

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Département : Génie des Procédés Industriels

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industriel

THEME

Analyse des risques liés au fonctionnement du système
Turbo-alternateur par la méthodes HAZOP
Cas de la centrale à cycle combiné-RAS DJENAT

Réalisé Par :

❖ **ZELMAT BRAHIM**

Promotrice :

❖ **Mme. TIRECHE SIHEM**

Membre de jury :

Nom & Prénom	Grade	Qualité

Années universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

*Nous remercions ALLAH le tout puissant
et miséricordieux qui nous a donné
la volonté, la patience et le courage de réaliser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude
et nos vifs remerciements les plus reconnaissants à mon
encadreur Mr KADRI ABDELWAHAB et ma promotrice mme
TIRECH Sihame pour ces orientations, ces conseils avisés, sa
générosité, à ses reconnaissances et nous le remercions aussi pour
le temps qu'il nous a consacré.*

*En fin à toute personne ayant contribué de ce
mémoire de près ou de loin ;*

À tous et à toutes.....

.....On vous dit Merci !

Résumé

Mon travail consiste à identifier les risques liés au fonctionnement du système turbo-alternateur au sein du Central à cycle combiné RAS DJENAT .

La méthode HAZOP que j'ai appliquée c'est une méthode d'analyse du type qualitatif inductive suit à ce la des actions correctif et préventives, on était proposé pour réduire l'occurrence et la gravité de tout évènement pouvant prévenir sont en mode normal ou en mode dégradé.

ملخص

مهمتي هي تحديد المخاطر المتعلقة بتشغيل نظام المولد التوربيني داخل محطة توليد الطاقة الكهربائية ذات الدورة المغلقة Central à cycle combiné RAS DJENAT
طريقة HAZOP التي طبقتها هي طريقة لتحليل النوع الاستقرائي النوعي تتبع الإجراءات التصحيحية والوقائية ، وقد اقترح للحد من حدوث وخطورة أي حدث يمكن أن يكون في الوضع الطبيعي أو في الوضع المتدهور.

Abstract

My job is to identify the risks related to the operation of the turbo-alternator system within the CCC RAS DJENAT

The method HAZOP that I applied it is a method of analysis of the qualitative inductive type follows that the corrective and preventive actions, it was proposed to reduce the occurrence and the gravity of any event that can prevent are in normal mode or in degraded mode

Je dédie ce modeste travail à moi même et à toute personne qui occupe une place dans mon cœur et particulièrement :

A mes très chers parents ZELMAT ATHMANE ET YAMINA

A mes deux frères sans exception.

A Toute ma famille : ZELMAT

A Tout mes amis et collègues .

A mes amis : Juba, Toufik, Abdou, Abdeslam

A tous les proches que je n'ai pas mentionnés veuillez m'excuser

Je vous remercie tous

Sommaire

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction général.....01

Chapitre I : Présentation de la centrale à cycle combiné de RAS DJENAT

I. Introduction et présentation de la société de production d'électricité.....03

II-Présentation de la centrale à cycle combiné (CCC) de RAS DJENAT.....03

III-Plan de masse de la centrale.....04

IV. L'organisation de l'unité.....05

IV- 1- L'habilitation.....05

IV- 2- L'organisation de travail.....05

V-Caractéristique de la central.....06

V-1- Turbin à gaz.....06

V-2- Le turbin à vapeur.....06

V-3- Générateur de vapeur à récupération de chaleur (GVRC).....06

V-4- Le condenseur06

V-5- L'alternateur06

V-6- Transformateurs élévateurs de générateurs.....06

V-7-Pompes d'alimentation du heat recovry steame generator... ..06

V-8- Eau de réfrigération.....07

V-9- Principaux éléments électriques.....07

VI- Auxiliaires communs aux trois tranches07

VI- 1- Système de traitement des eaux07

VI- 1-a- Système de dessalement07

VI- 1-b-Système de déminéralisation.....08

VI- 1-c- Système de reminéralisassion.....08

VI- 1- d-Système de chloration électrique.....	09
VI- 2. Système d'évacuation de l'eau de mer.....	09
VI- 3. Système de génération d'hydrogène.....	09
VI- 4.-Système de gaz combustible.....	10
VI- 5-Système de mazout.....	10
VI- 6- Système heat ventilateur air conditioning.....	11
VI-7- Système de protection contre les incendies.....	11
VI- 8-Evacuation d'énergie.....	12
VI- 9-Commande et contrôle.....	12
VI- 10- Système de surveillance, d'alarme et d'analyse.....	12
VI- 11. Autre système.....	12
VII- Principe de fonctionnement d'un tranché de production.....	13
VIII- L'origine d'énergie dans la centrale.....	14
VIII- 1-L'énergie chimique.....	14
VIII- 2-L'énergie calorifique.....	14
VIII- 3-L'énergie mécanique.....	15
VIII- 4-L'énergie électrique	15
VIV- Conclusion.....	15

Chapitre II : Analyse des risques

I-Introduction	16
II- Quelques définitions de base.....	16
III - l'analyse des risques.....	18
III-1- Définition.....	18
III-2-Méthodes d'analyse des risques.....	19
III-3- Classification des méthodes d'analyse.....	19
III-3-1- Méthodes quantitatives et qualitatives.....	19
III-3-1-a- Méthodes quantitatives.....	19
III-3-1-b- Méthodes qualitatives.....	20
III-3-2- Approche déterministe et approche probabiliste.....	20

III-3-2- a- Approche déterministe.....	20
III-3-2-b- Approche probabiliste.....	20
III-3-3- Démarche inductive et démarche déductive.....	20
III-3-3-a- Démarche inductive.....	20
III-3-3-b- Démarche déductive.....	20
III-4-Le tableau de panorama des méthodes d'analyse des risques.....	21
III-5- Critères de choix d'une méthode d'analyse.....	22
IV-Méthodologie d'analyse des risques par la méthode HAZOP.....	23
IV-1-Objectif de l'analyse.....	23
IV-2-Principe.....	23
IV-3-Détermination des causes possibles.....	24
IV-4-Détermination des conséquences.....	24
IV-5- Mesures de sécurité existante.....	25
V-mise en œuvre de la méthode HAZOP.....	25
VI-conclusion.....	25

Chapitre III : Description de système turbo-alternateur

I-Introduction.....	26
II- Etude de système turbo-alternateur.....	26
II- 1- Définition.....	26
II-2-Le système fonctionne selon un cycle combiné.....	26
II-2-1-Cycle air.....	27
II-2-1- Cycle eau /vapeur.....	27
II-3-Présentation d'installation du système turbo- alternateur.....	27
III- Composant de système	28
III-1- L'alternateur.....	28
III-2-Turbine à gaz (turbine à combustion).....	28
III-2-1-Composant de turbine à gaz	29
III-2-1-1-Compresseur d'air multi-étagé.....	29
III-2-1-2- Chambre de combustion.....	30
III-2-1-3-Turbine axiale multi-étagée.....	31

III-2-1-4- Diffuseur d'échappement.....	32
III-2-2-Fonction de la turbine à gaz.....	32
III-3-Auxiliaire de la turbine à gaz	33
III-3-1 Système d'admission.....	33
III-3-2-Système de démarrage.....	34
III-3-3-Système de l'huile de lubrification et de levage.....	34
III-3-3-1-L'huile de lubrification.....	34
III-3-3-2-L'huile de levage.....	35
III-3-4-System de refroidissement d'huile.....	35
III-3-5-Système d'alimentation par le combustible.....	35
III-3-6-Système d'échappement.....	36
III-3-7-Système de refroidissement par air et d'étanchéité.....	36
III-4- Turbines à vapeur (TV).....	37
III-4- 1-Généralité.....	37
III-4- 2-FONCTION.....	37
III-5 La chaudière de récupération (GVRC) ou (HRSG).....	37
III-5-1 Généralité.....	37
III-5-2 Fonction.....	38
IV- Les barrières de sécurité existantes dans le turboalternateur.....	39
IV- 1- Le compartiment auxiliaire	39
IV- 2- Le compartiment turbine.....	40
IV- 3-Systèmes de contrôle et de protection.....	40
IV-3- 1- Systèmes de contrôle.....	40
IV- 3-1-1- Système de contrôle du fuel	40
IV- 3-1-2- Système de contrôle de la directrice du premier étage.....	40
IV- 3-1-3- Système de contrôle de la température.....	41
IV- 3-2- Systèmes de protection.....	41
IV- 3-2-1- Système de protection de survitesse.....	41
IV- 3-2-2- Système de protection de dépassement de température.....	41

IV- 3-2-3-Système de protection et de détection des vibrations.....	41
IV- 3-2-4-Système de protection et de détection de flamme.....	42
V- Conclusion.....	42
Chapitre IV : Application de l’HAZOP sur le system turbo alternateur	
I-Introduction	43
II- Critères de choix de système (turbo-alternateur).....	43
III- Critères de choix de l’ HAZOP.....	43
IV-Objectif de l’analyse.....	43
V - Application de la méthode HAZOP.....	44
VI-Interprétation des résultats.....	62
VII-Synthèse & évaluation du travail.....	62
VIII-Recommandations générales.....	63
VIII-Conclusion.....	64

Conclusion générale

Références bibliographiques

Liste de figures

Chapitre I

Figure I-1 Plan de masse de la central.....	04
Figure I-2 L'électrolyse de l'eau.....	10
Figure I-3 Schéma typique d'une tranche.....	13
Figure I-4 cycles de baryton et ranclin en fonction de T, V, Ds.....	15

Chapitre II

Figure II - 1 Les zones du risque.....	18
--	----

Chapitre III

Figure III-1 Schéma de turbine à gaz en mode cycle combiné.....	29
Figure III-2 Système turbo-alternateur de la centrale de Ras Djenat.....	30
Figure III- 3 Turbine à gaz SGT5 4000F.....	31
Figure-III- 4 Différentes sections de la turbine à gaz SGT5 4000F.....	32
Figure III - 5 : schéma typique d'admission d'air.....	37
Figure III-6 refroidisseur d'huile de lubrification.....	38
Figure III-7- Système d'échappement.....	39
Figure III- 8- Chaudière de récupération (GVRC).....	41

Chapitre IV

Figure –IV-1 Présentation de l'automate de système turboalternateur.....	49
--	----

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II-1 Panorama des méthodes d'analyse de risque.....	23
Tableau II-2 Principaux mots-clés avec leur signification générale.....	26

Chapitre IV

Tableau IV-1 Principaux déviations choisies.....	49
Tableau IV-2- Représentation de l'application HAZOP pour l'entrée de TV / corps HP, MP, BP.....	50
Tableau IV-3 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous système d'admission d'air.....	52
Tableau IV-4 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous système d'alimentation de gaz de combustion, sous système de combustion.....	54
Tableau IV-5 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous système de lubrification et levage.....	57
Tableau IV-6 Représentation de l'application HAZOP pour l'Economiseur/ ballon/tube écran évaporateur/ surchauffeur.....	60
Tableau IV-7 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous système de refroidissement par Hydrogène.....	64

LISTE DES ABREVIATIONS

ADD: Arbre de défaillance

ADE: Arbre des évènements

AMDE: Analyse de mode de défaillance et leur effet

AMDEC: Analyse de mode de défaillance et leur effet et criticité

APR: Analyse préliminaire des risques

ATEX : Atmosphère explosif

BP: Basse pression

C:Criticité

CCC: Centrale à cycle combiné

CECC : Central électrique à cycle combiné

DI: Demande d'intervention

EI: Evènement initiateur

EM: Evènement majeur

ENS: Evènement non souhaité

ERC: Evènement redouté centrale

F:Fréquence

G: Gravité

GTG: Générateur turbine à gaz

GVRC: Générateur de vapeur à récupération de chaleur

HAZOP: Hazard operability studie

HP: Haute pression

HRSG: heat recovery steame generateur

HVAC: Heat ventilation air conditioning

IP: Intermédiaire pression

MADS: Méthode d'analyse dysfonctionnelle de système

MP: Moyenne pression

R: Risque

SPE : Société de production d'électricité

SDF : sureté des fonctionnements

TAH : Alarme haut température

TG: Turbine à gaz

TV: Turbine à vapeur

UV : Ultra violet

IR : Infra rouge

Introduction générale :

Le secteur de production d'électricité présente des risques de différentes natures dont les effets et impacts peuvent être graves.

A ces effets la sûreté de fonctionnement représente une base nécessaire pour tout ce qui concerne la sécurité des personnes, des installations et des biens

La maîtrise de la sécurité de système nécessite des études approfondies des risques liées aux activités industrielles tel que la notion d'analyse des risques, l'identification et l'estimation des risques, afin de réaliser une bonne évaluation et une bonne gestion des risques ce que permet la suppression ou la réduction des risques, et donne un aperçu sur le mode d'application des principales étapes d'une analyse prévisionnelle de la sûreté de fonctionnement d'un système.

La central à cycle combiné de RAS DJENAT est une zone industriel étatique qui a pour activité de la production d'électricité et l'évacué cette dernière au réseau, ce qui explique la présence de la majorité des équipements et installations sous pression et sous tension, parmi ces installations on peut citer le turboalternateur.

La méthode HAZOP qui est une méthode prévisionnelle qualitative d'analyse et d'évaluation des risques, et comme elle est spécifique pour les systèmes thermo-hydraulique, elle est la mieux adaptée pour les installations de productions incluant : turbine à gaz, turbine à vapeur, chaudière,...etc.

Notre étude consiste en l'application de la méthode HAZOP dans le secteur de production d'électricité au niveau de CCC SONALGAZ RAS DJENAT. Notre travail est divisé en quatre chapitres qui sont répartis comme suit : Le premier chapitre concerne des présentations du central à cycle combiné.

Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse des risques. Le troisième chapitre consistera à la description du turboalternateur, Le quatrième chapitre présentera de l'application de la méthode HAZOP à système, Enfin une conclusion clôturera notre travail

Problématique

Le secteur production ou d'électricité exactement la centrale de RAS Djenat présente plusieurs risques pour cela on doit de premier lieu identifier ces risques

- Quelles est la procédure d'identification de ces risques
- Ces risques sont-ils identifiables

I. Introduction et présentation de la société de production d'électricité

S.P.E est une société algérienne (filiale de SONELGAZ) a pour mission la production et la commercialisation de l'électricité. Elle dispose d'un grand parc de production avec **8400 MW** installés, ce qui lui confère une position du premier opérateur sur le réseau interconnecté. [7]

Son objectif est de demeurer l'opérateur dominant en matière de fourniture de l'énergie électrique, pour cela, elle vise à améliorer et développer son parc de production. Son programme de développement est orienté vers :

- L'augmentation de la capacité de production,
- La disponibilité des groupes de production,
- De la fiabilité des groupes de production.

SPE comprend 03 Pôles de Production dotés d'une large autonomie de gestion :

1. Pôle de production Turbine à Gaz et Turbine à vapeur Centre

2. Pôle de production Turbine à Gaz et Turbine à vapeur East.

3. Pôle de production Turbine à Gaz et Turbine à vapeur Ouest

Le Pôle de production Turbine à Gaz et Turbine à vapeur centre contient plusieurs unité de production d'électricité parmi d'elle on trouve [7]

- **Unité de production d'électricité Turbine à vapeur à Ras-Djanet** (wilaya de Boumerdes).
- **Unité de production d'électricité turbine à gaz et turbin à vapeur (RAS-DJENET)**

II-Présentation de central à cycle combiné (CCC) de RAS DJENAT

La centrale à cycle combiné de RAS DJENET, est une centrale de production d'électricité, située au bord de la mer, à l'est d'ALGER, près de la ville de Boumerdès. [6]

Le choix de ce site est fait sur la base des critères suivants :

- Proximité des consommateurs importants, situés notamment dans la zone industrielle Rouïba-Reghaia.
- Possibilité d'extension.
- Conditions du sous-sol favorable, ne nécessite pas de fondations profondes.

La centrale à cycle combiné de Cap Djènet, dont la construction a été décidée en vue de renforcer l'alimentation en énergie électrique du pays, se compose principalement de trois (3)

modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple (**CCPP**) ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale (**BOP**). Chaque module de la **CCPP** a une (1) turbine à gaz (**modèle : SIEMENS SGT5-4000F**), d'un (1) **HRSG** associé, d'une (1) turbine à vapeur (**Modèle : SIEMENS SST5-3000 H-IL**) et d'un générateur commun refroidi par hydrogène (**Modèle : SIEMENS SGEN 5-2000 H**) situé sur le même arbre entre la turbine à gaz (**GT**) et la turbine à vapeur (**ST**). [6]

Les turbines à gaz sont conçues pour brûler le gaz naturel comme le combustible de base et le carburant diesel comme le combustible de secours. [6]

III-Plan de masse de la centrale

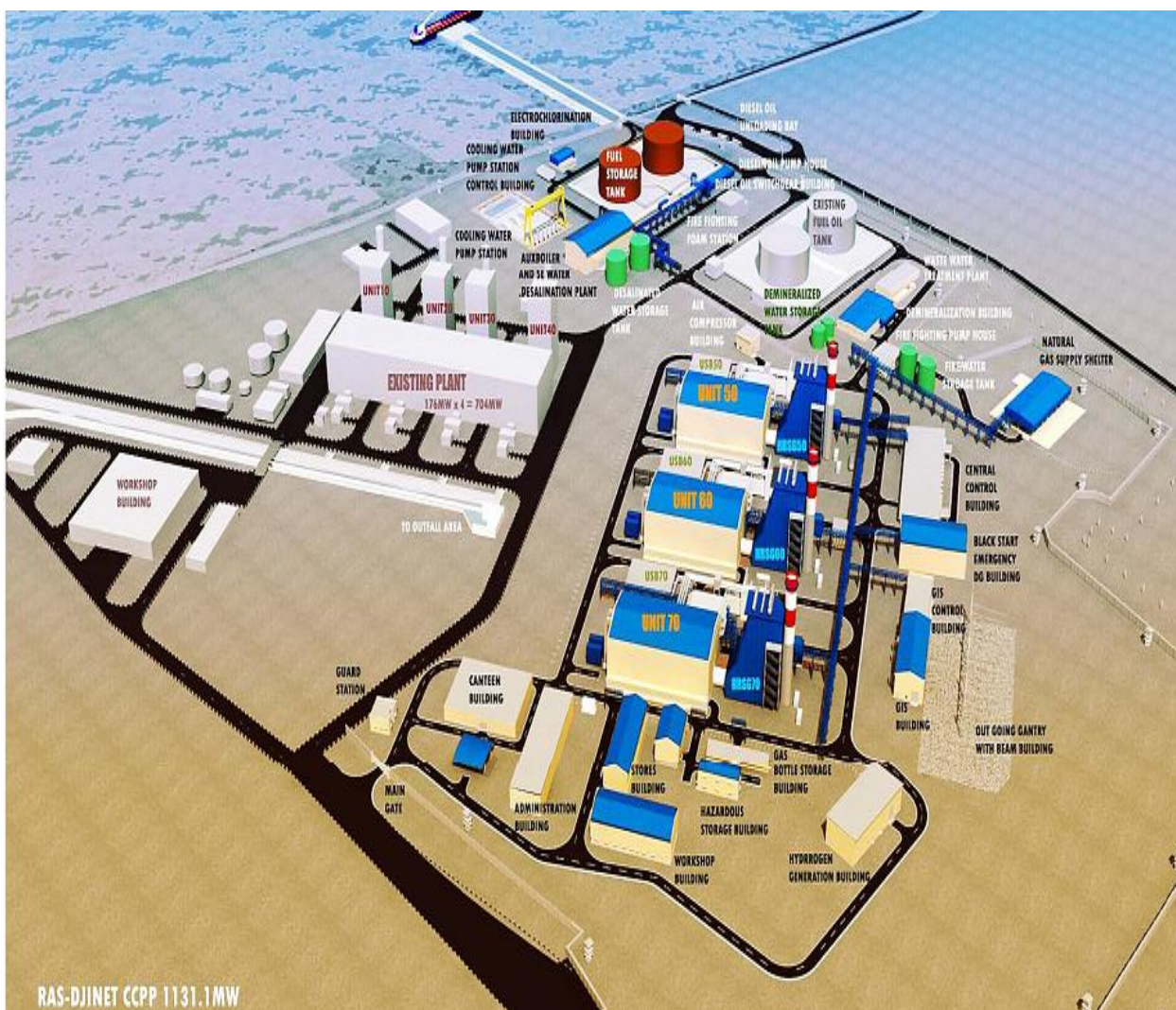


Figure I-1 Plan de masse de la central [6]

IV. L'organisation de l'unité

Structure sécurité qui a pour but d'améliorer les conditions de travail des salariés, notamment en terme de prévention des risques sur site et à la sensibilisation au CDP, l'habilitation et le port d'équipements de protection individuelle. [6]

La politique sécurité de la centrale est basée essentiellement sur deux points : l'habilitation et l'organisation de travail dans la centrale.

IV- 1- L'habilitation :

C'est la reconnaissance de la capacité d'une personne à accomplir les tâches fixées en toute sécurité. Une fois que l'agent est testé sur ses connaissances il reçoit un titre d'habilitation. [6]

IV- 2- L'organisation de travail :

Il existe deux services techniques, service exploitation et service maintenance. Le service exploitation est chargé de la mise en marche, la mise à l'arrêt des installations et le suivi permanent des paramètres d'exploitation. [6]

En cas d'anomalie constatée, le service d'exploitation sollicite le service maintenance par le biais d'une demande d'intervention (**D.I**) pour procéder aux réparations nécessaires. [6]

Pour les travaux qui ne nécessitent pas de consignations de l'appareil, l'agent de la maintenance ne peut intervenir qu'après avoir reçu l'ordre de travail établi par son chef hiérarchique et avoir avisé au préalable l'ingénieur de quart ou le chef de quart.

Pour les travaux qui nécessitent des consignations, ils sont soit des travaux d'ordre électrique, gaz ou mécanique. Quel que soit le type des travaux, la façon de procéder doit être en conformité aux carnets de prescriptions au personnel:

1. Carnet de prescriptions au personnel « prévention du risque électrique »,
2. Carnet de prescriptions au personnel « prévention des risques gaz ».
3. Carnet de prescriptions au personnel « travaux d'ordre mécanique et divers ».

Pour chaque travail, il y a désignation d'un chef de travaux et d'un chef de consignation par un ordre de travail écrit (Imprimé réglementaire) établi par le responsable hiérarchique.

Le chef de consignation désigné établit une fiche de manœuvre, avant de procéder aux manœuvres de consignation.

Une fois la consignation achevée, il doit délivrer une autorisation de travail au chef de travaux désigné.

Une fois les travaux terminés, le chef de travaux remet au chef de consignation l'avis de fin de travaux visé par lui-même, le chef de consignation procédera alors, à la déconsignation après avoir vérifié au préalable le lieu de l'intervention.

V-Caractéristique du central

V-1- Turbin à gaz. (Modèle : SIEMENS SGT5-4000F)

La centrale à cycle combiné RAS-DJINET DE se compose de trois (3) turbines à gaz SGT5-4000F de Siemens, Les turbines à gaz à chambre de combustion annulaire de Siemens sont des machines à arbre unique d'un modèle à un boîtier.

V-2- Le turbin à vapeur. (Modèle : SIEMENS SST5-3000 H-IL)

Le modèle de turbine à vapeur, ST SST5-3000, se compose d'un cylindre HP de type cylindrique et d'un cylindre PI/BP à débit direct s'écoulant axialement dans le condenseur refroidi par eau.

V-3- Générateur de vapeur à récupération de chaleur (GVRC)

Le générateur de vapeur est un flux horizontal, trois niveaux de pression, la circulation naturelle avec la banque de réchauffeur, le type suspendu, complet avec pile en acier et tous les accessoires connexes.

V-4- Le condenseur :

C'est un échangeur thermique qui comprimé de 15000 tubes, à l'intérieur desquels circule l'eau de mer qui va servir de source froide pour la condensation de la vapeur évacuée du corps (BP) de turbin. Ce la produira le condensat principal d'un débit (24000 m³/h), qui va être récupéré dans le puits du condenseur. [6]

V-5- L'alternateur : (Modèle : SIEMENS GEN 5-2000 H)

Est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine à gaz, et d'autre coté lié a l'intermédiaire d'un embrayage avec la turbine à vapeur. Sert à transformer l'énergie mécanique produite par les turbines en énergie électrique.

V-6- Transformateurs élévateurs de générateurs

Chaque module sera équipé d'un transformateur élévateur de générateur afin d'exporter l'énergie générée dans le générateur respectif et sera également utilisé pour fournir les charges auxiliaires

de l'installation à partir des barres omnibus **400 kV** pendant le démarrage par le transformateur de démarrage. Évaluation du transformateur élévateur générateur est la suivante. [6]

V-7-Pompes d'alimentation du HRSG (LAB10AP001 & LAB20AP001)

La fonction de la pompe d'alimentation HRSG est de fournir l'eau d'alimentation du tambour/désaérateur de LP à la section économiseur HP et à travers un purgeur intermédiaire, au circuit de pression intermédiaire (IP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).

Ces pompes fournissent également de l'eau au désurchauffeur à haute pression (HP), au désurchauffeur de réchauffage, au réchauffeur de performance de gaz combustible et à la station de dérivation HP. [6]

Deux pompes d'alimentation HRSG horizontales à deux positions (2x100%) sont fournies pour chaque bloc de la centrale à cycle combiné. [6]

La pompe est une pompe centrifuge horizontale à plusieurs étages à fendage radial et à barillet. Elle adopte la structure du disque d'équilibrage et de la multi-volute pour équilibrer les poussées axiales et radiales. [6]

V-8- Eau de réfrigération

La prise d'eau se situe en mer 900 m de la station de pompage et de filtration, après traversée du condenseur, l'eau de réfrigération est rejetée vers le canal de rejet qui aboutit à la mer. [6]

V-9- Principaux éléments électriques

- Générateur
- Disjoncteur de générateur (GCB)
- Transformateur Principal (GSUT jeux de barres à phase isolée (IPB)
- Poste d'évacuation d'énergie principal de 400 kV à isolation gazeuse (GIS 400 kV)
- Transformateurs auxiliaires de l'unité (UAT)
- Dispositif de commutation TM de 6 kV
- Transformateurs MT /BT auxiliaires
- Dispositif de commutation BT de 400/230 V
- Système CC de 220 V
- Générateur gazoil à démarrage à froid (BSDG)
- Alimentation sans interruption (ASI) de 230 V et son dispositif de commutation

VI- Auxiliaires communs aux trois tranches :**VI- 1- Système de traitement des eaux :****VI- 1-a- Système de dessalement :**

Les unités de dessalement de RAS DJINET sont conçues pour un rendement de distillat net de 1100 m³/jour chacune à l'exception du débit de retour du condensat de vapeur, contenant 10 ppm de TDS, avec une température d'eau de mer variant de 16 °C à 24 °C. Chaque unité est adaptée à l'exploitation à une température d'eau de mer max. de 28 °C, mais avec une capacité de distillat réduite (880 m³/jour). [6]

Les unités sont disposées selon le « type à plusieurs effets avec une compression de vapeur thermique », chaque unité d'évaporation a 3 effets ou cellules disposés dans un réservoir.

Le système est divisé en plusieurs sous-systèmes mentionnés ci-dessous.

- Évaporateur
- Circuit de distillat, circuit d'eau de mer et circuit de saumure
- La vapeur HP et le système de condensat relatif
- Système de ventilation et système de dosage des produits chimiques

VI- 1-b- Système de déminéralisation

Le système de déminéralisation du système de traitement de l'eau produit l'eau déminéralisée à partir de l'eau dessalée produite dans l'usine de dessalement. Le système se compose principalement d'une pompe d'alimentation à lit mélangé, d'un échangeur à lit mélangé, d'un souffleur mélangeur de résine et d'un système d'injection et de stockage de produits chimiques. Le système de stockage et d'injection chimique (acide et caustique) est fourni comme système commun pour la régénération de l'échangeur à lit mélangé ainsi que la neutralisation des déchets chimiques. [6]

Le système est divisé en plusieurs sous-systèmes mentionnés ci-dessous.

- Système échangeur à lit mélangé
- Système de stockage et d'injection chimique
- Divers appareils

VI- 1-c- Système de reminéralisations

Le système de reminéralisations du système de traitement de l'eau est exploité par le LSI (L'indice de saturation de Langelier) et le CCPP (Potentiel de précipitation du carbonate de calcium) contrôle automatiquement et le produit chimique est injecté dans le mélangeur en ligne de l'eau potable et l'eau de service. CaCl_2 , NaHCO_3 et NaOH sont injectés dans le mélangeur en ligne pour l'eau de service et CaCl_2 , NaHCO_3 , NaOH et NaOCl sont injectés dans le mélangeur en ligne pour l'eau potable. [6]

Le système est divisé en plusieurs sous-systèmes mentionnés ci-dessous :

- Système d'injection de produits chimiques pour l'eau de service
- Système d'injection de produits chimiques pour l'eau potable
- Divers appareils

VI- 1- d-Système de chloration électrique

Le système d'électrochloration a pour fonction de générer de l'hypochlorite de sodium à partir de l'eau de mer. Cela empêchera la croissance biologique dans l'eau de mer. L'hypochlorite de sodium est généré par un procédé d'électrolyse. [6]

Le système d'hypochlorite reçoit l'eau de mer des pompes à eau de refroidissement. Le système se compose de deux (2) Générateurs D'hypochlorite x 100 % (00PUN03-GV001 et 00PUN03-GV002) et de l'équipement associé, chacun dimensionné pour une capacité de production de 70 kg/h de chlore équivalent à l'hypochlorite de sodium. La concentration nominale de la solution est de 1750 ppm à 1800 ppm d'eau de mer, en continu, à une capacité nominale. Le système est dimensionné pour doser un débit d'eau de mer de 107,150 m³/h en continu à 0,5 mg/l avec des dispositions pour un dosage choc jusqu'à 4 mg/l pour une durée de 10 minutes toutes les 8 heures. [6]

Le système de chloration doit être installé dans le bâtiment de chloration situé à proximité du poste de pompage en CW. La solution d'hypochlorite sera injectée entre "stop log gate" et tamis rotatif "drum screen" à travers des diffuseurs afin d'obtenir une répartition homogène du flux.

VI- 2. Système d'évacuation de l'eau de mer

Après avoir passé le condenseur, les deux lignes sont connectées pour former un collecteur. Trois collecteurs indépendants sont amenés du condenseur de chaque unité et connectés à un

bassin de siphon unitaire. Depuis le bassin du siphon, l'eau est envoyée à la mer par un canal unitaire. [6]

VI- 3. Système de génération d'hydrogène

La solution d'intérieur **Hy STAT®** est un système d'hydrogène complet composé de 2 x 100 % courants et chaque courant avec :

- Électrolyseur à eau **Hy STAT®** 10/20 d'une capacité de 11,25 Nm³ /h d'hydrogène jusqu'à 99,998 % de pureté et une pression de 10-20 bar (g).
- Un réservoir tampon intermédiaire de petite taille
- Un compresseur monté sur châssis pour augmenter la pression jusqu'à 160 bars

À partir de la station de compression, l'hydrogène sera alimenté dans un stockage à haute pression (HP), ce qui rendra disponible de grandes quantités d'hydrogène pour le refroidissement du générateur. La combinaison **Hy STAT®**/compresseur est configurée par défaut pour être démarrée manuellement par l'opérateur lorsque l'exploitation du HP est jugée nécessaire. [6]

Hy STAT® est un électrolyseur d'eau alcaline. L'électrolyse de l'eau est une réaction électrochimique qui divise l'eau en hydrogène et oxygène, en utilisant l'électricité. Il s'agit d'un procédé 100 % sans émissions et sans carbone et ne nécessite aucune pièce mécanique mobile. Lorsqu'un courant continu est appliqué à l'électrode, la réaction électrochimique individuelle. [6]

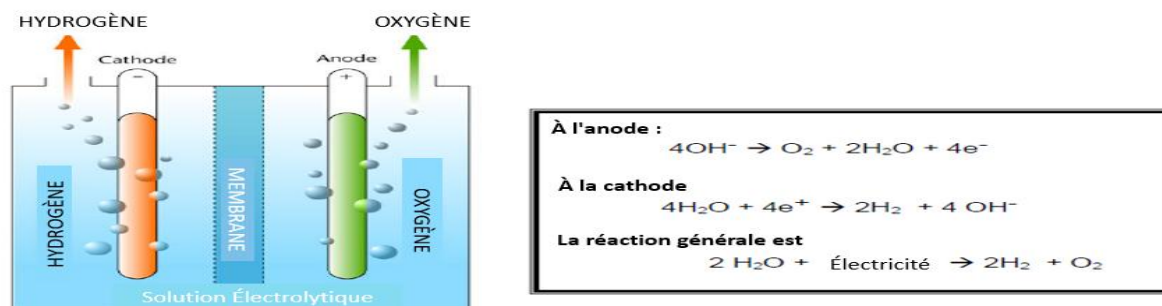


Figure I-2 L'électrolyse de l'eau

VI- 4.-Système de gaz combustible

- Le système de gaz combustible a deux fonctions :
 - 1- Régule le débit massique du gaz combustible dans les chambres de combustion de la TG.
 - 2- Bloque le débit de gaz combustible à la turbine à gaz dans certaines conditions.

L'alimentation en gaz combustible dans la turbine à gaz est interrompue par une fermeture rapide et étanche lors des arrêts, des pannes et des défaillances **désignées**. [6]

VI- 5-Système de mazout

Le système de fuel alimente les brûleurs FO en fuel et contrôle la quantité injectée dans la chambre de combustion. À l'arrêt, il garantit que le débit de mazout est coupé de manière rapide et fiable. [6]

Le système de mazout assure que le mazout est injecté dans la chambre de combustion à la pression, au degré d'atomisation et au débit massique optimal. Il se branche en aval de la pompe d'injection du mazout en deux sous-systèmes : le système de brûleur à diffusion de mazout (système FO-DM) et le système de brûleur à pré mélange de carburant (système FO-PM). Le brûleur FO-DM est contrôlé sur la base de la pression du conduit de retour, c'est-à-dire que le système FO-DM comprend un conduit d'alimentation et un conduit de retour à flux régulé (conduit de retour FO-DM). [6]

VI- 6- Système HVAC (heat ventilation air conditioning)

Ce système est généralement appelé « Système (HVAC) Chauffage, Ventilation et Climatisation ». Le système HVAC fournit le confort pour l'être humain. Le système HVAC maintient la température interne nécessaire pour les différents bâtiments, les équipements, couvrant l'ensemble de la centrale électrique et les installations/auxiliaires associés. Il agit selon le principe du cycle de Carnot inversé, utilisant un fluide de fonctionnement appelé réfrigérant. La vapeur est comprimée de manière isentropique dans un compresseur d'une basse pression et une température faible à une haute pression et une température élevée et passe à travers un condenseur dans lequel elle est condensée à une pression constante. Le fluide est ensuite dilaté de manière isenthalpique à sa pression d'origine et s'évapore enfin à une pression constante dans un évaporateur. Le système HVAC est conçu pour l'exploitation continue dans toutes les conditions ambiantes et climatiques dominantes. Et la vérification des quantités d'air doit être basée sur le calcul de la charge de refroidissement compte tenu du gain de chaleur interne et externe et les conditions de conception de la salle. [6]

VI-7- Système de protection contre les incendies

Les systèmes de protection contre les incendies peuvent être classifiés comme protection active et protection passive. La protection passive contre les incendies inclut le cloisonnement de l'ensemble du bâtiment à travers l'utilisation des parois et des sols résistants aux incendies et la

protection active contre les incendies inclut la détection d'incendie manuelle ou automatique avec la suppression des incendies. L'organisation en petits compartiments coupe-feu, composés d'une ou de plusieurs pièces ou étages, empêche ou ralentit la propagation du feu depuis la pièce où l'incendie s'est déclaré vers d'autres espaces du bâtiment, limitant ainsi les dommages causés au bâtiment et donnant plus de temps pour: les occupants de l'immeuble à une évacuation d'urgence ou pour atteindre une zone sûre (point de rassemblement). [6]

La prévention des incendies inclut la minimisation des sources d'allumage ainsi que l'éducation des occupants et des opérateurs de l'installation ou de la structure sur l'exploitation et la maintenance des systèmes d'incendie en bon état, et la prise des procédures d'urgence y compris la notification pour l'intervention de service contre l'incendie et l'évacuation d'urgence. [6]

VI- 8-évacuation d'énergie

L'énergie électrique produite et évacuée par l'intermédiaire d'une ligne de **225 kV**, sur le poste Alger- est (boudouaw). [6]

VI- 9-Commande et contrôle

La centrale se caractérise par un degré élevé d'automatisation et de centralisation des commandes. On dénombre une quarantaine de chaînes de régulation par groupe de production qui permet un pilotage automatique du groupe.

VI- 10- Système de surveillance, d'alarme et d'analyse

Pour permettre une bonne conduite du groupe de production, des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau d'eau, vibrations, etc.) des différents équipements du groupe sont indiqués, enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil. Pour une meilleure analyse en cas d'incendie un consigneur d'état est installé. Il permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique. [6]

VI- 11. Autre système

- Système de vapeur.
- Système d'eau d'alimentation.
- Système d'eau en circulation.
- Système d'eau de refroidissement à circuit fermé.
- Système de traitement des eaux usées.
- Système d'évacuation d'air du condensateur.

- Système de condensat.
- Système d'air comprimé.

VII- Principe de fonctionnement d'un tranché de production

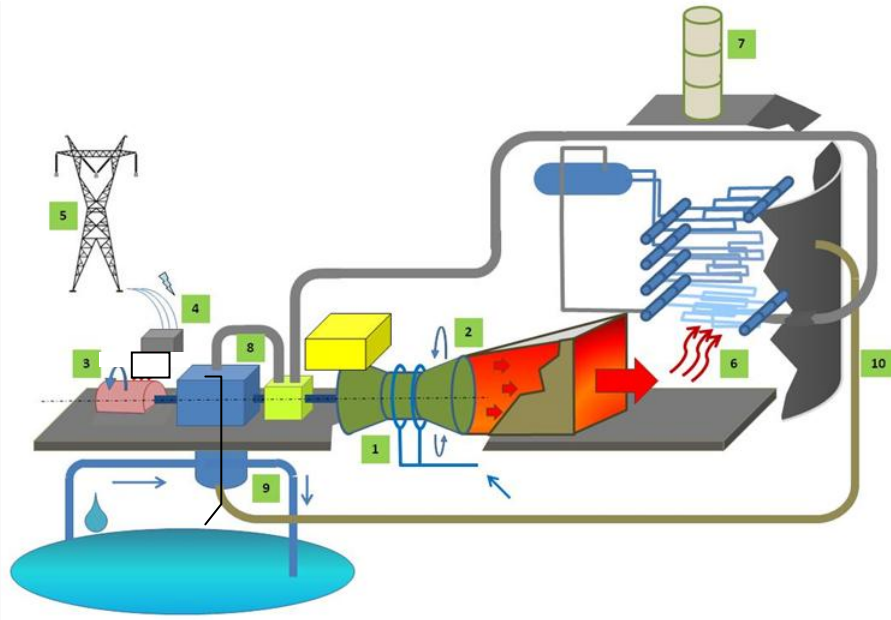


Figure I-03 Schéma typique d'une tranche

Le système de production d'électricité est composé de deux cycles, d'où son nom de cycle combiné.[5]

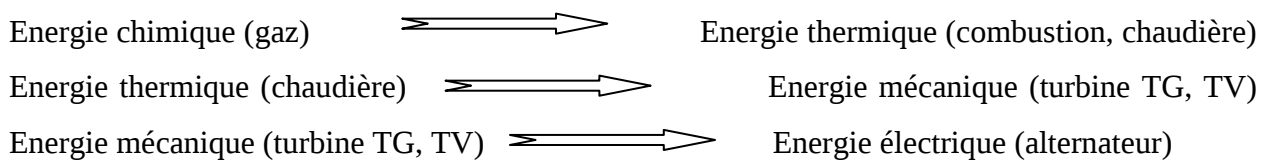
Le premier cycle est constitué par la turbine à gaz (1). Celle-ci est constituée de quatre étages : dans le premier il y a un compresseur qui comprime de l'air venant alimenter un second étage contenant la chambre de combustion où le gaz naturel est brûlé. La combustion effectuée, les gaz chauds viennent faire tourner les ailettes du troisième étage de détente de la turbine à combustion. Cette dernière est solidaire d'un axe qui entraîne un alternateur (3) qui produit l'électricité. Le transformateur (4) élève la tension pour permettre son injection dans le réseau électrique(5).[5]

Le deuxième cycle a lieu à la sortie des gaz chauds de la turbine à gaz (2). Ces gaz sont injectés dans une chaudière de récupération (6) puis sont ensuite évacués dans l'atmosphère par la cheminée. Leur composition est de l'ordre de 86% d'air, 9% de vapeur d'eau et 4% de CO₂. La vapeur produite dans cette chaudière est utilisée dans une turbine à vapeur (8), elle-même couplée à l'axe de l'alternateur (3). La vapeur, après avoir restitué son énergie, est envoyée dans un condenseur (9) pour repartir ensuite vers la chaudière de récupération sous forme d'eau (10). Puis cette eau sera de nouveau vaporisée [5]

L'énergie électrique fournie par alternateur va être évacuée à travers le disjoncteur alternateur ou disjoncteur groupe pour ensuite aller vers le transformateur principal qui verra la tension de **15,5KV** à **400KV**. Après le transformateur principal TP, énergie fournie transitera à travers le disjoncteur ligne (poste blindé **SF6**) pour alimenter le réseau **400KV** au niveau des postes Affroun, Akbou et Si Mustapha.[6]

A noter que juste avant le **transfo TP**, il y a un soutirage d'une partie de l'énergie électrique produite qui ira alimenter le transformateur de soutirage **TS** pour transformer la tension de sortie alternateur **22KV en 6KV** et alimenter ainsi les auxiliaires électriques du groupe. C'est une auto alimentation des auxiliaires propres au groupe qui consommeront environ **8MW** par tranche. On fournira donc une puissance unitaire **BU** (borne usine) de **168 MW** par groupe. La puissance totale fournie au réseau.[6]

La production d'électricité n'est qu'une résultante de différentes transformations successives d'énergie chimique contenue dans le gaz naturel provenant des puits de Hessi R'mel



VIII- L'origine d'énergie dans la centrale

VIII- 1-L'énergie chimique :

L'Énergie chimique contenue dans le gaz naturel sera transformée en énergie thermique après la combustion du mélange **air/gaz** ou **les 24 brûleurs** de chambre de la combustion dans la turbine à gaz.[6]

VIII- 2-L'énergie calorifique

L'air est comprimé par le compresseur et dirigé vers le système de combustion. À l'intérieur du système de combustion de turbin à gaz, l'air est mélangé au combustible, le mélange est allumé. Les gaz de combustion chauffés et comprimés circulent ensuite vers la turbine. Les gaz de combustible se dilatent au fur et à mesure qu'ils circulent à travers la turbine, induisant sa rotation, La chaleur engendrer par cette combustion va être cédée à l'eau qui circule dans les tubes vaporisateurs ou tubes écrans. Cette chaleur (énergie calorifique) sera véhiculée par l'eau et la vapeur jusqu'au turbin à vapeur. [6]

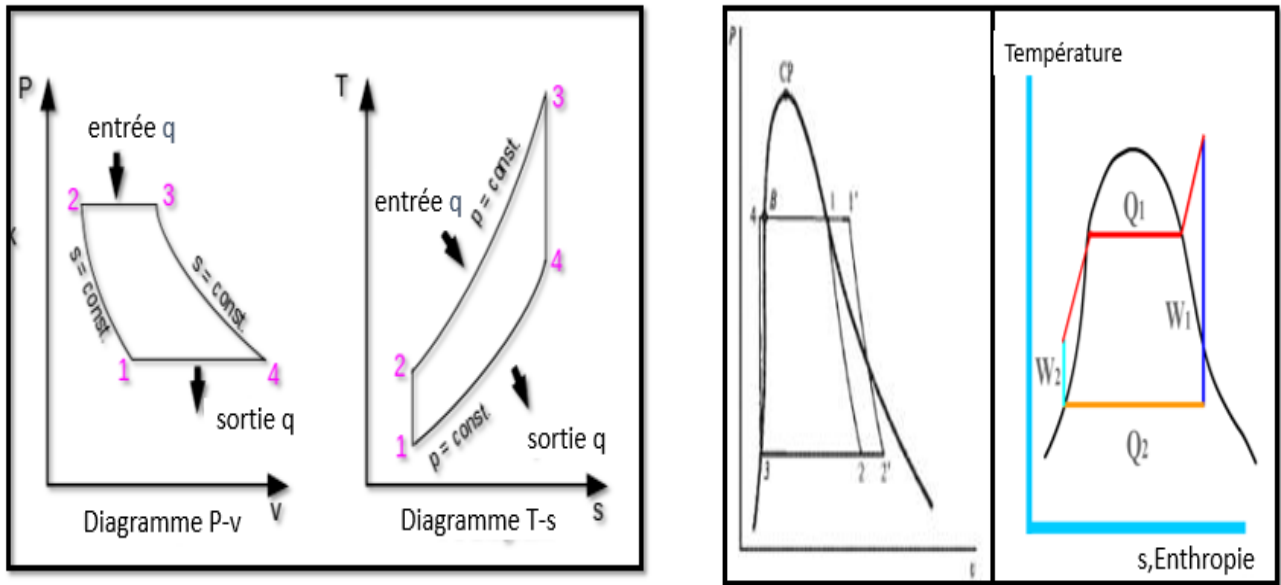


Figure I-4 cycles de baryton et ranclin en fonction de T, V, Ds

VIII- 3-L'énergie mécanique

Le mouvement de rotation de l'arbre des turbines tournant à **(3000 tr / min)** produire une énergie mécanique, équivalent à une fréquence de **50Hz**. [6]

VIII- 4-L'énergie électrique

Le rotor de l'alternateur va donc "être entraîné par la rotation de l'arbre turbine à gaz et turbine à vapeur, cela produira alors une énergie électrique à la sortie d'alternateur. [6]

VIII- Conclusion

La central électrique à cycle combiné de RAS DJENAT comporte des équipements nombreux et divers ainsi que des systèmes d'exploitation. Se qui rend l'étude très consistante et prend beaucoup de temps, Pour cette raison on à essaye d'englober les parties les plus important des procédures de la central.

I-Introduction

Dans l'industrie comme dans la vie de tous les jours, la réduction des risques à un niveau plus faible est acceptable par des gens plus au moins compétente à été le souci permanent des chefs d'entreprise et les responsables, Pour cela des méthodes, des techniques et des outils ont été développés dès le début du 20^e siècle. Parmi ces outils on peut citer la démarche d'analyse des risques .ce chapitre présente la démarche adoptée pour l'analyse des risques associés a l'exploitation d'installations industrielles. Cette démarche se compose de plusieurs étapes en se basant sur plusieurs méthodes. Il est important de commencer ce chapitre par des définitions de base.

II- Quelques définitions de base

Risque

Définition du «risque » est donnée par alain villemeur : « mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable ». [1]

Facteur du risque

Toute condition ou tout facteur indiquant une augmentation du risque de développer une maladie ou d'entraîner un accident ou un décès ou des dommages matériels et financiers. [1]

Les zones du risque :

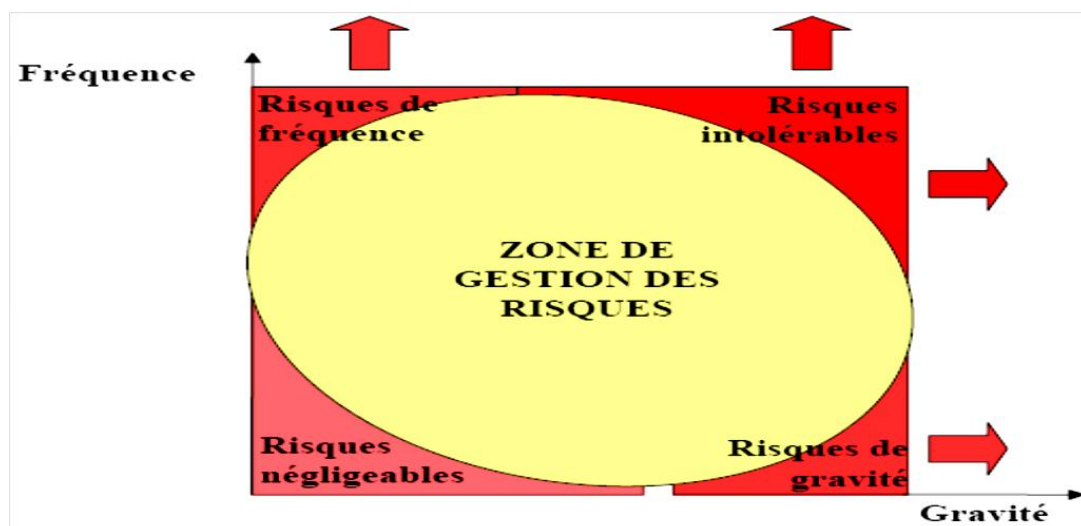


Figure II - 1 Les zones du risque

Les caractéristiques d'un risque :

Fréquence (f) : mesure la probabilité d'occurrence de l'événement dommageable ;

Gravité (g) : mesure les conséquences du sinistre ;

Criticité (c) : indicateur de l'acuité du risque.

$$\text{CRITICITÉ} = \text{FREQUENCE} \times \text{GRAVITÉ}$$

Situation à risque :

Une situation à risque est une situation de travail dans laquelle se retrouvent un ou plusieurs facteurs de risque. [1]

Danger :

Propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement. [1]

Situation dangereuse :

Une situation dangereuse est une situation à risque dans laquelle le ou les facteurs de risque sont tels que la probabilité de survenu d'une lésion professionnelle, d'un dommage matériel ou d'un arrêt de production. [1]

Phénomène dangereux

Phénomène physique tel un incendie, une explosion, la dispersion d'un nuage toxique. Susceptible de conduire à des dommages sur les personnes, ou sur l'environnement. [1]

Domage

Peut se définir comme une blessure physique ou bien une atteinte à la santé des personnes, cette définition ne se limite pas uniquement sur les dégâts sur la santé de l'être humain, mais elle englobe aussi l'atteinte aux biens ou à l'environnement. [1]

Accident

Un événement non souhaité, engendrant la mort, un mauvais état de santé, une blessure ou autre perte sur le matériel. [1]

Incident

Un incident est un événement non planifié causant des blessures, des dégâts matériels. [1]

Sécurité du travail

La sécurité du travail se définit comme étant l'absence (relative) des risques d'accident. [1]

Événement non souhaités (ENS) :

Ce sont les dysfonctionnements susceptibles de provoquer des effets non souhaités sur l'individu, la population, l'écosystème, l'installation. [1]

Evénement initiateur (EI) :

L'événement initiateur d'un accident correspond à une cause directe d'un événement redouté central (perte de confinement ou d'intégrité physique). La corrosion, les agressions d'origine externe, une montée en pression ou en température notamment sont généralement des événements initiateurs d'un accident. [1]

Evénement redouté central (ERC)

L'événement redouté central correspond aux conséquences ultimes d'une dérive ou défaillance affectant un équipement dangereux. Il se rapporte généralement à une perte de confinement ou une perte d'intégrité physique. [1]

Evénement indésirable

Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies. Le sur remplissage ou un départ d'incendie à proximité d'un équipement dangereux peuvent être des événements indésirables. [1]

Evénement majeur (EM)

Exposition de cibles (personnes, environnement ou biens) aux effets d'un phénomène dangereux. [1]

Prévention

C'est la diminution d'occurrence (ou de la fréquence) d'un événement non souhaité. La prévention est aussi appelée sécurité primaire dans certaines techniques du danger. [1]

Protection

C'est minimiser la gravité d'un l'événement non souhaité. La protection est aussi appelée sécurité secondaire dans certaines techniques du danger. [1]

III - l'analyse des risques**III-1- Définition**

L'analyse du risque est définie dans le guide iso/CEI 51:1999 comme «l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ». L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens. [8]

Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).consécutivement à cette

identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque à un niveau jugé acceptable.

Son estimation peut être effectuée de manière semi-quantitative à partir :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survienne,
- D'un niveau de gravité de ce dommage.

Bien entendu, l'acceptation de ce risque est subordonnée à la définition préalable de critères d'acceptabilité du risque. Ainsi, la finesse dans l'estimation du risque dépend en partie de ces critères. [8]

III-2-Méthodes d'analyse des risques

A fin de prévenir les risques associés à un procédé, un certain nombre de méthodologies ont été développées pour procéder à une analyse systématique des risques et de leurs conséquences . [9]

Ces méthodologies servent à mettre en évidence toutes les sources de dangers, à identifier les risques posés par les éléments du système et leurs interactions, à anticiper des dérives et mettre en place des mesures de sécurité (ou barrières dans le cas d'accidents majeurs), pour d'une part éviter que ces déviations apparaissent et d'autre part en limiter les conséquences dans les cas où cette déviation ne pourrait être corrigée. L'application de méthodes d'analyse de risques permet donc de regrouper un certain nombre de données dans le but de maintenir à tout instant l'installation en sécurité que ce soit en fonctionnement normal ou en marche dégradée. [9]

III-3- Classification des méthodes d'analyse

III-3-1- Méthodes quantitatives et qualitatives

III-3-1-a- Méthodes quantitatives

Les analyses quantitatives sont supportées par des outils mathématiques ayant pour but d'évaluer la sûreté de fonctionnement et entre autres la sécurité, cette évaluation peut se faire par des calculs de probabilités (par exemple lors de l'estimation quantitative de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté) tels que les arbres de défaillances ou bien par recours Aux modèles différentiels probabilistes tels que les chaines de markov, les réseaux de pétri, Les automates d'états finis, etc. [9]

III-3-1-b- Méthodes qualitatives

L'APR, HAZOP restent des méthodes qualitatives même si certaines mènent parfois aux estimations de fréquences d'occurrence avant la classification des risques. La plupart des méthodes revêtent un caractère inductif dans une optique de recherche allant des causes aux conséquences éventuelles. En contrepartie, il existe quelques méthodes déductives qui ont pour but de chercher les combinaisons de causes conduisant à des événements redoutés. [9]

III-3-2- Approche déterministe et approche probabiliste**III-3-2- a- Approche déterministe**

L'approche déterministe a généralement été adoptée dans les domaines à haut risque Tels que nucléaire, militaire, transports guidés, où le moindre risque significatifs est traqué et Réduit à la source. Elle consiste à recenser les événements pouvant conduire à un scénario d'accident en recherchant le pire cas possible et en affectant une gravité extrême à ses conséquences potentielles. Par conséquent, les sous systèmes critiques (systèmes de Sauvegarde, de protection et de prévention) sont dimensionnés pour éviter toute défaillance Dangereuse et organisés rigoureusement selon une stratégie de défense en profondeur. [9]

III-3-2-b- Approche probabiliste

L'approche probabiliste fait intervenir le calcul de probabilités relatives à l'occurrence d'événements faisant partie du processus de matérialisation d'un scénario d'accident donné. Il s'agit d'une approche complémentaire qui permet d'analyser le dispositif de défense en profondeur décidé à l'issue d'une approche purement déterministe, ceci a été le cas dans le domaine nucléaire ou les techniques probabilistes viennent appuyer l'approche déterministe.

III-3-3- Démarche inductive et démarche déductive**III-3-3-a- Démarche inductive**

Le principe de ces méthodes consiste à partir d'une cause d'anomalie (défaillance, erreur humaine, agression externe, etc.) Et à déterminer les scénarios d'événements qui en résultent et/ou l'ensemble de ses conséquences possibles. [9]

III-3-3-b- Démarche déductive

Les méthodes d'analyse déductive ont pour finalité la recherche des combinaisons des Causes possibles d'un événement redouté [9]

III-3-Le tableau suivant présente un panorama des méthodes d'analyse des risque

Le tableau présente une synthèse des principales caractéristiques des méthodes d'analyse de risque : inductive/déductive, déterministe/probabiliste, phases du cycle de vie du système, domaines d'application privilégiés. [9]

Tableau II-1 Panorama des méthodes d'analyse de risque

Méthodes	Inductive/ Déductive	Déterministe/ probabiliste	Phases du cycle de vie du système	Domaines d'applicatio n
Analyse Préliminaire des risques (APR)	Inductive	Déterministe et Probabiliste	Conception, Exploitation, test & validation modification	Domaines aéronautique et militaire, Secteurs industriels
Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)	Inductive	Déterministe	Conception, Exploitation, test & validation modification	L'industrie aéronautique, Secteurs industriels, défaillance des matériaux et des équipements
Analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	Inductive	Déterministe et Probabiliste	Conception, Exploitation, test & validation modification	L'industrie aéronautique, secteurs industriels, défaillance des matériaux et des équipements
Arbre d'événements (ADE)	Inductive	Probabiliste	Test & validation Modification, exploitation	Domaines du nucléaire
Arbre de défaillances (ADD)	Inductive et déductive	Probabiliste	Conception, Exploitation test & validation	L'industrie Aéronautique, nucléaire, chimique, etc
Hazard and operability study (HAZOP)	Inductive	Déterministe	Conception, Exploitation test & validation	Systèmes thermo hydrauliques , l'industrie chimique et pétrochimie
Méthode organisée systémique D'analyse des risques (MADS)	Inductive	Déterministe	Conception, Exploitation test & validation	Systèmes thermo hydrauliques , l'industrie chimique et pétrochimie

Méthodologie d'analyse de dysfonctionnement Des systèmes	Inductive	Déterministe	Conception, Exploitation test & validation	Secteurs industriels
Nœud papillon	Inductive et déductive	Probabiliste	Conception, Exploitation test & validation	Secteurs industriels
WHAT-IF	Inductive	Déterministe	Conception, Exploitation test & validation	Systèmes thermo hydrauliques, l'industrie chimique et pétrochimie

III-4- Critères de choix d'une méthode d'analyse

- Domaine de l'étude.
- Stade de l'étude (spécification, conception, .., démantèlement).
- Perception du risque dans ce domaine.
- Culture de la sûreté de fonctionnement de l'organisation.
- Caractéristiques du problème à analyser.
- Niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.
- Savoir-faire des intervenants.
- Nature des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.).
- Retour d'expérience et base de données disponibles.
- Moyens humains, logistiques.

Toutefois, l'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité. En effet, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complétude et une bonne cohérence en termes de résultats. Les paragraphes suivants présentent la méthode utilisées au cours de ces travaux l'analyse qualitative (la méthode HAZOP) [9]

IV-Méthodologie d'analyse des risques par la méthode HAZOP

IV-1-Objectif de l'analyse

L'objectif de cette analyse est de permettre de vérifier la maîtrise des risques dans les installations étudiées. Elle consiste à étudier systématiquement les scénarios des déviations potentielles des paramètres d'exploitabilité par rapport à l'intention de conception, à l'examen de leurs causes possibles, à identification des dispositions préventives qui y sont Associées et à l'évaluation de leurs conséquences attendues. [3] [2]

IV-2-Principe

La méthode d'analyse utilisée est la méthode HAZOP « **HAzard and OPérabilité studies** », à l'origine HAZOP était une technique développée pour les systèmes impliquant le traitement d'un milieu fluide ou autre flux de matière dans les industries de transformation. En général, les études HAZOP ont pour objet d'identifier tous les dangers et tous les problèmes d'exploitation, quel que soit leurs types ou leurs conséquences. La restriction d'une étude HAZOP à l'identification des dangers permet une réalisation plus rapide et plus efficace.

Le principe de la méthode HAZOP est « l'examen avec des mots-clés » qui est une recherche réfléchie des déviations par rapport à l'intention de conception. Pour faciliter l'examen on divise le système en parties, La taille de la partie choisie dépend généralement de la complexité du système et de la sévérité du danger. Les parties peuvent être des étapes ou des phases discrètes d'une procédure, des entités d'un système de commande, un équipement ou des composants d'un processus ou d'un système. La méthode HAZOP examine chaque partie pour y rechercher les déviations par rapport à l'intention de conception susceptibles d'entraîner des conséquences indésirables. Pour identifier ces déviations, elle emploie un système de question dans lequel interviennent des « mots-clés » prédéfinis.

Le rôle de mots-clés est de stimuler l'imagination, de focaliser l'étude et de soulever des idées et des discussions de façon à augmenter les chances de réalisation d'une étude complète. Les principaux mots-clés et leurs significations sont présentés dans le tableau suivant :

La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI : 61882 « études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – **guide** d'application ». [2]

Tableau II-2 Principaux mots-clés avec leur signification générale

Type de deviation	Mot-guide	Exemples d'interprétation
Negative	Ne pas faire	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	Plus	Augmentation quantitative
	Moins	Diminution quantitative
Modification qualitative	En plus de	Présence d'impuretés – exécution simultanée d'une autre opération/étape
	Partie de	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	Inverse	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	Autre que	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	Plus tot	Un événement se produit avant l'heure prévue
	Plus tard	Un événement se produit après l'heure prévue
order sequence	Avant	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	Après	Un événement se produit trop tard dans une séquence

IV-3-Détermination des causes possibles

Pour chaque dérive de paramètre, sont listées les causes possibles d'occurrence, ce sont des événements indésirables pouvant conduire à la déviation potentielle des paramètres d'exploitabilité. Il s'agit généralement de causes indépendantes conduisant à elles seules à l'événement. [2]

IV-4-Détermination des conséquences

Dans la colonne « conséquences » est précisé le ou les phénomènes dangereux associés à la déviation potentielle : disjonction des pompes ou de la station, fuite de gaz, type d'incendie, effets d'explosion, le scénario d'accident retenu implique des effets physiques (flux thermique, onde de surpression, projection de fragments) qui engendrent des dommages ou dégâts conséquents. [2]

IV-5- Mesures de sécurité existantes

La colonne « mesures de sécurité » rassemble toutes les mesures de prévention et de protections relatives à l'événement indésirable soit :

- Détection : par capteur ou directement par le personnel.
- Intervention par vanne d'isolement, localement ou à distance.
- Dispositif de dépressurisation ou vidange d'urgence.
- Protection incendie active (extinction,)
- Les dispositions organisationnelles associées à ces mesures (consignes, procédures).

V-mise en œuvre de la méthode HAZOP

Les tableaux des feuilles de programmation HAZOP de l'analyse de risques inhérents au system turbo-alternateur sont présentés dans (chapitre IV).

VI-Conclusion

Les différentes méthodes d'analyse des risques mis en application pour fait ressortir certains évènements indésirables qui peuvent maintenir les trois cibles (l'homme, la machine, et l'environnement) mais nous sommes intéressés à la méthode HAZOP car nous trouvons le choix optimale pour notre étude.

I-Introduction

Ce travail présente tout d'abord les organes principaux d'un turboalternateur en même temps s'attarder sur son fonctionnement, avec notamment ses types de refroidissement. La turbine à vapeur reste l'entraînement le plus courant pour les grandes puissances, la turbine à combustion connaît depuis ces dernières années une progression importante, liée à sa facilité de mise en œuvre et ses bas coûts d'investissement, Dans ce chapitre je vais vous présenter les différentes composantes du système turbo-alternateur et sa fonction, ainsi que le cycle combiné.

II- Etude de système turbo-alternateur

II- 1- Définition

Le turboalternateur est un alternateur entraîné à grande vitesse de rotation par une turbine à vapeur ou une turbine à gaz (Plus souvent appelée turbine à combustion) La puissance unitaire des turbo-alternateurs et la structure des réseaux et des centrales ont considérablement évolué depuis les débuts de l'électrification, différentes configurations de turboalternateur sont possibles : on peut par exemple soit avoir une turbine à combustion, une turbine à vapeur et un alternateur commun sur la même ligne d'arbre (**central de RAS DJENAT**).[5]

II-2-Le système fonctionne selon un cycle combiné.

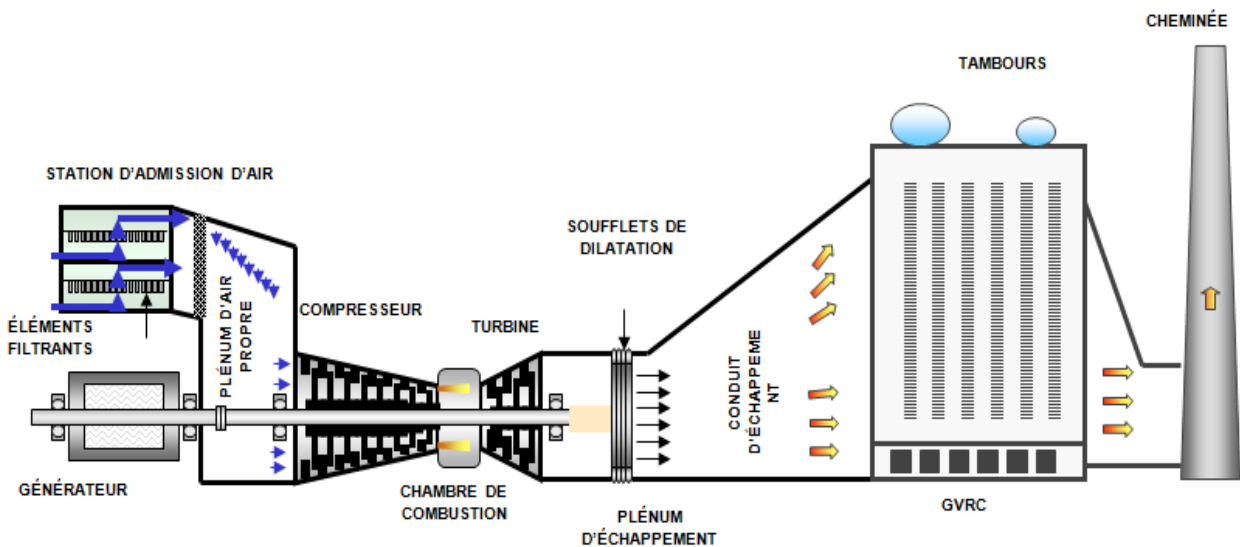


Figure III-1 Schéma de turbine à gaz en mode cycle combiné

Le cycle combiné consiste à récupérer l'énergie thermique des gaz très chauds à l'échappement de la turbine à combustion, pour produire dans une chaudière de récupération de la vapeur utilisé pour alimenter un groupe turbo-alternateur. ? Elle repose sur un **système de double cycle** : [5]

II-2-1-Cycle air : est constitué d'une ou plusieurs turbine(s) à gaz. Un compresseur comprime de l'air, qui vient alimenter une chambre de combustion dans laquelle le gaz naturel est brûlé. Les gaz chauds produits font tourner la turbine, laquelle entraîne un alternateur produisant de l'électricité. En fin de cycle, un transformateur élève la tension pour permettre l'injection de l'énergie sur le réseau électrique. [5]

II-2-1- Cycle eau /vapeur (cycle de récupération) débute à la sortie des gaz chauds de la turbine à gaz. Ils sont injectés dans une chaudière de récupération (**GVRC**), puis évacués dans l'atmosphère par la cheminée. La vapeur produite est ensuite utilisée dans une turbine à vapeur couplée au même alternateur l'intermédiaire d'un embrayage, puis envoyée dans un condenseur pour repartir vers la chaudière de récupération sous forme d'eau... laquelle pourra de nouveau être vaporisée. [5]

II-3-Présentation d'installation du système turbo- alternateur [6]

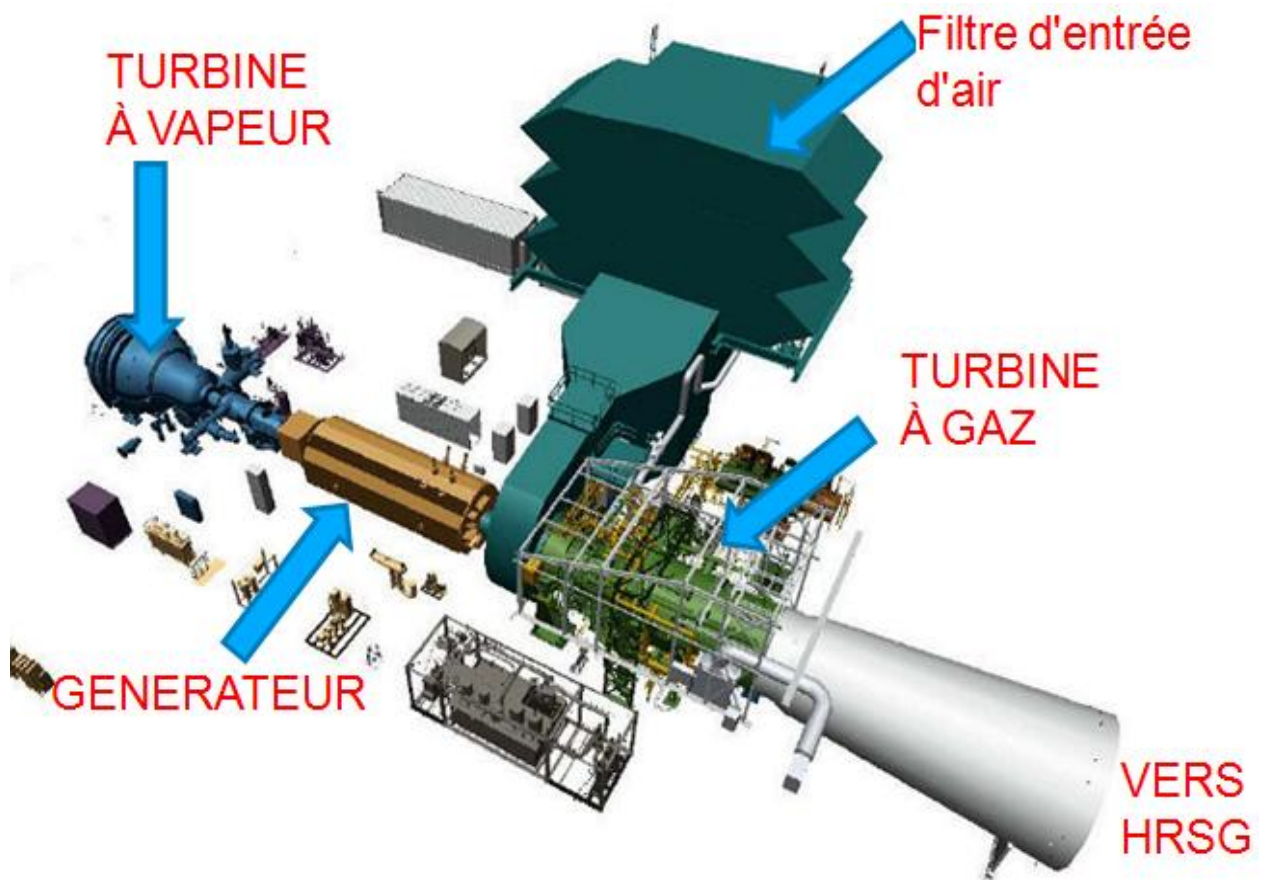


Figure III-2 Système turbo-alternateur de la centrale de Ras Djenat.

III- Composant de système

III-1- L'alternateur (générateur)

Le générateur est l'équipement électrique le plus important de toute la centrale électrique. Le générateur a pour rôle de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique il est capable d'évacuer le courant de la sortie de la turbine à gaz (turbine à gaz + turbine à vapeur) à laquelle il est connecté sans dépasser la limite de température admissible stipulée par la norme pertinente sur l'ensemble de la plage de température ambiante du site. [6]

Comme l'illustre (la figure III-2), un générateur à arbre unique a été utilisé pour ce projet. Celui-ci est directement couplé à la turbine à gaz à une extrémité et couplé à la turbine à vapeur à l'autre extrémité grâce à un dispositif de serrage. La sortie du générateur est connectée par un transformateur élévateur. [6]

III-2-Turbine à gaz (turbine à combustion)

Une turbine à gaz appelée aussi (turbine à combustion), est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans l'hydrocarbure. [5]

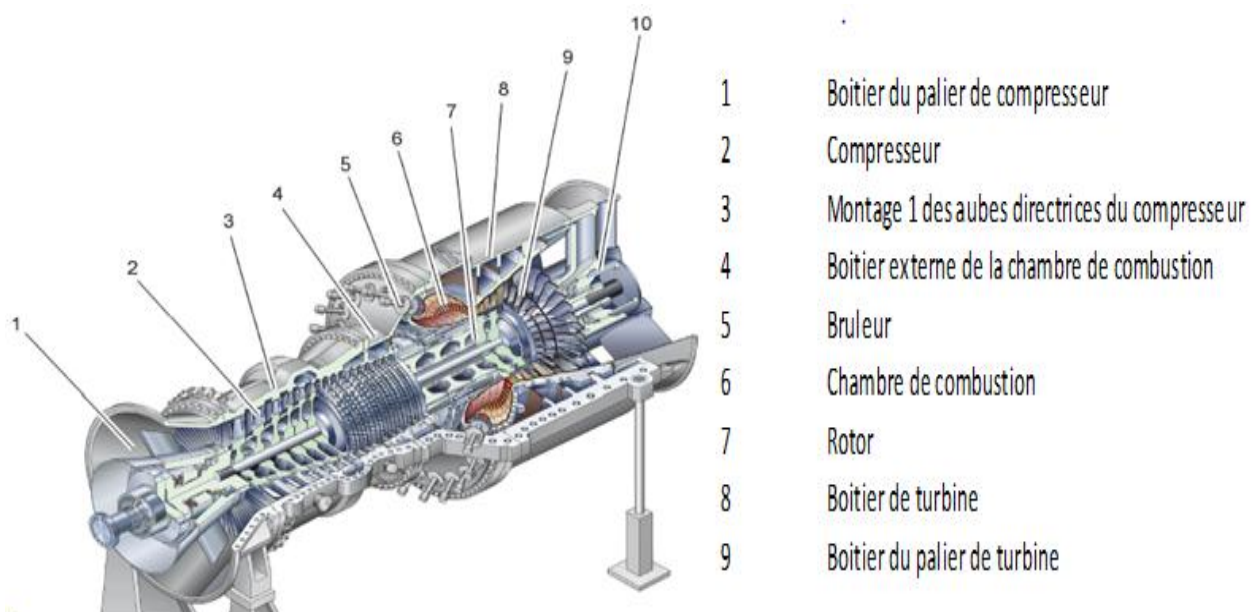


Figure III- 3 Turbine à gaz SGT5 4000F

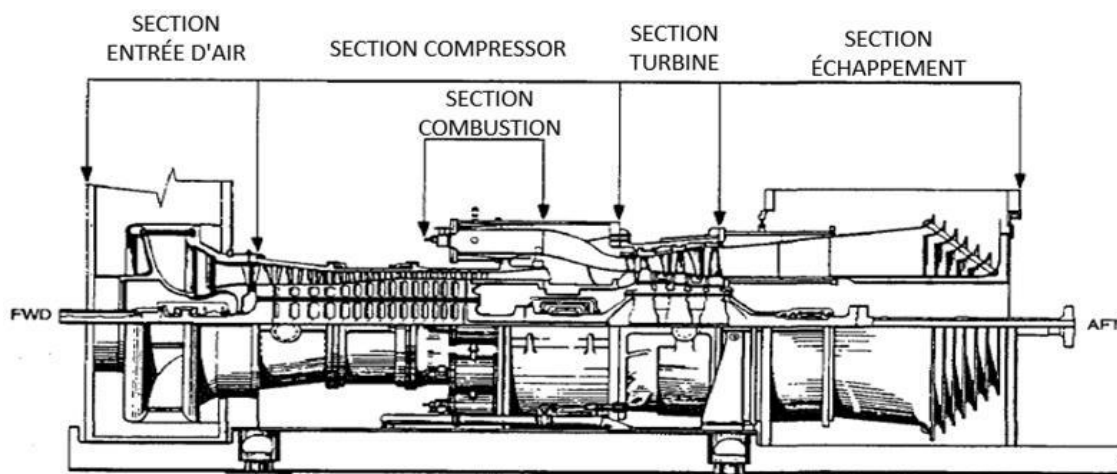


Figure-III- 4 Différentes sections de la turbine à gaz SGT5 4000F

III-2-1-Composant de turbine à gaz SGT5 4000F

III-2-1-1-Compresseur d'air multi-étagé

En général, l'air d'admission est comprimé en étages par une série d'aubes sous forme de voilure stationnaire et rotative. Les aubes rotatives (rotor) fournissent de la force pour augmenter la vitesse de l'air dans chaque étage et les aubes stationnaires (stator) convertissent la vitesse en pression et guident aussi l'air vers le prochain étage du rotor. Les aubes du rotor du compresseur sont attachées à des roues qui sont tournées par l'arbre de la turbine à gaz.

- 80% de l'air comprimé est utilisé comme air de combustion dans la turbine.
- 5% de l'air comprimé est extrait des différents étages du compresseur et utilisée pour les accessoires de la turbine à gaz (ex. Refroidissement des aubes de la turbine, le nettoyage du filtre à air d'entrée et l'étanchéité du roulement).

Les composants de compresseur sont :

a) Rotor du compresseur

Le rotor porte les aubes du compresseur à 15-étages et l'aubage de la turbine à 4-étages, convertit l'énergie cinétique en pression dans le compresseur et la pression en couple dans la turbine.

b) Stator du compresseur

Le stator a la tâche de sécuriser les bagues à ailette aubes ainsi que les aubes individuelles et de transmettre les forces de réaction du flux et de la pression sur le boîtier externe. Les aubes directrices d'entrée à pas variable dans la rangée 0 permettent la modulation du débit massique de l'air aspiré. Ceci améliore l'efficacité à charge partielle du processus de cycle combiné.

c) Aubes du compresseur

Les aubes du compresseur convertissent l'énergie mécanique en énergie cinétique en tournant les aubes et l'énergie cinétique en pression de l'air comprimé dans les aubes stationnaires et donc ensemble avec les ailettes contribuent à la hausse de pression.

d) Ailette du compresseur

Les aubes du compresseur détournent le débit d'air dans un sens contraire au sens de rotation du rotor.

e) Mécanisme d'actionnement des aubes du compresseur

Le débit d'air à travers la turbine à gaz est régulé en ajustant par des aubes directrices d'entrée du compresseur. Quand les ailettes sont ouvertes, le débit d'air à travers la turbine à gaz augmente.

f) Diffuseur de sortie du compresseur

Le diffuseur de sortie du compresseur réduit la vitesse du flux en aval de l'aubage du compresseur. Ceci résulte dans la transformation hautement efficace de l'énergie cinétique de l'air comprimé en pression statique.

III-2-1-2- Chambre de combustion

La chambre de combustion est donc un réchauffeur d'air à chauffage direct dans lequel le combustible est brûlé, les produits de combustion sont ensuite mélangés avec l'air restant pour atteindre une température d'admission en turbine appropriée, Le système de combustion de cette turbine à gaz est composé des éléments suivants :

24 brûleurs à combustion sèche et à faible production de NOX pour un fonctionnement à basse émission polluante avec des combustibles gazeux et liquides.

Un profil de sortie de chambre de combustion homogène pour minimiser les contraintes thermiques et mécaniques de la turbine.

Une chambre de combustion annulaire avec des boucliers thermiques individuellement remplaçables pour un entretien facile et une interruption réduite, ce qui entraîne une plus grande disponibilité.

III-2-1-3-Turbine axiale multi-étagée

L'action des gaz de combustion chauds pressurisés qui se développent à travers la section turbine convertissent l'énergie des gaz chauds en travail mécanique.

Les gaz d'échappement chauds sont développés à travers la turbine en étages par une série d'aubes sous forme de voilure stationnaire et rotative. Alors que les gaz à haute énergie se développent à travers les aubes stationnaires (buses), une partie de l'énergie thermique est convertie en énergie cinétique. L'énergie cinétique est ensuite transférée vers les aubes rotatives (aubes de turbines) et convertie en travail.

Les principaux composants de la turbine axiale multi-étagée sont comme suit

a) Aubes de turbine

Les aubes de la turbine convertissent l'énergie thermique du gaz chaud en énergie mécanique.

- Les aubes dans les trois premiers étages du rotor sont refroidies par l'air.
- L'air de refroidissement entre dans le profil aérodynamique via le pied de pale et sort des aubes dans les deux premiers étages à travers des alésages de refroidissement par pellicule et des fentes coulées, les dernières sont situées sur le bord de fuite.

b) Stator de turbine

Le stator de la turbine a la tâche de sécuriser les aubes en position et de transmettre les forces de réaction du flux et de la pression sur le boîtier externe.

c) Ailettes de turbine

La dilatation se produit à travers les ailettes de la turbine (aubes stationnaires/buses) (c'est-à-dire la pression est convertie en énergie cinétique). Ensemble avec les aubes de la turbine, les aubes de la turbine convertissent l'énergie cinétique du fluide moteur en énergie mécanique.

d) Boitier de la turbine

Comme le boitier externe 2, le boitier externe 3 forme une partie de la coque externe sous pression de la turbine à gaz. il est situé en aval du boitier externe 2 et il enferme la chambre de combustion annulaire du bruleur et la turbine. Il est divisé horizontalement sur la ligne médiane. Le boitier du palier de l'extrémité de la turbine qui supporte cette extrémité du rotor est bridée à son extrémité en aval.

III-2-1-4- Diffuseur d'échappement

L'échappement de la turbine est alimenté à travers le diffuseur de sortie, le système d'échappement en aval et dans la cheminée ; dans le processus, la pression statique augmente en fonction de la baisse de la vitesse.

- Durant le démarrage et l'arrêt de la turbine à gaz, l'air purgé du compresseur est alimenté à travers les conduits de vidange branchés à trois buses de canalisation qui déchargent dans le diffuseur d'échappement.
- Un trou sur la largeur d'homme situé dans la partie supérieure du diffuseur d'échappement est fourni pour permettre l'accès au diffuseur d'échappement durant les inspections.

III-2-2-Fonction de la turbine à gaz

Quand la turbine à gaz est mise en marche, l'air ambiant est aspiré à travers le système d'air d'admission où il est filtré et puis dirigé vers l'entrée du compresseur. L'air est comprimé par le compresseur et dirigé vers le système de combustion. À l'intérieur du système de combustion, l'air est mélangé au carburant (gaz naturel ou mazout ou les deux ou un autre carburant) et le mélange est allumé. Les gaz de combustion chauffés et comprimés circulent ensuite vers la turbine. Les gaz de combustible se dilatent au fur et à mesure qu'ils circulent à travers la turbine, induisant sa rotation. La turbine rotative actionne le compresseur et les équipements accessoires avec un excès d'énergie disponible pour produire une puissance d'arbre qui actionne le générateur électrique. Les gaz sortant de la turbine s'échappent dans l'atmosphère et sont dirigés vers l'équipement de récupération de chaleur à travers un système d'échappement. Le nombre d'étages dans le compresseur et la turbine peut varier, mais il y a toujours un processus de compression suivi par le chauffage, la dilatation du fluide de fonctionnement (le gaz de combustion). La tension d'électricité de sortie du générateur est augmentée par générateur step up transformateur et alimentée à travers les jeux de barres au gri ou à une autre destination.

III-3-Auxiliaire de la turbine à gaz SGT5 4000F

La continuité et la qualité de fonctionnement de la turbine, sa durée de vie, dépendent fortement de l'état des organes de cette partie, de leur rapidité ainsi que leur temps de réponse. La partie auxiliaire se compose de :

III-3-1 Système d'admission

Le système d'admission d'une turbine à gaz a pour but de diriger l'air vers la section d'admission du compresseur axial (fig III-5), Le système d'admission d'air est conçu pour alimenter le compresseur de la turbine à gaz en air de combustion et pour protéger l'aubage du compresseur de la turbine à gaz contre l'usure prématurée. L'air de combustion aspiré par le compresseur est nettoyé dans une combinaison de filtres auto-nettoyants par étapes. Un système d'admission d'air a été prévu pour chaque module de turbine à gaz (TG). [6]

- L'utilisation prévue pour le système d'admission d'air est la suivante :
- L'admission d'air ambiant à une température, une densité et une humidité spécifiques
- Le traitement de l'air de combustion à un certain degré de pureté, de contamination et d'humidité
- La suppression du bruit d'admission à un niveau spécifique
- L'alimentation de la turbine à gaz avec une quantité précise d'air de combustion filtré
- L'acheminement de l'air de combustion traité en un flux continu vers la turbine
- Le lavage des aubes du compresseur via les becs pulvérisateur installés dans un conduit annulaire
- Une bonne filtration de l'air pour le bon fonctionnement de la turbine.

Les filtres à air utilisés comportent des éléments filtrant d'une forme conique (en deux morceaux), ils sont autonettoyant, avec une grande efficacité (par rapport aux filtre classiques), et d'une durée de vie qui peut aller jusqu'à 3ans.

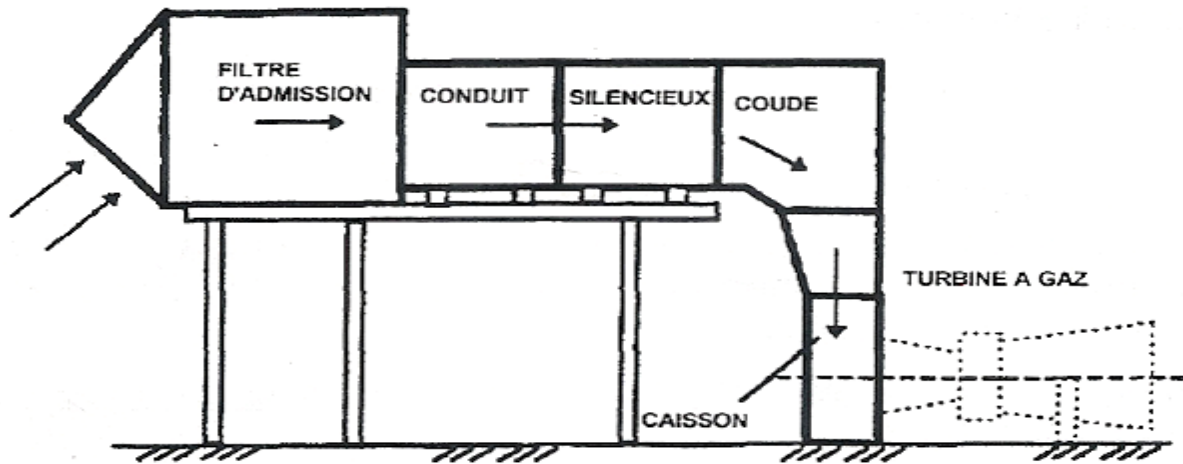


Figure III - 5 : schéma typique d'admission d'air

III-3-2-Système de démarrage

Le convertisseur de fréquence statique allume également la turbine via le générateur pour le nettoyage du compresseur et la purge du générateur de vapeur à récupération de chaleur, en une opération de cycle combiné. [6]

III-3-3-Système de l'huile de lubrification et de levage

L'objectif de ce système est d'alimenter avec l'huile les paliers, les auxiliaires intégrés (Réducteur, accouplements, les vérins hydraulique...etc.). Cette huile doit répondre aux exigences de propreté (filtration), de pression, et de température nécessaire aux différents organes où elle est envoyée. [6]

III-3-3-1-L'huile de lubrification

Le système de l'huile de lubrification aux fonctions d'ingénierie de traitement :

- La lubrification et le refroidissement de la turbine et des paliers du générateur avec l'huile de la turbine purgée du réservoir d'huile principal par les pompes à huile et propulsée via le système de refroidissement et le filtre vers les paliers ; les pressions et les taux de débit sont réglés avec des électrovannes d'étranglement.
- L'alimentation de l'engrenage vireur et de l'embrayage du volant d'inertie avec de l'huile de lubrification.
- Reflux de l'huile de la turbine vers le réservoir d'huile principal.

III-3-3-2-L'huile de levage

Fonctions d'ingénierie de processus du système d'huile de levage lors de l'arrêt de la ligne d'arbre ou à basse vitesse du générateur de turbine pendant le fonctionnement du réducteur hydraulique, Les paliers doivent être enduits d'huile de levage pressurisée, et un film lubrifiant hydrostatique est créé par la pompe à huile de levage entre chaque tourillon et palier. Ce film protège contre le contact métal sur métal entre le palier et le tourillon d'arbre et réduit la friction jusqu'à ce qu'un film lubrifiant hydrodynamique s'accumule lui-même à une vitesse circonférentielle plus élevée du tourillon d'arbre et assume cette tâche. Le système d'huile de levage ne fonctionne plus à une vitesse supérieure à environ **1 560 tr/min.**[6]

III-3-4-System de refroidissement d'huile

Le système de refroidissement d'huile sert à refroidir l'huile de graissage, l'huile hydraulique et l'huile de commande destiné à la réutilisation, l'huile est chauffée lorsqu'elle entre en contact avec les pièces rotatives et doit être refroidie pour retrouver ses qualités afin d'être réutilisée, l'huile traverse la boucle d'un refroidisseur d'huile. [6]

(1) boîtier métallique, (2) moteur, (3) ventilateur axial, (4) échangeur de chaleur.

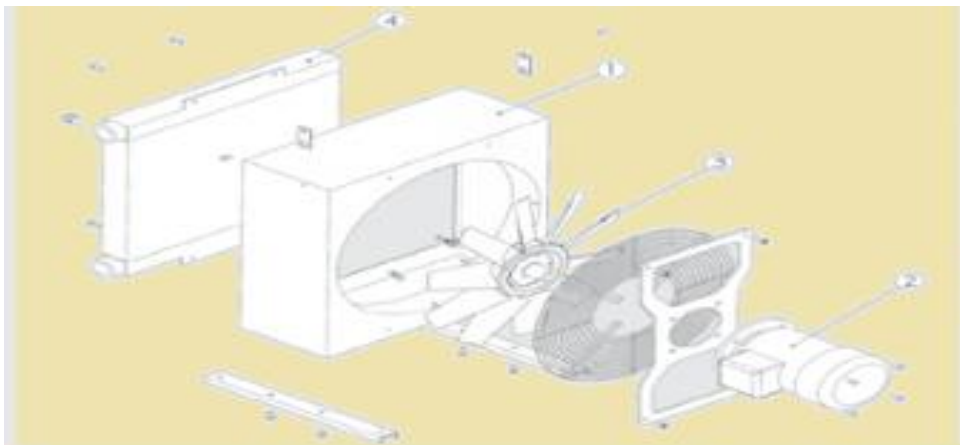


Figure III-6 refroidisseur d'huile de lubrification

III-3-5-Système d'alimentation par le combustible

Le rôle de ce système est d'assurer l'alimentation des chambres de combustion par le combustible (le gaz naturel ou le fioul), avec la pression et le débit appropriés le long du cycle de fonctionnement de la turbine. [6]

L'élément principal dans ce système est l'ensemble vanne de commande et arrêt/détente gaz situé dans la zone accessoire. Avec cette vanne se trouvent aussi les serves vannes de commande, les manomètres et la tuyauterie de distribution aux injecteurs. [6]

III-3-6-Système d'échappement

Il a pour fonction d'injecter les gaz chauds issues de l'échappement de la turbine à gaz vers chaudière de récupération HRSG pour produire de la vapeur ; une partie absorbé par l'intermédiaire des échangeurs thermique, et l'autre partie s'échappe à travers la cheminée principale, ayant des avantages suivants : [6]

- Assurer un niveau de bruit minimal, en réduisant la turbulence des gaz sortant;
- Conformité avec les conditions de sécurité du personnel (bonne isolation thermique);
- Avoir un niveau de fiabilité et de disponibilité adéquat à ceux des éléments restants de la turbine (compresseur, chambre de combustion,...). [6]

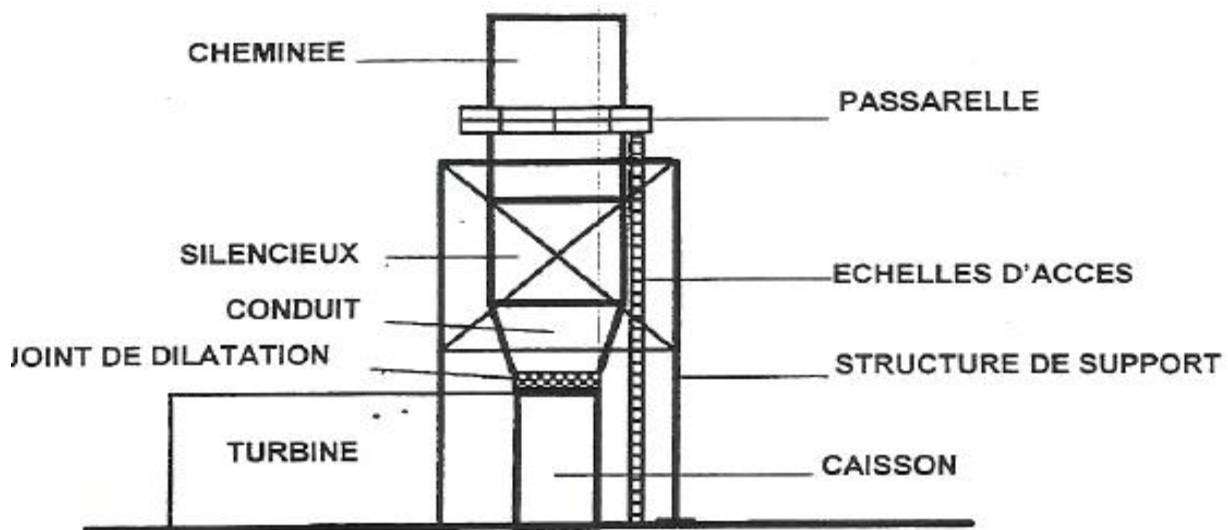


Figure III-7- Système d'échappement

III-3-7-Système de refroidissement par air et d'étanchéité

Dans une turbine à gaz, certaines parties sont confrontées à des contraintes thermiques très élevées leur refroidissement est indispensable, afin d'éviter leur détérioration. Pour cette raison, une partie de l'air frais soutirée du compresseur axial, ainsi qu'une deuxième partie aspirée de l'atmosphère sont envoyées pour le refroidissement des endroits critiques, et servir aussi à l'étanchéité (pressuriser les joints d'huile des paliers), Les pièces refroidies sont :

- Les roues de la turbine du premier et deuxième étage.
- La directrice du premier étage et deuxième étage.
- Le carter du rotor de la turbine.

Il faut ajouter, que l'optimisation des débits d'air refoulés à chaque partie est l'un des problèmes critiques affronté pendant les phases de conception et d'expérimentation d'un prototype, en effet, un excédent d'air de refroidissement serait positif pour la durée de vie des pièces, mais négatif pour le rendement de la machine, et vice-versa. En plus, l'air de refroidissement soutiré du compresseur, ne va pas participer à la combustion, donc il va réduire le travail utile obtenu. [6]

III-4- Turbines à vapeur (TV)

III-4- 1-Généralité

Les turbines à vapeur (TAV) employées dans les installations de cycle combiné ne sont pas différentes de celles qui équipent les autres installations de production d'énergie. Elles sont adaptées au niveau de puissance requis pour l'installation, mais leur technologie reste identique, à savoir qu'il est possible de trouver des machines à étages à action ou réaction. L'une ou l'autre technique est spécifique du savoir-faire de chaque constructeur, La vitesse de rotation des turbines est liée à la puissance à évacuer. Elle se compose de trois corps: haute pression (**HP**), moyenne pression (**MP**), et basse pression (**BP**), qui sont liés avec un seul arbre. La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière de récupération(**GVRC**) en mouvement de rotation de l'arbre, le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur Couplé au même arbre de génératrice avec la turbine à gaz TG. [6]

III-4- 2-FONCTION

Elle a pour rôle de transformer l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre (énergie mécanique), le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.[7]

III-5 La chaudière de récupération (GVRC) ou (HRSG)

III-5-1 Généralité

La chaudière de récupération est l'élément du cycle combiné qui fait le lien entre le Cycle gaz et le cycle eau-vapeur. L'amélioration des performances des cycles combinés est Liée aux progrès technologiques des turbines à combustion et des TAV, mais aussi aux développements des chaudières (augmentation de l'énergie récupérée dans les gaz d'échappement des turbines à combustion. [7]

Positionnement des échangeurs de chaleur plus complexe, résistance des matériaux...).

Les chaudières de récupération sont un assemblage d'échangeurs dont le nombre et l'arrangement dépend de la puissance à transmettre. Indépendamment de la configuration de la chaudière, on distingue deux catégories en fonction de l'arrangement des échangeurs qui sont soit vertical, soit horizontal, une autre différenciation est possible selon que la circulation est assistée ou naturelle. Le choix du nombre de niveaux de pression est une conséquence directe de la turbine à combustion qui a été retenue en amont. Le nombre des niveaux de pression est relativement aisé à deviner sur une installation; il suffit de compter le nombre de ballons dont dispose la chaudière. Les flux massiques et thermiques des fumées guident cette option. [7]

Les dénominations usuelles sont:

- Chaudière à un niveau de pression (1p)
- Chaudière à deux niveaux de pression (2p)
- Chaudière à trois niveaux de pression (3p)

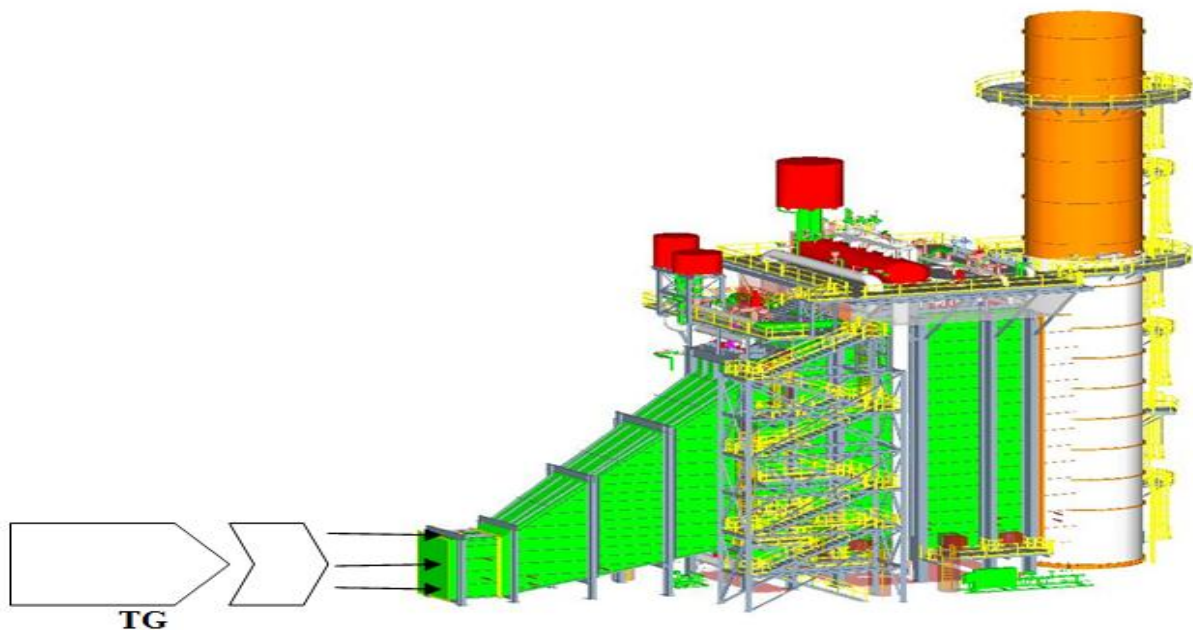


Figure III- 8- Chaudière de récupération (GVRC)

III-5-2 Fonction

La fonction principale du générateur de vapeur à récupération de chaleur (GVRC) est de générer la quantité et la qualité nécessaires de vapeur en utilisant la chaleur rejetée par les gaz d'échappement du turbogénérateur à gaz (GTG) qui est ensuite transportée à la turbine à vapeur pour générer de l'électricité.[6]

Chaque module de la centrale électrique à cycle combiné (CECC) est équipé d'un générateur de vapeur à récupération de chaleur avec tous les accessoires nécessaires.

Le gaz d'échappement de la turbine à gaz (TG) est alimenté à un générateur de vapeur à récupération de chaleur (GVRC) qui est conçu comme une chaudière à trois pressions horizontales avec un réchauffage (trois pressions). [6]

Le GVRC est de type horizontal, entièrement vidangeable, à circulation naturelle avec trois niveaux de pression à savoir haute pression (HP), pression intermédiaire (IP) et basse pression (LP) chacun se complète avec son propre tambour distinct et un système de réchauffement sur la section IP. [6]

La vapeur générée du GVRC sera délivrée à la turbine à vapeur de type échappement axial, réchauffement. [6]

Le GVRC est de type à flux horizontal, sans post-combustion et il produira une vapeur surchauffée au niveau de pression. [6]

Le condensat est alimenté à l'économiseur à pression intermédiaire (LP) par les pompes d'extraction de condensat. Le dés-aérateur est intégré avec le tambour de vapeur de la section basse pression (LP). [6]

Deux pompes centrifuges (type purge), de type à vitesse constante multi-étages, fournissent l'eau d'alimentation aux systèmes suivants :

- Économiseur à haute pression (HP)
- Désurchauffeur à haute pression (HP)
- Économiseur à pression intermédiaire (IP)
- Station de dérivation HP et désurchauffeur de réchauffage
- Le gaz d'échappement sera refoulé dans l'atmosphère à travers la cheminée principale.
- La vapeur refoulée de la TV HP, MP, BP est envoyée vers le condensateur refroidi par l'eau.

IV- Les barrières de sécurité existantes dans le turboalternateur

Chaque compartiment équipé par différentes barrières [4]

IV- 1- Le compartiment auxiliaire

- Deux détecteurs UV/IR ;
- Deux détecteurs de température ;
- Moyens d'extinction automatique par CO₂ ;

IV- 2- Le compartiment turbine

- Deux détecteurs de fumée,
- Six détecteurs de température ;
- Moyens d'extinction automatique par CO₂
- système de dérivation de TV

IV- 3-Systèmes de contrôle et de protection

Ce système est mené pour réduire la probabilité d'occurrence et la gravité de conséquence en cas de l'apparition d'une mauvaise condition d'exploitation.

IV-3- 1- Systèmes de contrôle

Les systèmes de contrôle de la turbine à gaz consistent en des ensembles ou dispositifs de composants montés sur la turbine à gaz, sur le tableau de contrôle électrique et les câbles d'interconnexions entre l'armoire de contrôle et la turbine à gaz, ces dispositifs effectuent un contrôle des différents paramètres (température, vitesse, pression,...), pour assurer le bon fonctionnement de la turbine à gaz. [4]

IV- 3-1-1- Système de contrôle du fuel

La fonction primaire du système de contrôle du fuel est de vérifier la vitesse de la turbine en charge, il comprend également : [4]

- La fonction d'allumage.
- La fonction d'accélération.
- La fonction de contrôle limite du combustible.
- La fonction de contrôle de la température d'échappement.

IV- 3-1-2- Système de contrôle de la directrice du premier étage

Afin de maintenir relativement constante la température d'échappement sous les différentes charges et suivant la température ambiante, l'angle des aubages orientables de la directrice du premier étage est ajusté automatiquement pour pouvoir contrôler la vitesse de la charge suivant le besoin. [4]

IV- 3-1-3- Système de contrôle de la température

Pour obtenir le meilleur rendement de la turbine à gaz il est souhaitable de travailler avec des températures du gaz à l'entrée de la section turbine aussi hautes que possible.

Cependant, afin de travailler à l'intérieur des limites de résistance des pièces il ne faudra pas dépasser un maximum permis de température d'entrée et d'échappement. Ainsi, un système de contrôle de température est nécessaire pour vérifier la vitesse ou la charge dans le cas où la température d'admission ou d'échappement dépasse les limites prescrites. [4]

IV- 3-2- Systèmes de protection

Le système de protection est constitué par un certain nombre de systèmes secondaires et primaires dont certains travaillent à chaque démarrage ou à chaque arrêt. Les autres systèmes et composants sont réservés pour des conditions de marche anormales ou des cas d'urgence demandant l'arrêt de la turbine à gaz. [4]

IV- 3-2-1- Système de protection de survitesse

Le système de protection de survitesse consiste en un système primaire et secondaire. Le système primaire est le système de protection électronique et le système de protection secondaire est le système mécanique, il comprend des corps de survitesse HP, MP et BP. et la turbine auxiliaire de TG La masse de survitesse HP est assemblée dans l'arbre du réducteur des auxiliaires. La masse de survitesse BP est placée dans l'arbre de la turbine seconde étage. [4]

IV- 3-2-2- Système de protection de dépassement de température

Le système de protection de dépassement de température est l'un des systèmes de protection primaires de la turbine à gaz et turbine à vapeur. Le système déclenche une alarme dès que la température dépasse la limite fixée. [4]

IV- 3-2-3- Système de protection et de détection des vibrations

Le système est constitué de plusieurs détecteurs de vibrations. Il agit pour mettre les turbines soit en alarme soit en déclenchement. Les capteurs ou détecteurs de vibrations sont répartis stratégiquement en différents points de la turbine. [4]

IV- 3-2-4-Système de protection et de détection de flamme

Le système sert pour les trois fonctions principales suivantes :

a)- Lorsque la vanne de régulation qui contrôle l'arrivée du combustible pour l'allumage est en fonctionnement et que les circuits d'allumage sont sous tension dans la séquence de démarrage, la vanne d'arrêt de combustible se déclenche si la flamme n'est pas détectée dans le temps réglé du temporisateur d'allumage (généralement 60 secondes). Et les circuits d'allumage ne sont plus sous tension. Cela permet d'éviter un excès de concentration de combustible dans la turbine et dans le système d'échappement pour éviter tout risque d'explosion dans les conduites.

b)- Lorsque la flamme est établie et détectée au moment de l'allumage dans la séquence de démarrage, la détection de la flamme est utilisée pour commander d'autres phases de la séquence de démarrage pour la montée en régime de la turbine. [4]

c)- S'il y a une disparition de flamme après que l'allumage ait été établi, la totalité du débit de combustible à la turbine est immédiatement arrêté pour empêcher le combustible non brûlé de pénétrer dans l'échappement. [4]

V- Conclusion

Il a été examiné à travers ce chapitre la description et le fonctionnement de système turbo-alternateur ce qui nous a permis d'avoir une vision claire sur le système étudié. Pour une meilleure compréhension de notre système et qui facilite l'application des méthodes d'analyse des risques.

Après cela, il faut assurer les mesures prévenues de protection pour prolonger la durée de vie de ce système au maximum

I-Introduction :

Le turbo-alternateur est un système très important dans les industries. Particulièrement l'installation de production de d'électricité qu'ont besoin les grandes machines qui produisent une énergie importante.

Dans le but d'identifier tous les risques qui peuvent altérer le fonctionnement des systèmes qui présentent des accidents majeurs, on 'a choisis d'appliquer la méthode HAZOP sur notre système.

II- Critères de choix de système (turbo-alternateur)

Le système turbo-alternateur est un système très important (stratégique) dans l'industrie de production d'électricité.

le système turbo-alternateur est un system critique.

Système très complexe et présente des différents risques.

Toute défaillance dans le système provoque un arrêt de la production.

Le système turboalternateur est une nouvelle technologie susceptible de généré des phénomènes dangereuses et des risque majeur non connu.

Le système turbo-alternateur est soumis à des contraintes thermiques importantes, ce qui le rend sensible aux dérives et par conséquent augmentation du risque d'incendie et explosion.

III- Critères de choix de l' HAZOP

L' HAZOP est la méthode de référence pour les procédés thermo hydraulique.

L'HAZOP est la méthode de revue systématique en groupe de travail pluridisciplinaire permettant d'identifier et analysé les disfonctionnement susceptibles d'une installation de procédé et mise en place des mesures de sécurité.

IV-Objectif de l'analyse.

- Faire ressortir les dérivés potentiels de système turboalternateur.
- Identifier les causes priori ainsi que les effets.
- Identifier le composant de turbo alternateur qui intervienne dans ces défaillances pour une étude ultérieure plus ciblée.

V. Application de la méthode HAZOP :

Pour appliquer la méthode HAZOP sur le turboalternateur, nous avons sélectionné un nœud dans l'installation de turboalternateur qui présente les caractéristiques suivantes :

➤ Liste des équipements

- Turbine à gaz.
- Générateur de vapeur à récupération de chaleur.
- Turbine à vapeur.
- Alternateur

➤ Liste des nœuds

01-Entrée de TV (turbine à vapeur) / corps HP, MP, BP.

02-Sous système d'admission d'air.

03-Sous système d'alimentation de gaz de combustion, Sous système de combustion.

04-Sous système de lubrification et lavage.

05-Economiseur/ ballon/tube écran évaporateur/ Surchauffeur.

06-Sous système de refroidissement d'hydrogène.

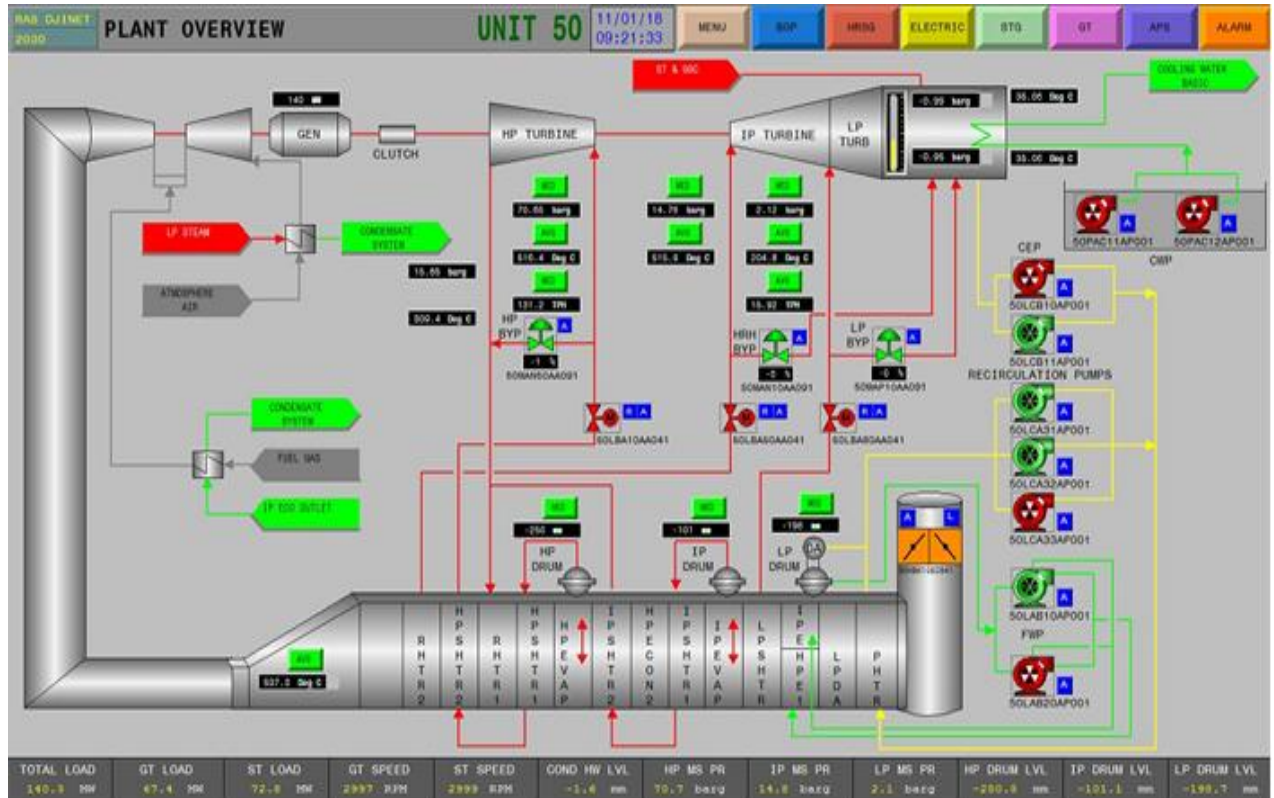


Figure –IV-1 Présentation de l'automate du système turboalternateur

Après le choix de nœud, nous allons citer les déviations que l'on a choisies

Tableau IV-1 Principales déviations choisies

Déviations/Mots clés
1. pas de débit
2. moins de débit
3. Trop de débit
4. Trop de pression
5. moins de pression
6. Trop de température
7. moins de température
8. moins de pureté

On commence l'application de la méthode HAZOP sur les nœuds précités :

Tableau IV-2- Représentation de l'application HAZOP pour l'entrée de TV / corps HP, MP, BP

ligne		Système turbo-alternateur					Date : Juin 2019
Equipement		Turbine à vapeur					ZELMAT BRAHIM
Nœud 01		Entrée de TV / corps HP, MP, BP					
Mission		Rôle/action	Conversation de l'énergie chimique en énergie mécanique				
		Substance	Vapeur sèche				
		Source	GVRC				
		Destination	Condenseur				
N°	Paramètre	Déviations	Limite	Cause	Conséquence	Mesure de sécurité	Amélioration
01	Pression à l'entré de Corp. HP	Plus de	117.92 Bar	-Défaut de régulation -Dysfonctionnement des soupapes de sécurité	-Explosion -Incendie. -Augmentation de vitesse de rotation. -Vibration. -désinstallation de l'arbre	-Détecteur de vibration -Signale alarme. -Contrôle de survitesse. -Contrôle de température -moyen distinction	-Vérification permanent de manomètre. Changement des soupapes
		Moins de		-Défaut de régulation -Percement de conduite de vapeur -Fuite et perte de vapeur.	- Mal fonctionnement de la turbine à vapeur.		Mettre la quantité de vapeur demandée

02	Température de vapeur à l'entrée de Corp. HP	Plus de	565.02°C	-Défaut de régulation -Disfonctionnement de désurchauffeur	-Dilatation de l'arbre -Dégradation de turbine. -Augmentation de T° des corps HP, MP, BP -Usure prématuré -Incendie -Explosion	-Détecteur de dépassement de T°. -Régulation de température - Controle de T°.	- Système de refroidissement automatique -Habilitation et sensibilisation de personnel de danger encouru. -Vérification permanente
		Moins de		-Disfonctionnement de surchauffeur -Mal échange de chaleur	-vapeur humide non désiré. -vapeur non consigné. -dégradation de turbin. -réduction de rendement.		-Faire de diagnostique SDF

Tableau IV-3 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous system d'admission d'aire

Ligne		Système turbo-alternateur					Date : juin 2019
Equipement		L'unité de filtration d'air			TG		ZELMAT BRAHIM
Nœud 02		Sous système d'admission d'air					
Mission		Rôle/action	Assuré l'alimentation de l'air de combustion, filtration, traitement, quantification				
		Substance	L'air				
		Source	Chambre de filtration		Compresseur auxilial		
		Destination	Compresseur axial de turbin à gaz, section de combustion TG /échappement				
N°	Paramètre	Déviaton	Limite	Cause	Conséquence	Mesure de sécurité	Recommandation
01	Débit d'air à l'entré de compresseur auxilial	Plus de	2,5 m³/min	-défaut de régulation -rupture de filtre. -vanne de réduction de pression bloquée ouverte.	-dégradation de matériaux. -corrosion -usure prématurée -réduction de la qualité d'air -augmentation de débit d'air d'échappement. - blessures et fatalité.	-le contrôle de l'entraînement du clapet est effectué par le système de commande de la turbine à gaz.	-ajouter une alarme de débit bas pour détecter une baisse de débit sur l'alimentation d'air de combustion à l'entré de TG.

					-Fuite et perte de gaz		
02		Moins de		-Défaut de régulation -Bouchage de filtre autonettoyant. -Disfonctionnement du clapet d'air d'admission. - Vanne de réduction de pression bloquée fermée.	-Air insuffisant pour la combustion du gaz. -Perte de gaz. -Réduction de rendement de cycle. -Déréglage de TG.	-Le système de nettoyage des cartouches de filtre aéropulsé. - Système de nettoyage d'aubes	-Faire des diagnostics SDF. -Vérification périodique

Tableau IV-4 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous system d'alimentation de gaz de combustion, sous système de combustion

ligne		Système turbo-alternateur						Date : Juin 2019		
Equipement		Turbin à gaz							ZELMAT BRAHIM	
Nœud		Sous système d'alimentation de gaz de combustion				Sous système de combustion				
Mission		Rôle/action		Alimenter la chambre de combustion en gaz						
		Substance		Gaz naturel						
		Source		Conduit de gaz, bruleur, chambre de combustion						
		Destination		La chambre de combustion						
N°	Paramètre	Déviations	Limite	Cause	Conséquence	Mesure de sécurité			Recommandation	
01	Débit de gaz	Plus de	14.3 kg/s	-Défaut de régulation -La vanne de régulation de débit bloquée ouverte. -Soupape de sécurité défaille. -défaillante des instrument de control de pression .	-Fuites de gaz. -Incendie. -Explosion. -Formation d'un nuage gazeux. -Soufflage de flamme qui peut s'éteindre. -Augmentation de la température de combustion. -Dégradation de la turbine	-Alarme audibles et visibles. -Système de détection de gaz est intégrée dans le système de détection d'incendie et d'alarme. -DéTECTEURS de flamme infrarouge. - détecteurs de haute chaleur. -DéTECTEURS de fumée optiques. -DéTECTEUR de °T			-Vérification périodique -Habilitation et sensibilisation de personnel de danger encouru. -Faire de diagnostique SDF	

01						_Installations d'alarmes individuelles, zonées, votées, maîtresses, temporisées, de mise à jour et de taux d'augmentation. -Soupape d'arrêt d'urgence	
01	Débit de gaz injecté	Mois de	14.3 kg/s	-Défaut de régulation -Défaillance de vanne de régulation de combustible. -Encrassement des filtres -Corrosion. -Bouchage de filtre à l'entrée de la chambre combustion	-Gaz de combustion insuffisant. -Diminution de rendement -Arrêt de production.	- Arrêt automatique de TG.	-Vérification périodique -Faire de diagnostique SDF
02	Pression de gaz combustible	Plus de		-Défaut de régulation -Blocage de vanne ouverte. -Disfonctionnement du système de régulation de pression de gaz.	-Explosion - Soufflage de la flamme, -Accumulation de gaz. -Fuite de gaz	- Détection de température -Détection de flamme -Détection de gaz -Extinction automatique au co2 dans le compartiment de la turbine	-Vérification périodique -Faire des diagnostiques SDF
03	Température de combustion	Plus de	1500 C°	-Défaut de régulation - Disfonctionnement de refroidissement -Rupture de l'injecteur	- Explosion -Incendie. -Ruine de TG -Augmentation de T° d'échappement.	-Détection de température. -Détection de gaz -Détection de gaz -Détection de flamme	-Faire des diagnostiques SDF

03				de gaz -Disfonctionnement de régulateur de °T.		-Control de la T° -Alarme visuelle , sonore. Arrêt d'urgence de tg et l'alternateur. -Extinction automatique au co2 dans le compartiment de la turbine	
----	--	--	--	---	--	---	--

Tableau IV-5 Représentation de l'application HAZOP pour le Sous system de lubrification et levage

Ligne				Système turbo-alternateur				Date : Juin 2019
Equipement				TG				ZELMAT BRAHIM
Nœud				Sous système de lubrification et levage				
Mission				Rôle /action	Alimenter le compartiment de TG en huile de lubrification			
				Substance	L’huile de lubrification			
				Source	Caisse à huile de lubrification			
				Destination	Palier, les auxiliaires intégrés vérins hydraulique, l’arbre			
N°	Paramètre	Déviations	Limite	Cause	Conséquence	Mesure de sécurité	Recommandation	
01	Débit d’huile	Mois de		-Défaut de régulation - Fuite sur le réseau d'huile (lubrification et levage. -Défaillance de pompe d’alimentation. D’huile de lubrification. -Encrassement de filtres circuit huile de turbine. -Rupture d’électrovanne d’huile	- Augmentation T °C palier TG, -Ruine de la turbine, de l’alternateur, -Incendie. -Explosion -Blessure et fatalité	.-Alarme sonore en salle de contrôle bas niveau caisse huile. -TAH paliers alternateur. -Détection de flamme dans le compartiment des turbines. -Détection de gaz dans la zone des turbines. -Détection de température dans la zone de l’alternateur et des turbines -extinction automatique au	-Vérification périodique -Habilitation et sensibilisation du personnel du danger encouru -Faire des diagnostics SDF	

						co2 dans la zone de l'alternateur et des turbines sur détection T° haute dans le compartiment. Moyen mobile de lutte incendie	
01	Débit	Pas de		-Défaut de régulation -Blocage de clapet anti retour fermé. -Disfonctionnement de la pompe d'huile -Filtre bouché.	-Détérioration de turbin -Absence de lubrification -Ruine tg, alternateur	- Détection gaz -Détection de température Détection de flamme -Extinction automatique co2	-Faire des diagnostics SDF
02	Pression	Mois de		-Défaut de régulation -Défaillance de la pompe mécanique d'huile -Percement canalisation -filtre bouché. -Fuite	-Mauvaise lubrification, -Echauffement, , rupture machine, fuite, incendie. -Explosion, fatalité.	-Alarme basse pression en salle de contrôle -Détection de température -Détection de flamme -Détection de gaz -Signalisation moteur pompe en salle de contrôle avec alarme sur l'arrêt -zone ATEX	Habilitation et sensibilisation du personnel du danger encouru. -Vitrification permanente -Faire des diagnostics SDF
02	Pression	Plus de		-défaut de régulation -Vanne de commande huile en bloqué fermé	-fuite et Pert d'huile	-Régulation de pression huile	-Faire des diagnostics SDF

03	Température	Plus de	130 c°	-Défaut de régulation -Disfonctionnement de Sous système de refroidissement d'huile. -Transmission de la chaleur dégagée de TG au conduit d'huile.	-Augmentation de T° d'auxiliaire intégré de TG. Palier, et la turbine. -Incendie -Explosion	-Arrêt d'urgence de TG, et de l'alternateur. -TAH paliers alternateur. -Détection de flamme dans le compartiment des turbines. -Détection de température dans la zone de l'alternateur et des turbines -Extinction automatique au co2 dans la zone de l'alternateur et des turbines sur détection T °c haute dans le compartiment. -Moyen mobile de lutte incendie	- Mis en place une installation de calorifuge pour l'isolation thermique. -Habilitation et sensibilisation des personnels du danger encouru. -Vérification permanente -Faire des diagnostics SDF
----	-------------	---------	--------	--	---	---	---

Tableau IV-6 Représentation de l'application HAZOP pour l'Economiseur/ ballon/tube écran évaporateur/ Surchauffeur

ligne		Système turbo-alternateur						Date : Juin 2019	
Equipement		Générateur de vapeur à récupération de chaleur (GVRC) ou(HRSG)						ZELMAT BRAHIM	
Nœud		Economiseur/ ballon/tube écran évaporateur/ Surchauffeur							
Mission		Rôle /action		Produire de la vapeur à partir de l’eau			Séparation de fluide eau /vapeur		
		Substance		Eau/vapeur					
		Source		Economiseur					
		Destination		vaporisateur/surchauffeur/ TV					
N°	Paramètre	Déviations	Limite	Cause	Conséquence	Mesure de sécurité		Recommandation	
01	Composition (Impureté)	Moins de (Taux de silice) (Taux de minéraux)		-Défaut de régulation -Disfonctionnement traitement des eaux. - Contamination de l'eau d'alimentation dans le condenseur (eau de mer)	-Encrassement de la surchauffeur. -Dégradation du compartiment de turbine à vapeur. -Usure prématurée de turbine. -Baisse échange thermique corrosion	Un dégazeur situé au condenseur sert à éliminer les bulles du gaz d’oxygène		-Faire des diagnostics SDF -faire un audit interne aux stations de traitement des eaux	

		Plus de (bulle de gaz)		Disfonctionnement dégazeur	-Corrosion par picorassions (gradient local de concentration de o2) fragilisation - Rupture tubes	-Bruit de cavitation des pompes	
02	Pression (vapeur) à la sortie de désurchauffeur	Plus de	160 Bar	-Défaut de régulation -Reflux de vapeur dans le by-pass turbine HP.	-Débordement passage liquide vers surchauffeurs, hausse température	-Events de surpression -Soupape de sécurité	-Faire des diagnostics SDF - Vitrification permanente.
		Moins de		-Défaut de régulation -Disfonctionnement / arrêt pompe alimentaire. -Disfonctionnement du système de dérivation	-Baisse du rendement de l'installation (chute entropique moins importante)	-Manomètres	Vitrification permanente
03	Niveau d'eau	Plus de		-Défaillance système d'actionnement pneumatique	-Débordement passage liquide vers surchauffeurs	-Capteur de niveau	-Vitrification permanente -Faire de diagnostique SDF
		Moins de		-Disfonctionnement de pompe	-Rupture de la conduite (pas assez d'eau pour refroidir).	-Capteur de niveau	

				d'alimentation d'eau			
04	Débit d'eau	Plus de		-Défaut de régulation -Ouverture excessive vanne alimentation -Disfonctionnement système de commande (actionneur pneumatique - Transmission électricité.	-Baisse du rendement débordement du ballon (passage liquide dans la surchauffeur	-Débitmètre - capteurs position vanne stockage d'appoint bac alimentaire - Pompe alimentaire d'appoint (redondance) -Indicateur de niveau (ballon)	-Faire des diagnostics SDF (sûreté de fonctionnement). Vitrification permanente
		Moins de		-Défaut de régulation -Fuite eau - disfonctionnement pompe commande vanne	-Surchauffe des parois rupture -Baisse production vapeur		
		Pas de		-Défaut de régulation -Arrêt pompe alimentaire (alimentation électrique) -Fermeture vanne	-Arrêt de la production -Surchauffe des parois des tubes rupture		

				alimentaire			
05	Température de vapeur à sortie de désurchauffeur	Moins de	560 c°	-Défaut de régulation -Disfonctionnement de surchauffeur. -Mauvaise échange de chaleur	-Diminutions de pression de vapeur -Diminution de rendement -vapeur non saturée.	-Manomètre -Contrôle de température.	-Vitrification permanente. - Faire des diagnostics SDF (sûreté de fonctionnement).
		Plus de		-Défaut de régulation - Disfonctionnement désurchauffeur. - Disfonctionnement du système de refroidissement	-Augmentation de pression. -Dégradation de la turbine		

Tableau IV-7 Représentation de l'application HAZOP Pour le Sous système de refroidissement par hydrogène

ligne		Système turbo-alternateur						Date :Juin 2019	
équipement		Alternateur						ZELMAT BRAHIM	
nœud		Sous système de refroidissement par hydrogène							
mission		Rôle/action	Refroidissement de l’hydrogène par l’eau de mèr						
		substance	Hydrogène						
		source	Bouteille d’alimentation d’hydrogène						
		destination	Circuit de refroidissement de l’alternateur						
N°	paramètre	déviaton	limite	cause	conséquence	Mesure de sécurité		Recommandation	
01	Température d’hydrogène	Plus de		-Défaut de régulation - Augmentation de T° ambiante. -Disfonctionnement du système de refroidissement d’hydrogène. -Augmentation de T° de l’eau de mèr de refroidissement	-Augmentation de T° d’hydrogène. -Augmentation de température d’hydrogène -Dilatation d’hydrogène -Incendie -Explosion	-TAH alarme haute T°. -Capteur de fumer -Moyen d’extinction par co2. -Système de contrôle de T° -Capteur de flamme. -Dispositif de la zone		-Habilitation et sensibilisation du personnel du danger encouru -Vérification permanente	

02	Pression d'hydrogène de refroidissement	Mois de pression d'hydrogène	6 bars	-Défaut de régulation -Fuite dans la conduite d'hydrogène. -Défaillance de soupape de sécurité -Vanne de régulation de pression bloquée fermé. -bouteille vide.	-Augmentation de température d'alternateur. -Refroidissement insuffisant. -Incendie -Explosion	ATEX -TAH alarme haute T°. -Capteur de fume -Moyen d'extinction par co2. -Système de contrôle de T°. -Extinction automatique au co2 dans le compartiment de la turbine et l'alternateur	Habilitation et sensibilisation du personnel sur le danger encouru -vérification permanente -Faire des diagnostics SDF (sûreté de fonctionnement).
02		Plus de pression hydrogène		-Défaut de régulation - Augmentation de T° ambiante. -Défaillance de soupape de sécurité -Vanne de régulation de pression bloquée ouverte	-Explosion puis incendie	- TAH alarme haute T°. -Capteur de fumer -Moyen d'extinction par co2. -Système de contrôle T° -extinction automatique au co2 dans le compartiment de la turbine l'alternateur	-Habilitation et sensibilisation de personnel de danger encouru. -Vitrification permanente -mettre en place un système de refroidissement de bouteille de H2

V-Interprétation des résultats

- L'application de la méthode HAZOP a montré que le système turbo-alternateur est associé à deux risques importants d'explosion et d'incendie.
- On remarque que la plupart des déviations sont situées dans le compartiment auxiliaire.
- On observe qu'il existe des déviations qui ont un effet latent : c'est à dire qu'elles affectent les performances à long terme du système étudié (turboalternateur et sa durée de vie ainsi que les coûts d'arrêt et de maintenance).
- Il y a une certaine proportion d'événements à effet potentiellement rapide, dans le sens où ils peuvent initier un enchaînement pouvant conduire à un accident (explosion – incendie)

Il est intéressant de noter que la plupart des dérives à effet immédiat ont pour origine de combustion.

VI-Synthèse & évaluation du travail

L'application de la méthode HAZOP à permis de faire ressortir un nombre important de dérives potentielles

Néanmoins, elle souffre de quelques insuffisances dues à la méthode elle-même :

- Consommatrice de temps
- Fortement qualitative : pour estimer les probabilités des dérives, il faut déterminer les probabilités de défaillances des équipements ce qui nécessite une étude complémentaire de sûreté de fonctionnement (AMDEC - MOSAR)
- les équipements les plus sensibles sont sans doute la turbine à gaz et l'alternateur.

VII-Recommandations générale

Nous proposons des solutions et des actions d'amélioration qui sont :

➤ Technique :

-On a remarqué qu'il existe une seule soupape de régulation de pression de gaz combustible distribuer au bruleur, Alors qu'en cas de dysfonctionnement de la soupape on subira un enchainement d'événements indésirables tel que : augmentation de pression, soufflage de la flamme, formation d'un nuage de gaz explosif qui entrainera une explosion, et pour ce la on propose une deuxième soupape juste après la première pour limité la probabilité d'occurrence de cet événement.

- Élabores des fichiers d'exposition.

-Vérifier périodiquement et régulièrement les équipements.

-Etalonner les appareillages.

-Mettre en place une installation de refroidissement des bouteilles d'hydrogène après le remplissage pour évite la dilatation de gaz à cause la chaleur.

➤ Organisationnel :

-Le temps nécessaire à l'inspection qui est planifié et intégré ne peut dans n'importe quel cas être négligé, car il permet la détection des signes avant le dysfonctionnement et de pouvoir remédier avant la panne.

-Donner des consignes et interdictions appropriée à l'ensemble des opérateurs.

-Faire un diagnostic SDF (sûreté de fonctionnement).

-Faire des audits internes et des inspections périodiques à l'ensemble des activités et notamment aux stations de traitement des eaux pour augmenter la fiabilité de la chaudière
Afficher les consignes de sécurité.

➤ Humaine :

Sensibilisé le personnel du danger encouru.

La prévention des défaillances humaines (manipulation et négligence) passe d'abord par la compétence ; il faut former correctement les opérateurs (exploitation, maintenance et sécurité) et améliorer leurs connaissances en matière d'HSE par la sensibilisation des opérateurs sur le risque existant au niveau du turboalternateur (la culture personnelle) surtout les nouveaux recrutés.

Notons que les erreurs humaines liées à l'opération d'entretien (graissage, serrage des boulons, soudure.....) entraînent des risques de dégradation rapide des équipements, et parfois engendrent des dégâts catastrophiques , alors il faut respecter les conditions de base qui répondent aux préconisations des constructeurs, c'est-à-dire de maintenir l'équipement dans un état opérationnel.

Conclusion

L'application de la méthode HAZOP sur notre système nous a permis d'identifier les principales déviations, ses causes et conséquences du turboalternateur sur l'homme et l'environnement.

L'objectif global de notre travail est l'analyse des risques liée au dysfonctionnement du système de production (turboalternateur), nous avons utilisé la méthode HAZOP, qui est la plus efficace et la plus applicable aux installations industrielles (thermo hydrauliques) comme celle la CCC de RAS JENAT, cette application exige un groupe d'analyse cohérent et pluridisciplinaire pour pouvoir aboutir aux résultats escomptés.

CONCLUSION GENERALE

Les analyses de risques ont été menées sur l'installation turbo-alternateur afin d'identifier les scénarios des déviations potentielles des paramètres d'exploitabilité pour s'assurer de la bonne maîtrise de ces situations dangereuses et leurs conséquences

Le turboalternateur est utilisé dans les grandes installations de production d'électricité, qui est un élément stratégique et important, mais ce dernier est exposé à plusieurs risques qui sont par exemple : l'incendie, l'explosion, les vibrations...etc.

Notre étude est basée sur la méthode d'analyse des risques via l'application de la méthode " HAZOP ", qui nous a permis de déceler les causes et les conséquences des événements, liés à l'exploitation du turbocompresseur, pouvant présenter des effets néfastes pour la sécurité des installations, la santé des travailleurs et à l'environnement.

Le choix de SONALGAZ, pour notre étude pratique, nous a permis de découvrir le milieu de production d'électricité et de mettre en œuvre sur terrain, une méthode d'analyse des risques.

Les analyses de risques identifient les équipements, les paramètres, les consignes et les modes opératoires permettant de maîtriser une dérive indésirable des paramètres de fonctionnement dans toutes les phases d'exploitation des installations susceptible d'engendrer des conséquences graves provenant de :

- Les transmetteurs de pression, température, débit, vibrationetc.
- Les vannes à sécurité positive (break line), boucles de recyclage, Soupapes de sécurité...
- Les points de consignes des paramètres :
 - Pression aspiration, pompes.
 - Débit mécanique bas, vibration, température...etc.
- La surveillance et la détection visuelle
- Les boucles de détection et différents détecteurs gaz, fumée, infrarouge ultraviolet et de température.
- Les moyens de protection

Nous avons appliqué cette méthode sur le turboalternateur dans le but de rechercher systématiquement les causes possibles, ainsi que les paramètres de fonctionnement de l'installation et étudier des conséquences et les risques éventuels, Pour la proposition des mesures correctives, pouvant garantir la réduction des risques et de ce fait réduire ces conséquences.

Références bibliographique

- [1]-[MOHAMED SIDAWI] Evaluation de La Sécurité de Fonctionnement D'une Turbine A Gaz« DC_990 par La Méthode D'Analyse Des Risque HAZOP» Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en Hygiène Et Sécurité Industrielle Au Niveau De «SONATRACH/DP HAOUD BERKAOUI» Promotion 2008/2009.
- [2]- Norme internationale CEI 61882 « Etude de danger et exploitabilité Etude HAZOP - Guide d'application »
- [3]-Outils d'analyse des risques associés à des i installation industrielle (oméga 2-7)
- [4]- Documents techniques département HSE DE central à cycle combiné de RAS DJENAT.
- [5]-Technique d'ingénieur.(<https://www.turboalternateur-d3530>)
- [6]-document interne de la central Centrale à cycle combiné de RAS DJENAT
- [7]- [TAMIMOUNTE AMINE] :(effet de la variation du paramètre économique sur la rentabilité du turbine à gaz et le cycle combiné) mémoire de fin d'étude vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur Au Niveau De centrale d'EL Hamma, PROMOTION 2016/2017
- [8]-[ABDESSLAME GHEDROOGUI] «Application De La Méthode HAZOP Sur Turbine A Gaz MS 5002» Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en Hygiène Et Sécurité Industrielle Au Niveau De station GPL-SP1/LR1 wad el Hamra Promotion 2007/2008
- [9]- [SAKHARI LARNANE Kamal] (ordonnance de la maintenance et risque associer) mémoire de fin d'étude vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en Génie Industriel et Productique, Au Niveau De l'industrie GNL en Algérie Année 2011/2012