est très faible..

**2<sup>ème</sup> Niveau :**

Actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple. Ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions.

On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

**3<sup>ème</sup> Niveau :**

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin..

**4<sup>ème</sup> Niveau :**

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé doté d'un outillage général

(moyens mécaniques, de câblage, de nettoyage, etc.) et éventuellement des bancs de mesure et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulières.

**5<sup>ème</sup> Niveau :**

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels.

Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

# Chapitre III :

Maintenance associé à la  
turbine à gaz turbomach

### III.1 Programme d'entretien

La turbine est exposée à des contraintes thermiques, mécaniques et vibratoires extrêmement élevées, engendrées par son fonctionnement. Pendant la durée de vie du moteur, le fonctionnement, les démarrages, le carburant, et les conditions ambiantes peuvent entraîner des altérations du système.

Pour maximiser la durée de vie, la puissance et le rendement, et pour assurer un fonctionnement sans danger, il est impératif de procéder à l'entretien comme l'indique le tableau ci-dessous.

NATURE DE L'INTERVENTION		Inspection de routine périodique	Inspection Intermédiaire	Inspection Majeure
MOIS	1	X		Toutes les 30 000 à 35'000 heures de fonctionnement
	2	X		
	3	X		
	4	X		
	5	X		
	6	X		
	7	X		
	8	X		
	9	X		
	10	X		
	11	X		
	12	X	X (5000 heures)	
DURÉE DE L'OPÉRATION		0 – 8 heures	5 + 7 jours	10 + 7 jours
TEMP D'IMMOBILISATION DE LA TURBINE		0 – 8 heures	5 jours	10 jours

Inspection de routine périodique	Cette intervention sera assurée par le CLIENT. Les operateurs du CLIENT seront formés par le personnel de TURBOMACH lors de la formation professionnelle comme décrit dans le Contrat EPC.
Inspection Intermédiaire	Cette intervention sera assurée par les techniciens de TURBOMACH ou, en accord avec TURBOMACH, par des techniciens d'entretien locaux.
Inspection Majeure	Cette intervention sera assurée par les techniciens de TURBOMACH ou, en accord avec TURBOMACH, par des techniciens d'entretien locaux.

**Tableau III-1 : période d'inspection et d'entretien**

Le temps nécessaire au refroidissement de la turbine, au lavage à l'eau du compresseur et autres opérations mineures ne figurent pas dans le programme ci-dessus.

Ce programme peut varier selon les différentes exigences de la clientèle, les diverses conditions ambiantes et de fonctionnement, et les contrats individuels d'entretien. Pour un complément d'informations, contacter le service après-vente de TURBOMACH.

## **III.2 Description des interventions d'entretien**

### **III.2.1 Inspection de routine périodique**

#### **III.2.2 Généralités**

- Constat visuel journalier de l'état de marche des Equipement Couverts,
- Enregistrer les données opérationnelles de la turbine indiquées par le système de commande
- Enregistrer les paramètres opérationnels du système sur site

#### **III.2.3 Vérifications extérieures**

- Vérifier l'absence de fuites sur les tuyauteries extérieures de carburant gazeux
- Vérifier l'absence de fuites sur les tuyauteries extérieures de carburant liquide
- Vérifier l'absence de fuites sur les tuyauteries extérieures à huile
- Vérifier l'absence de fuites sur les tuyauteries externes d'eau

#### **III.2.4 Turbine et équipements auxiliaires**

- Vérifier le niveau du réservoir d'huile de lubrification.
- Vérifier l'absence de fuites sur l'ensemble des tuyauteries intérieures.
- Vérifier l'absence de fuites d'air, d'huile, de gaz et de carburant liquide (si installé) sur le corps de la turbine.
- Vérifier le filtre de l'entrée d'air de combustion (conditionnement, nettoyage).
- Vérifier le filtre de l'entrée d'air de l'enceinte acoustique (conditionnement, nettoyage).
- Vérifier minutieusement l'ensemble du moteur, en s'assurant qu'il ne présente aucune condition de fonctionnement inhabituelle (décoloration, criques, frottement de câbles et de fils, température élevée dans le caisson, etc.)
- Ecouter le bruit émis et mentionner tout bruit inhabituel.
- Vérifier que les refroidisseurs d'huile de lubrification ne sont ni souillés ni endommagés, nettoyer si nécessaire.
- Vérifier que le filtre électrostatique de vapeur d'huile fonctionne correctement, aucune émission de vapeur ne doit apparaître à la sortie du filtre.

#### **III.2.5 Alternateur**

- Vérification du niveau d'huile de lubrification du palier, quand le générateur est en service.

- Vérifier la propreté générale.

### **III.2.6 Armoires de commande**

- Vérifier que les batteries de DC et les chargeurs fonctionnent correctement.
- Corriger les anomalies et dans la mesure où les conditions de fonctionnement le permettent, procéder à tout réglage ou réparation sur site afin de garantir un rendement et un fonctionnement normaux.

### **III.2.7 Inspection intermédiaire**

L'inspection intermédiaire comprend les mêmes opérations que celles de l'inspection de routine périodique, ainsi que les vérifications suivantes:

#### **III.3.1 Remplacement des pièces suivantes :**

- Cartouche filtre huile,
- Cartouche pour filtre d'huile principal,
- Vis pour injecteur T70,
- Joint pour injecteur T70,
- Joint trou d'inspection T70,
- Joint thermocouple,
- O-ring pour filtre,
- Courroie de transmission du filtre électrostatique
- Détecteur de fuite de gaz,
- O-ring pour filtre gaz principal,
- Cartouche pour filtre à gaz,
- O-ring pour filtre diesel en ligne pour T70,

#### **III.3.2 Turbine et accessoires**

- Vérifier l'ensemble des éléments électriques, ventilateurs, pompes, etc.
- Vérifier que les pompes à huile de lubrification fonctionnent correctement.
- Vérifier que l'indicateur de niveau du réservoir d'huile de lubrification fonctionne correctement.
- Vérifier la qualité de l'air des instruments.
- Vérifier électriquement l'ensemble des capteurs de vitesse de la turbine.
- Vérifier le fonctionnement de la vanne de décharge.
- Contrôler à l'endoscope le compresseur, la chambre de combustion et la turbine.
- Démontez et vérifiez les injecteurs et les éléments de la chambre de combustion.
- Contrôler à l'endoscope les dentures de réducteur.
- Vérifier et calibrer les jauges.
- Démontez, nettoyez et remontez les vannes d'arrêt de gaz principaux et secondaires.

- Vérifier que la vanne de réglage est solidement accouplée et fonctionne correctement.
- Vérifier les thermocouples de la température d'échappement, les remplacer si nécessaire.
- Vérifier les électrovannes.
- Vérifier les transmetteurs de pression et de température..

### **III.3.3 Alternateur et accouplement**

- Vérifier le serrage des connexions électriques.
- Vérifier l'excitateur.
- Vérifier les boulons de serrage sur la carcasse alternateur.
- Vérifier l'alignement entre la turbine et le réducteur.

### **III.3. 4 Armoires de commande**

- Vérifier les planches à bornes et les nettoyer (si nécessaire).
- Vérifier l'état des contacts et des fixations.
- Vérifier le bon fonctionnement du système de détection des gaz.
- Vérifier le bon fonctionnement du système de surveillance et d'extinction d'incendie.
- Vérifier le bon fonctionnement du contrôle de vitesse.
- Vérifier le bon fonctionnement du contrôle de la température T5.
- Vérifier le niveau du liquide des batteries DC.
- Vérifier l'ouverture et la fermeture du disjoncteur principal.
- Vérifier les séquences et le déroulement du programme de contrôle.
- Serrage de l'ensemble des connexions.

### **III.3. 5 Essai**

- Mesurer la régulation du carburant au démarrage.
- Enregistrer les laps de temps nécessaires pour atteindre l'état "prêt à la charge" et pour la synchronisation.
- Vérifier le fonctionnement de la limitation de puissance active (kW).
- Vérifier le fonctionnement de la limitation de température T5.
- Vérifier le fonctionnement du limiteur de la température d'échappement T7 (si installé).
- Vérifier le fonctionnement de la mesure des vibrations en charge et à vide.
- Protocole d'entretien.

### **III.3.6 Inspection Majeure**

- Identification des composantes à remplacer, retraiter et/ou réparer,
- Démontage et nettoyage des parties identifiées,
- Inspection dimensionnelle des parties démontées,
- Contrôles non-destructifs sur les parties nettoyées et réparées,

- Réparation et remplacement des composantes nécessaires,
- Remontage et équilibrage des parties tournantes.
- Données opérationnelles,

### **III.4 Eléments standard révisés systématiquement lors de l'inspection majeure**

Remplacement, réparation ou retraitement des éléments suivants:

- 1<sup>er</sup> étage turbine rotor,
- 2<sup>ème</sup> étage turbine rotor,
- 3<sup>ème</sup> étage turbine rotor,
- 1<sup>er</sup> étage turbine stator,
- 2<sup>ème</sup> étage turbine stator,
- 3<sup>ème</sup> étage turbine stator,
- Assemblage chambre interne,
- Joint réducteur de vitesse,
- Section compresseur,
- Corps machine,
- Composants de réducteur de vitesse.

#### **III.4.1 Opérations d'ordre général**

- Les paliers de l'alternateur,
- Nettoyer et lubrifier le rotor de l'alternateur,
- Remplacer ou réviser les moteurs AC auxiliaires,
- Remplacer les balais sur les moteurs DC,
- Remplacer les batteries, etc.

#### **III.4.2 Entretien incombant à l'opérateur**

##### **III.4.2.1 Remplissage d'huile de lubrification**

Pendant son fonctionnement, la turbine à gaz consomme une faible quantité d'huile de lubrification, du fait des fuites intervenant dans les labyrinthes internes, de la ventilation et des fuites externes.

Si l'on constate que le niveau du réservoir d'huile de lubrification est bas, ou si le système de commande affiche un message d'alarme, remplir le réservoir.

S'assurer que l'huile utilisée est identique à celle déjà contenue dans le réservoir (même fabricant, même qualité) et que sa propreté est conforme à la norme Solar.

Verser l'huile par l'orifice de remplissage. S'assurer que le filtre est en place. Pour le remplissage, utiliser une pompe externe appropriée, à main ou électrique, fournie par le client, puis remplir jusqu'au repère maximal.

#### **III.4.2.2 Remplacement du filtre d'huile de lubrification**

Les particules présentes dans le réservoir d'huile de lubrification sont filtrées par le filtre principal d'huile de lubrification (filtre simple ou duplex). Selon les conditions de fonctionnement, il peut arriver que la pression différentielle exercée sur une cartouche du filtre s'élève jusqu'au niveau d'alarme.

Le dispositif d'alarme du système de commande indique qu'il est nécessaire de basculer sur la deuxième cartouche (seulement en cas de filtre duplex).

#### **III.4.3 Nettoyage du filtre air de combustion**

La chute de pression à travers les cartouches est indiquée à l'écran: quand une perte de pression est excessive, il est nécessaire de nettoyer les filtres ou de les remplacer.

Dans les installations sans système de nettoyage à pulsations, il faut remplacer les cartouches. Dans les installations pourvues de système de nettoyage à pulsation on peut commencer le cycle de nettoyage de deux façons:

- automatiquement, lorsque la perte de pression atteint la limite, le cycle se répète en continuité jusque la mesure de pression différentielle redescende au-dessus.
- manuellement, en démarrnant le cycle de nettoyage à l'aide de la touche programmable correspondante sur l'écran du système de commande : seulement un cycle est exécuté.

Après 3 ou 4 cycles complets de nettoyage sans succès, il faut remplacer ces cartouches. Quand le filtre air de combustion est hautement encrassé, il est possible que le système de nettoyage par pulsation, si installé, ne parvienne pas à nettoyer les cartouches.

#### **III.4.4 Changement du filtre air de combustion**

La chute de pression à travers les cartouches est indiquée à l'écran: quand une perte de pression est excessive, il est nécessaire de nettoyer les filtres ou de les remplacer.

Quand que le filtre air de combustion est hautement encrassé, il est possible que le système de nettoyage par pulsation, si installé, ne parvienne pas à nettoyer les cartouches.

##### **III.4.4.1 Changement des filtres air de ventilation caisson**

Les filtres pour l'air de ventilation protègent les composants dans le caisson des impuretés de l'air. La détérioration des filtres dépend des conditions ambiantes.

Quand les cartouches du filtre sont encrassées, vous pouvez les changer quand les ventilateurs du caisson n'étant pas en marche (turbine arrêtée).

Une cartouche endommagée ou sévèrement encrassée doit être remplacée par une cartouche neuve.

#### **III.4.4.2 Changement du filtre à gaz**

Le filtre à gaz du groupe turboalternateur est une sécurité pour les équipements internes, comme les vannes d'arrêt, les vannes de contrôle du carburant, les injecteurs et la turbine.

D'habitude, le filtre à gaz de la centrale de régulation des gaz empêche la plupart des impuretés d'atteindre ce filtre.

Une cartouche de filtre à gaz encrassée entraîne une perte de pression du filtre et peut, dans certains cas, limiter la puissance délivrée par la turbine à gaz.

Si le système de commande détecte une pression différentielle élevée, un signal d'avertissement alerte l'opérateur. À l'arrêt complet de la turbine à gaz, fermer l'arrivée du gaz, purger le conduit qui mène au filtre à gaz et nettoyer ou remplacer la cartouche.

#### **III.4.4.3 Changement du filtre de carburant liquide à basse pression**

Le filtre nettoie le carburant liquide des impuretés du conduit d'alimentation. Selon la qualité du carburant, le filtre s'encrasse plus ou moins rapidement. Quand la pression différentielle d'une cartouche s'élève, un signal d'avertissement apparaîtra sur le système de commande. Dans ce cas, basculer sur la deuxième cartouche, et changer la cartouche encrassée.

#### **III.4.5 Nettoyage du refroidisseur à air de l'huile de lubrification**

Normalement, le refroidisseur de l'huile de lubrification ne nécessite aucun entretien en ce qui concerne la partie huile, mais en ce qui concerne la partie air il peut s'avérer nécessaire de nettoyer le refroidisseur pour prévenir une perte d'efficacité (avec la possibilité d'un arrêt d'urgence de la turbine à gaz à cause d'une température trop élevée de l'huile de lubrification).

Pour le nettoyage, utiliser de l'air comprimé pour enlever les impuretés depuis l'extérieur mais faites très attention de ne pas endommager la structure du radiateur.

#### **III.4.6 Filtre électrostatique**

Quand le filtre s'encrasse, un message d'avertissement s'affiche sur l'écran de l'armoire de contrôle. Il faudra procéder au nettoyage de tous les composants internes tel qu'il est indiqué dans le manuel d'installation et d'entretien.

Pendant la procédure de nettoyage les fils ionisant au tungstène devront être vérifiés, si un fil est cassé le remplacer. Contrôler aussi la courroie de transmission du filtre électrostatique. Ne pas nettoyer ce filtre quand la turbine à gaz est en marche

#### **III.4.7 Surveillance du système d'air comprimé pour instruments**

Inspections visuelles:

- Le filtre à air F0420 est équipé d'un séparateur d'eau de condensation et doit être contrôlé régulièrement et vidé si nécessaire.
- Il faut noter la valeur de consigne faite pendant la mise en service des régulateurs de pression à seuil manuel PC0401 et PC1529 et corriger s'ils ne sont pas comme il faut. PC0401 alimente d'air les actionneurs pneumatiques des volets du caisson. Si la consigne est ratée et la pression tombe, les volets ne peuvent plus s'ouvrir ou rester ouverts et la turbine peut avoir un arrêt d'urgence ou un faux démarrage

### **III.4.8 Nettoyage du compresseur**

Des particules d'huile, de sel ou d'autres impuretés qui passent au travers les filtres air, contaminent la turbine en adhérant aux aubes de stator et de rotor du compresseur. Le nettoyage du compresseur est nécessaire afin de maintenir les performances de la turbine.

Avant de procéder à ce nettoyage, essayer de déterminer la source de contamination et de l'éliminer, si possible. Une mauvaise filtration de l'air risque de laisser pénétrer dans l'entrée du compresseur de la poussière, du sable, ou de l'air chargé d'huile. La vapeur s'échappant de la mise à l'air du réservoir d'huile ou à proximité de l'échappement d'air du groupe est une source éventuelle d'air chargé d'huile. Le nettoyage d'un compresseur permet d'éviter différents symptômes:

- Impossibilité d'accélérer à plein régime
- Manque général d'accélération
- Pompage du compresseur
- Incapacité à développer l'intégralité de la puissance de sortie
- Manque de pression de sortie du compresseur
- Accroissement de la température de la turbine (T5).

### **III.4.9 Evaluation des performances**

En général, le nettoyage du compresseur doit être effectué lorsque la pression de décharge du compresseur a une baisse de 0,15 bar à vitesse et charge nominale ou lorsqu'il y a une réduction de la puissance de 3 à 5 pour cent par rapport aux performances de base ou par rapport aux valeurs relevées depuis le dernier nettoyage du compresseur. Les facteurs les plus importants dans l'évaluation des performances sont:

- La puissance de sortie de la turbine
- La température T5 et T7 de la turbine
- La température ambiante
- La pression de sortie du compresseur (PCD)

### **III.5.1 Méthodes de lavage**

Il existe deux méthodes de lavage à l'eau et au solvant: lavage a froid et en ligne (si installée):

- En mode lancement, a froid, la turbine tourne à la vitesse obtenue uniquement grâce au démarreur, les systèmes de carburant et d'allumage étant désactivés.
- En mode de nettoyage en ligne, la turbine fonctionne à n'importe quelle puissance, de la puissance à vide (sans charge) au plein régime et pleine charge.
- En général, le nettoyage a froid du compresseur est plus efficace en ce qui concerne l'élimination des dépôts sur les surfaces des aubes du compresseur. Le flux de déchets produit par la procédure de nettoyage est évacué par les orifices de vidange. Le nettoyage en ligne peut être utilisé entre les cycles de nettoyage a froid pour rallonger la durée entre chaque nettoyage en lancement et pour réduire le dépôt futur sur les profils d'aubes nettoyés.
- Le lavage peut être fait à température ambiante supérieure à 7°C ou à température ambiante basse entre +7°C et -30°C. Les deux méthodes requièrent une qualité d'eau conforme aux normes décrites dans les Spécifications concernant l'eau et les additifs.

### **III.5.2 Lavage à température ambiante normale**

Le nettoyage par eau à température ambiante normale s'utilise pour des températures au dessus de 7°C (44°F) pour enlever les contaminants solubles à l'eau tels que le sel, les produits chimiques, la poussière, ou d'autres substances huileuses ou cireuses sur les aubes.

### **III.5.3 Lavage à température ambiante basse**

Le lavage à température ambiante basse est effectué uniquement en mode lancement et est utilisé pour des températures allant de +7°C à -30°C (+44°F à -22°F), avec un mélange d'eau et d'une certaine quantité de parties par volume d'éthylène glycol. Se référer à l'agence TURBOMACH pour le type d'éthylène glycol recommandé et le nom du fabricant.

### **III.5.4 Lavage du compresseur en mode lancement (crank)**

Le nettoyage du compresseur en mode lancement est effectué lorsque le système de démarrage fait tourner le compresseur. La turbine doit être éteinte et doit avoir refroidi avant d'effectuer les procédures de préparation.

Pour obtenir un nettoyage plus efficace, il est possible d'ajouter des agents détergents à l'eau de lavage. La composition chimique de ce mélange doit respecter les conditions indiquées.

### **III.5.5 Préparation pour lavage en mode lancement**

Respecter la précaution ci-après

- Arrêter et laisser refroidir la turbine.

- Préparation aux tuyaux PCD.

### **III.5.6 Procédure de lavage au solvant**

Le nettoyage au solvant en mode lancement comporte deux cycles: le cycle de nettoyage au solvant et le cycle de rinçage. Vérifier que les procédures de préparation sont terminées avant de procéder au nettoyage au solvant. Respecter la précaution ci-dessous:

- Vérifier que les couvercles d'accès à l'entrée d'air ont été retirés.
- Préparer la lance de lavage portable pourvue de l'orifice FO1504.
- Lancer la turbine à l'aide du système de démarrage.

### **III.5.7 Préparation de la turbine pour le démarrage après le lavage**

- Refermer les panneaux de la conduite d'accès à l'entrée d'air.
- Enlever les flexibles provisoires aux points de vidange du combusteur
- Reconnecter les tuyaux de vidange du combusteur, du diffuseur d'échappement au droit des raccords des clapets anti-retour RV1001 et RV1002.
- Vérifier que la bougie est propre : s'il faut, la nettoyer ou remplacer.
- Remplacer le joint de la bougie s'il faut et réinstaller la bougie.
- Monter à nouveau le bouchon à la paroi extérieure du caisson qui a été enlevé pour laisser couler l'eau vers l'extérieur du caisson.
- Rebrancher le flexible entre la vanne de dosage gaz et le tuyau distributeur gaz, si installé.
- Réinstaller le capteur PT1810 de pression PCD.
- Enlever le tuyau provisoire pour l'air au palier du compresseur de l'alimentation d'air comprimé de la station manuelle de réduction de pression.

### **III.5.8 Travaux aux tuyaux PCD**

- Réinstaller le tuyau de l'air qui va au labyrinthe du palier du compresseur.
- Vérifier que toutes les collerettes aveugles provisoires ont été démontées et que les tuyaux sont réinstallés comme il faut.
- Vérifier que la turbine est prête à démarrer.
- Considérer les précautions suivantes :
- Démarrer la turbine.
- Laisser la température de la turbine se stabiliser pendant une heure à pleine charge (ou en condition de fonctionnement maximal autorisé).
- Comparer les performances de la turbine à celles enregistrées avant le lavage et à celles après les procédures de lavage précédentes.

- Si les prestations n'ont pas progressé après plusieurs opérations de nettoyage, effectuer un contrôle endoscopique de la section compresseur.

### **III.5.9 Lavage du compresseur en ligne**

Un nettoyage du compresseur en ligne s'effectue quand la turbine à gaz est en fonctionnement en parallèle avec le réseau.

L'avantage de ce système est que la turbine n'a pas besoin d'être arrêtée ni refroidie.

Le nettoyage peut être effectué toutes les 200 à 700 heures de fonctionnement, selon le niveau de contamination du moteur.

Pour de meilleurs résultats, des détergents peuvent être ajoutés à l'eau de nettoyage. La composition chimique de ce mélange doit être conforme aux tables ci-après.

Noter toutes les données de performance au maximum de puissance, avant de lancer la procédure. En principe on peut procéder sans charge ou avec charge de 0% à 100%. En pratique c'est mieux de maintenir la puissance autour de 70% pendant le lavage:

- l'introduction de l'eau sans charge peut provoquer l'arrêt de la turbine causé par l'extinction de la flamme.

- la soudaine interruption du débit d'eau à la fin du lavage peut provoquer l'arrêt de la turbine causé par la température T5 trop haute.

# *Conclusion général*

## ***Conclusion***

A la fin de la période de stage j'ai pu assimiler la différence entre la théorie et la pratique. Les connaissances que j'ai acquises par la participation pratique dans la vie professionnelle m'ont permis de confronter une réelle problématique dans l'entreprise et de s'appliquer pour pouvoir la résoudre en se basant sur mes connaissances théoriques et les expériences pratiques sur le lieu de travail.

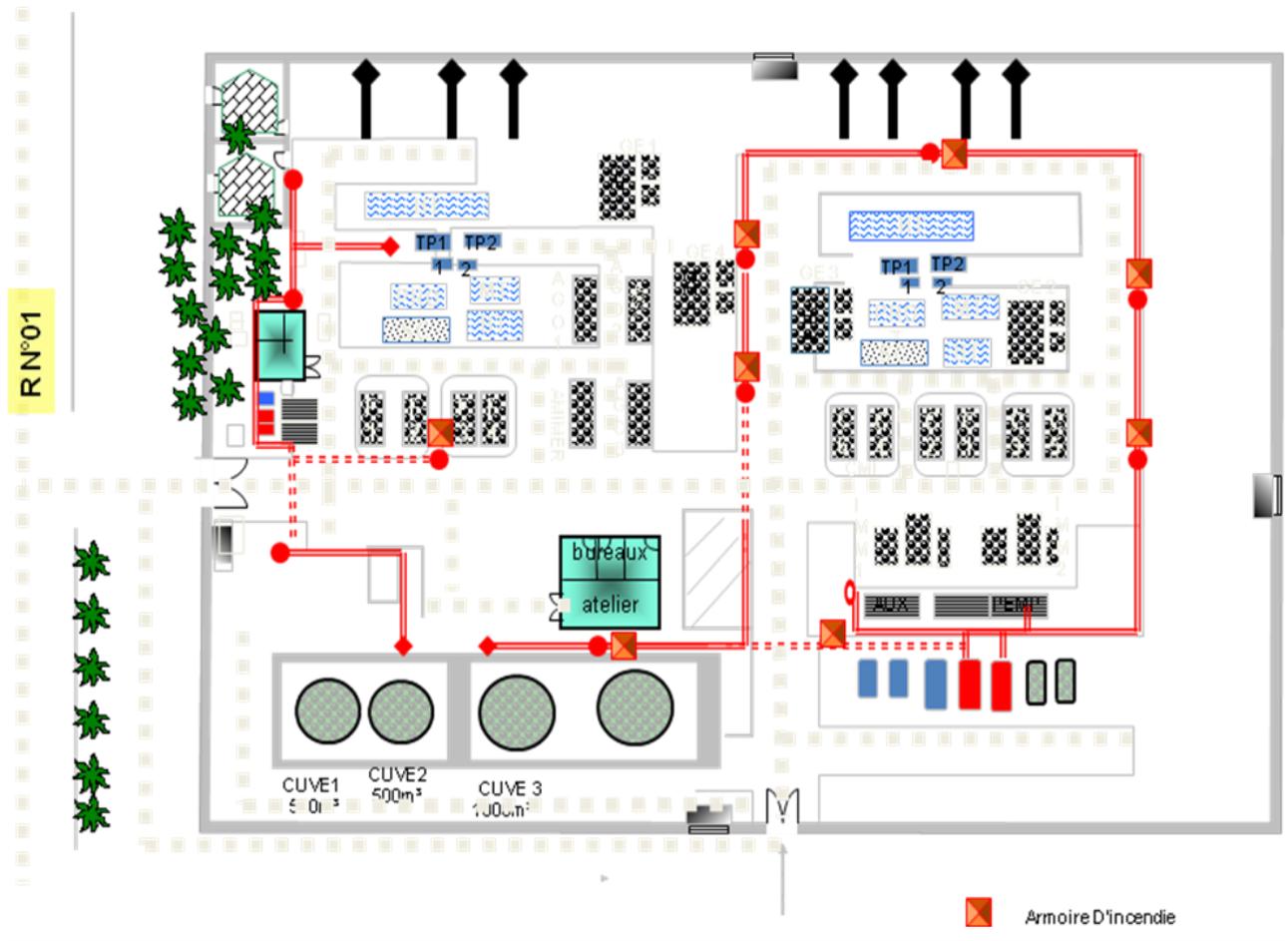
Ensuite, on qualifiera cette période de stage de bénéfique vu les connaissances acquises lors de cette formation, et le contact établi avec l'univers réel du travail.

# **Annexes**

ANNEXES :

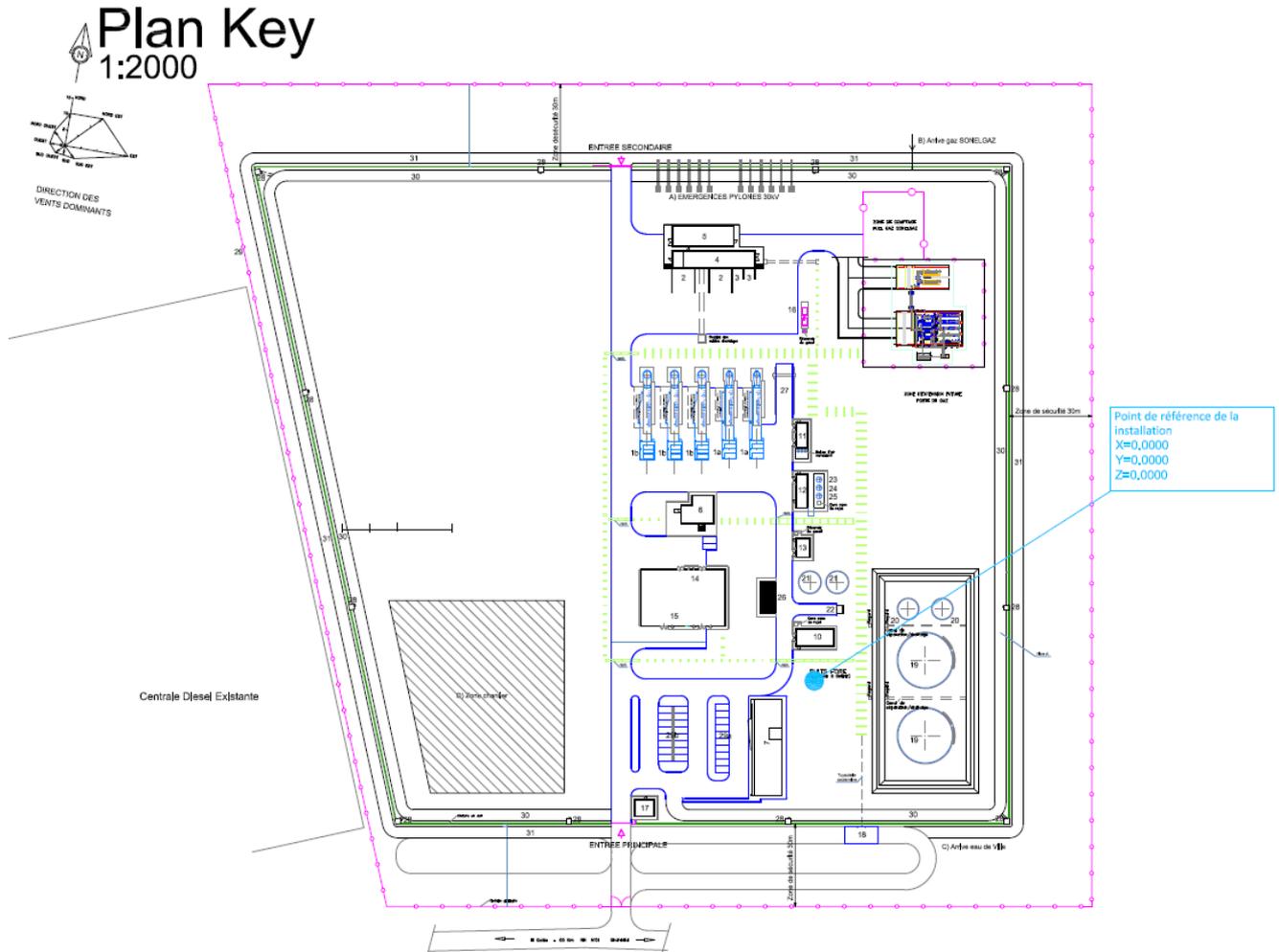
Plan de la centrale diesel:

PLAN DE POSITION DE L'INSTALLATION DE LA CENTRAL DIESEL



**Plan de la centrale TG:**

**PLAN DE POSITION DE L'INSTALLATION TURBINE A GAZ**



## Résumé

La production de l'électricité se fait par plusieurs méthodes telles que l'utilisation de l'énergie éolienne, hydraulique et solaire et autres, lesquelles sont exploitées par l'être humain dans ces divers domaines dont la plus importante c'est la turbine à gaz qui fait l'objet de notre mémoire.

## Summary

The production of electricity is executed by different means such as wind, water and Solar generator that the Human kind has exploited in different fields of life the most important of those means the gas turbine the subject of our thesis.

## ملخص

تم إنتاج كهرباء بعدة طرق منها طاقة الرياح وطاقة المياه والطاقة الشمسية وإلى غير ذلك فأصبح إنسان يستغلها في ميدانه ومن أهمها turbine à gaz والتي قمنا بدراستها في مذكرتي .