



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

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA –

**Faculté Des Sciences Appliqués
Département De Génie mécanique**



**Mémoire professionnel de fin d'étude en vue de l'obtention du
diplôme MASTER ACADEMIQUE**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème:

**Études et analyse des risques des
opérations de maintenance lourde d'une
turbine à gaz**

Etude réalisée au niveau de SPE à Hassi Messaoud NOrd 3 –OUARGLA-

Du 15 Février 2023 au 25 Mai 2023

Par : Mr. HACINI Azzedine et Mr. DJEBABLIA Rafik

JURYS :

Dr MEZOU DJ Mourad	Président	Univ KMO
Mme BETTOCHE Mouna	Examinateur	Univ KMO
Dr DAMENE Djamila	Encadreur	Univ KMO

Promotion : 2022/2023



REMERCIEMENT

*Nous tenons d'abord à remercier Dieu tout-puissant qui nous a donné
la force, la volonté et le courage de réaliser ce modeste travail.*

*Il nous est très agréable d'exprimer notre gratitude, reconnaissance et
nos remerciements à notre encadrante « **Mme DAMENE Djamila** »
pour leur patience et soutien qui nous a été précieux afin de mener
notre travail à bon port.*

*Un remerciement spécial aux professeurs qui ont bien voulu faire
partie de nos jurys.*

*N'oublions pas l'ensemble des personnels de tous les établissements de
stage.*



DÉDICACE

Avec beaucoup de fierté et de reconnaissance je dédie ce travail à :

*Mes chers parents « **Mr. DJEBABLIA Saïd** » et « **Mme. ZEKRI Noura** » ainsi, mon oncle « **Mr. FERCHA Belkacem** » et ma tante
« **Mme. ZEKRI Hassiba** »*

Je vous remercie pour tous vos sacrifices, l'amour, le soutien et la motivation que vous me portez depuis ma naissance, mon enfance et tout au long de mes études et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

*Mes chères sœurs **Ilhem, Sirine**, mes frères **Raouf, Moaataz**, mon cousin **Aymen**, mes cousines **Safa, Marwa** et toute ma famille.*

*Mon binôme **Azzedine**, mon ami **ALOUK Abd Raouf** :*

Je me souviendrai toujours des jours que nous avons passés ensemble et j'espère le dieu tout puissant vous protège et vous guide vers le bien.

Notre promotion de 2021/2023 et à toute personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

RAFIK

DÉDICACE :

Toutes les lettres ne sauront trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance.

Je dédie ce mémoire à:

-Ma chère maman, ne pourrait exprimer toute l'encre du monde ne pourrait suffire pour exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous, vos sacrifices innombrables et votre dévouement firent pour moi un encouragement.

-A mes frères, En signe de l'affection et du grand amour que je vous porte, les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime.

A mon binôme, cher amie, et toutes mes collègues

En souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, bonheur, santé et prospérité.

Azzedine

Résumé

Cette étude vise à fournir une analyse approfondie des risques industriels associés à l'opération de maintenance lourde de la turbine à gaz, en mettant l'accent sur la centrale de Hassi Messaoud. Elle permettra de mieux comprendre les défis potentiels liés à cette opération et de proposer des recommandations pour minimiser les risques et assurer un processus de maintenance efficace et sécurisé. Cette analyse des risques vise à souligner l'importance de prendre en compte les dangers potentiels lors d'une opération de maintenance lourde d'une turbine à gaz. Elle fournira des informations précieuses pour les professionnels de l'industrie afin de garantir des pratiques de maintenance sûres, responsables et efficaces, tout en minimisant les risques pour les personnes, l'environnement et la production industrielle

ملخص

هدف هذه الدراسة إلى توفير تحليل شامل للمخاطر الصناعية المرتبطة بعملية صيانة توربينات الغاز الشاقة، من خلال التركيز على محطة حاسي مسعود. ستساعد هذه الدراسة في فهم التحديات المحتملة المرتبطة بهذه العملية وتقديم توصيات لتقليل المخاطر وضمان عملية صيانة فعالة وآمنة. يهدف تحليل المخاطر هذا إلى تسليط الضوء على أهمية مراعاة المخاطر المحتملة أثناء عملية صيانة توربينات الغاز الشاقة. ستوفر هذه الدراسة معلومات قيمة للمتخصصين في الصناعة لضمان ممارسات صيانة آمنة ومسؤولة وفعالة، مع تقليل المخاطر على الأفراد والبيئة وإنتاج الصناعة

Abstract

This study aims to provide a comprehensive analysis of the industrial risks associated with the heavy maintenance operation of gas turbines, specifically focusing on the Hassi Messaoud power plant. It will enhance the understanding of potential challenges related to this operation and propose recommendations to minimize risks and ensure an efficient and secure maintenance process. This risk analysis highlights the importance of considering potential hazards during a heavy maintenance operation of a gas turbine. It will provide valuable information for industry professionals to ensure safe, responsible, and effective maintenance practices while minimizing risks to individuals, the environment, and industrial production.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	I
DÉDICACE	II
Résumé	IV
SOMMAIRE	V
Liste des abréviations	VIII
Liste Des Figures	X
Liste Des Tableaux	XI
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I: La centrale de Hassi Messaoud nord (HMN-3)	4
<i>I.1 Introduction</i>	5
<i>I.2 Implantation géographique de la centrale de Hassi Messaoud nord (HMN3)</i>	5
<i>I.3 Présentation de la nouvelle centrale de Hassi Messaoud (HMN3)</i>	6
I.3.1 Activités principales	7
<i>I.4 Généralités sur le groupe thermique turbine à gaz ;</i>	8
I.4.1 Parties essentiels du centrale HMN-3	9
I.4.1.1 Poste du gaz	9
I.4.1.2 Bâtiment de compression d'air	11
I.4.1.3 Bâtiment des pompes d'incendies	12
I.4.1.4 Les groupes électrogènes	13
I.4.1.5 Salle de contrôle	14
I.4.1.6 Le groupe de productions.....	15
I.4.2 Principe du fonctionnement de la turbine	17
<i>I.5 Les différents systèmes de la turbine</i>	19
I.5.1 Système instrumentation turbine	19
I.5.2 Système d'huile de lubrification.....	19
I.5.3 Système eau de refroidissement (NORIA).....	20
I.5.4 Système protection incendie.....	20
I.5.5 Système chauffage et ventilation.....	20
I.5.6 Système lavage turbine et/ou compresseur.....	21
I.5.7 Système injection d'eau	21

I.5.8	Système détection gaz	21
I.5.9	Système réducteur de puissance	21
I.6	<i>Partie de transformation</i>	22
I.7	<i>Séquence de démarrage</i>	24
I.7.1	Les conditions de couplage	25
I.7.2	Les problèmes	25
Chapitre II:	ANALYSE DES RISQUES	26
II.1	<i>Introduction</i>	27
II.2	<i>Notion de risque</i>	27
II.2.1	Définition et origine.....	27
II.2.2	Mesure d'un risque	28
II.2.3	Méthodologie	29
II.2.3.1	Étapes de la gestion des risques	29
II.2.3.2	Identification des risques.....	30
II.2.4	Traitement des risques.....	32
II.3	<i>Les méthodes d'analyses des risques</i>	33
II.3.1	Introduction.....	33
II.3.2	Les méthodes d'analyse des risque	33
II.3.2.1	ISHIKAWA	36
II.3.2.1.1	Définition	37
II.3.2.1.2	ETAPES DE CONSTRUCTION D'UN DIAGRAMME D'ISHIKAWA.....	37
II.3.2.1.3	Comment utiliser un diagramme cause-effet ?.....	38
II.3.2.1.4	Limite du diagramme d'Ishikawa	41
II.3.2.1.5	Démarche du diagramme d'Ishikawa	42
II.3.2.1.6	L'analyse par la méthode ISHIKAWA :».....	44
II.3.2.1.7	but.....	44
II.4	<i>Conclusion</i>	45
Chapitre III :	PROCEDURE DE MAINTENANCE MAJEURE D'UNE TURBINE A GAZ.	46
III.1	<i>Introduction</i>	47
III.2	<i>Plan de maintenance</i>	48
III.3	<i>Approche Pour L'entretien De La Turbine A Gaz</i>	48
III.4	<i>Politique Sonelgaz-Pe Politique d'ansaldo Concernant La Maintenance</i>	49
III.4.1	Typologies de maintenance.....	50
III.4.1.1	Maintenance quotidienne	50
III.4.1.2	Inspections programmées.....	50
III.4.1.3	Maintenance Imprévue (non programmée)	51
III.4.1.4	Maintenance prédictive	51

III.4.2	Planning de maintenance	51
III.4.3	Catégories D'inspection	53
III.4.3.1	Inspection de routine	54
III.4.3.2	Inspection mineure	54
III.4.3.3	Inspection de la voie de gaz chaud / HOT GAS PATH (HGP):.....	55
III.4.3.4	Inspection majeure	55
III.4.4	Durée des inspections programmes	57
III.4.5	Programme des travaux des inspections	58
III.4.5.1	Inspection de trajet de gaz chauds (HGP)	58
III.4.5.2	Activités d'inspection majeure"	59
Chapitre IV : Résultats et discussion		61
	<i>Évaluation des Risques par la méthode 5M</i>	62
	<i>Les trois propositions sélectionnées et la justification</i>	79
CONCLUSION GENERALE		90
BIBLIOGRAPHIE		93

Liste des abréviations

AAE	Analyse par Arbre D'événements
AdD	Arbres des Défaillances
AdE	Arbres d'évènements
AMDE	Analyse des Modes de Défaillance et d'Effets
AMDEC	L'analyse des Modes de Défaillance d'Effet et de Criticité
APR	Analyse Préliminaire des Risques
CC	Cycle Combiné
EOH	Equivalent Operating Hours
HAZOP	Hazard and Operability Study
HGP	Hot Gas Path
HGPI	Inspection of HOT GAS PATH
HMN3	Hassi Messaoud Nord
MW	Méga Watt
NOx	Nitrogen Oxides
OIT	Organisation Internationale du Travail
PE	Production D'électricité
RPM	Rotation Per Minute
SFC	Statique à Fréquence CONSTANTE
SONELGAZ	Société Nationale de l'Electricité et du Gaz
SST	Système de Travail Sécurisé
TG	Thermique à Gaz
TGM	Turbines à Gaz Mobiles

TH	Turbine Hydraulique
TV	Thermique à Vapeur
UIC	Union des Industries Chimiques
UML	Unité de Maintenance Lourde

Liste Des Figures

Figure I.1 : Photo panoramique des Trois (03) Groupes TG	5
Figure I.2 : Photo satellite de la centrale de Hassi Messaoud nord (HMN3)	6
Figure I.3 : Fiche technique la centrale de Hassi Messaoud nord (HMN3)	7
Figure I.4 Poste de gaz	11
Figure I.5 Schéma d'une turbine à gaz	19
Figure I.6 Schéma général unifilaire simplifié	23
Figure I.7 les étages du démarrage de la turbine	25
Figure II.1 Diagramme d'acuité des risques	28
Figure II.2 Étapes de la gestion des risques	30
Figure II.3 Sources de risques affectant les ressources de l'entreprise	32
Figure II.4 Optimum du traitement des risques	33
Figure II.5 Fish Baum diagram (6M)	41
Figure III.1 maintenance lourde d'une turbine à gaz	60

Liste Des Tableaux

Tableau II.1 : Exemple de tableau de type « APR »	34
Tableau II.2 : les étapes du diagramme d'Ishikawa	41
Tableau IV.1 Analyse de risque Des substances dangereux (Poussière de laine de verre)	64
Tableau IV.2 Chute des objectes et/ou de composants lors d'opérations de levage	65
Tableau IV.3 Analyse de risque de l'électrification	66
Tableau IV.4 Analyse des risques des substances dangereux (dégrippant mécanique et d'huile lubrifiante)	67
Tableau IV.5 Analyse des risques de collision	68
Tableau IV.6 Analyse des risques du bruit excessif	69
Tableau IV.7 Analyse des risques de glissement et de chute libre	72
Tableau IV.8 Analyse des risques de Manutention manuelle au travail	73
Tableau IV.9 Analyse des risques liés aux vibrations	74
Tableau IV.10 Analyse des risques d'équipement de travail	75
Tableau IV.11 L'analyse des risques du système de fonctionnement d'air	76
Tableau IV.12 Analyse de risque de haute pression dans les tuyaux et les tuyaux	78
Tableau 1 : Morale, juridique générale et financière arguments	81
Tableau 2 : Justification des actions 1	83
Tableau 3 : Justification des actions 2	85
Tableau 4 : Justification des actions 3	87
Tableau 5 : Justification des actions 4	89



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

L'opération de maintenance lourde d'une turbine à gaz est une étape cruciale dans la gestion et l'entretien des installations industrielles. Cependant, elle comporte des risques potentiels qui nécessitent une analyse approfondie pour assurer la sécurité des travailleurs, la protection de l'environnement et la continuité de la production. Cette étude vise à examiner et à analyser les risques industriels associés à une telle opération de maintenance lourde d'une turbine à gaz.

L'importance de l'analyse des risques réside dans la compréhension des dangers potentiels et des conséquences néfastes qui peuvent résulter de l'opération de maintenance. Les risques peuvent inclure des accidents liés à la sécurité des travailleurs, des problèmes environnementaux tels que des fuites de fluides dangereux, des pannes matérielles critiques et des perturbations de la production. En identifiant ces risques, il est possible de mettre en place des mesures préventives et d'atténuation appropriées pour minimiser les impacts négatifs.

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur l'analyse des risques spécifiques associés à une opération de maintenance lourde d'une turbine à gaz. Nous examinerons les différentes phases de l'opération de maintenance, en mettant l'accent sur les activités clés telles que la planification, la préparation, l'exécution et le suivi des travaux. À chaque étape, nous identifierons les risques potentiels et évaluerons leurs conséquences sur la sécurité, l'environnement et la continuité de la production.

Il est important de noter que cette étude se concentrera spécifiquement sur les risques industriels liés à l'opération de maintenance d'une turbine à gaz et ne traitera pas des aspects techniques détaillés de la maintenance elle-même. Cependant, elle fournira une base solide pour la prise de décisions éclairées et la mise en œuvre de mesures de gestion des risques appropriées lors de telles opérations.

L'objectif ultime de cette analyse des risques est de proposer des mesures préventives et d'atténuation appropriées pour réduire les risques identifiés. En adoptant une approche proactive en matière de gestion des risques, il est possible d'améliorer la sécurité des

travailleurs, de minimiser les impacts environnementaux et d'assurer une opération de maintenance lourde de la turbine à gaz efficace et sécurisée.

L'étude est structurée en une introduction générale suivie de quatre chapitres .

Le premier chapitre présente une description générale de la centrale de Hassi Messaoud et de la turbine à gaz, en se concentrant spécifiquement sur la turbine de type V94.3A4 :

- Présentation de la centrale de Hassi Messaoud, y compris sa capacité de production et son importance dans le réseau électrique.
- Description détaillée de la turbine à gaz de type V94.3A4, mettant en évidence ses caractéristiques techniques, son fonctionnement et son rôle dans la centrale.

Le troisième chapitre est consacré à la maintenance de la turbine pour comprendre les différentes phases d'entretien et d'inspection :

- Présentation des activités de maintenance nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de la turbine à gaz.
- Description des différentes étapes de l'opération de maintenance, telles que la planification, la préparation, l'exécution et le suivi des travaux.

Analyse des risques lors de l'opération de maintenance est développée dans le quatrième chapitre :

- Identification des risques potentiels liés à l'opération de maintenance lourde de la turbine à gaz.
- Évaluation des conséquences possibles de ces risques sur la sécurité des travailleurs, sur l'environnement et sur la continuité de la production.
- Proposition de mesures préventives et d'atténuation pour réduire les risques identifiés et assurer la sécurité et la fiabilité de l'opération de maintenance.

Et nous terminons cette étude d'une conclusion.

CHAPITRE I:
LA CENTRALE DE HASSI MESSAOUD NORD
(HMN-3)

I.1 Introduction

La Société Algérienne de l'Electricité et de Gaz- Production de l'Electricité occupe une position prépondérante en tant qu'opérateur historique dans le domaine de la production d'électricité en Algérie. Elle est responsable de la maintenance et de l'exploitation de ses centrales, qui représentent le plus vaste parc de production du pays. À l'heure actuelle, la puissance installée de ce parc s'élève à plus de 18 GW, et l'objectif est de l'accroître pour atteindre environ 23 GW d'ici 2030. Ce développement se fera à travers quatre filières de production, caractérisées par des paliers de puissance distincts : les turbines à vapeur, les turbines à gaz, l'hydroélectricité et les cycles combinés.



Figure I.1 : Photo panoramique des Trois (03)

I.2 Implantation géographique de la centrale de Hassi Messaoud nord (HMN3)

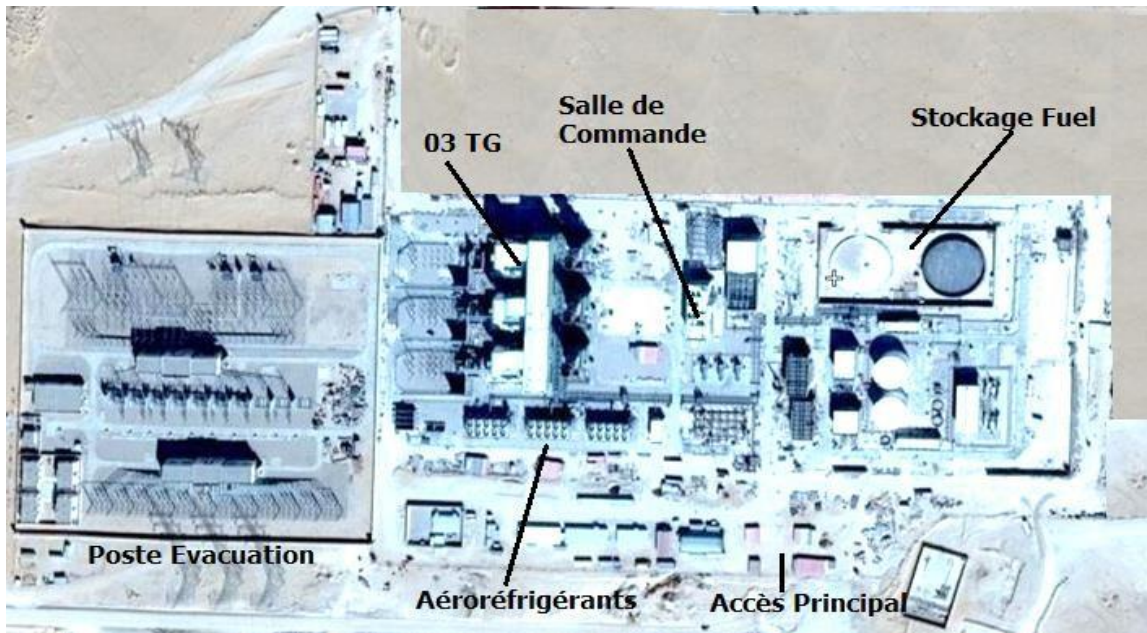


Figure I.2 : Photo satellite de la centrale de Hassi Messaoud nord (HMN3)

I.3 Présentation de la nouvelle centrale de Hassi Messaoud (HMN3)

En 2004, SONELGAZ a émergé comme le principal investisseur national et s'est positionnée comme un acteur essentiel du développement national. Son objectif était de devenir un catalyseur d'investissements nationaux et étrangers dans le secteur énergétique du pays. Pour ce faire, SONELGAZ a entrepris une restructuration en transformant ses entités chargées des activités principales en filiales. Ces filiales comprennent la Société de Production d'Électricité (SPE), la Société de Transport d'Électricité (GRTE), l'Opérateur du Système Électrique (OS), la Société de Transport de Gaz (GRTG), la Société de Distribution de l'Électricité et du Gaz d'Alger (SDA), la Société de Distribution de l'Électricité et du Gaz du Centre (SDC), la Société de Distribution de l'Électricité et du Gaz de l'Est (SDE), et enfin la Société de Distribution de l'Électricité et du Gaz de l'Ouest (SDO). Cette transformation a permis à SONELGAZ de mieux organiser ses activités en tant que groupe industriel.

- L'unité de production HMN3 est l'une des plusieurs centrales en Algérie qui fonctionne par le gaz, c'est-à-dire génère l'énergie électrique par les turbines à gaz.
- Cette centrale consiste principalement à 3 groupes (turbines à gaz + alternateurs) donne chacune 220 MW et elles sont connectés au réseau comme, est illustré dans la figure I.3.
- Les turbines à gaz constituant le cycle gaz sont de type axial. Le combustible principal utilisé est le gaz naturel, le secours d'alimentation de la centrale est le gas-oil.

Superficie	• 15 Ha
Maître d'ouvrage	• SPE.Spa
Maître d'œuvre	• CEEG.Spa
Constructeur	• ANSALDO ENERGIA
Puissance	• 3x220,31 MW
Tension d'évacuation	• 400 kV
Combustible utilisé	• Gaz naturel
Combustible de secours	• Gasoil
Le coût du KW installé	• 51,68 KDA/KW

Figure I.3 : Fiche technique la centrale de Hassi Messaoud nord (HMN3)

I.3.1 Activités principales

La nouvelle centrale électrique de HASSI Messaoud (HMN3), rattachée à la direction région de production HASSI Messaoud de La Société Algérienne de l'Electricité et de Gaz-Production de l'Electricité « SONELGAZ-PE » a été réalisée dans le cadre du programme des 4000 MW et destinée pour répondre aux impératifs suivants :

- Faire face à la demande d'énergie résultante du développement du Pôle pétrolier et parapétrolier de HASSI Messaoud ;
- Renforcer la sécurité de l'alimentation en énergie électrique de la région ;
- Assurer une meilleure fiabilité et qualité de service pour les clients ;
- Assurer un appoint au réseau national interconnecté.

I.4 Généralités sur le groupe thermique turbine à gaz

La turbine à gaz soumise à l'opération de maintenance lourde est un équipement complexe composé de plusieurs éléments essentiels. Voici une description des principaux composants de la turbine :

1. Turbines type V94.3A4 : Les turbines de type V94.3A4 sont une spécification spécifique de turbines utilisées dans le système. Elles jouent un rôle central dans la production d'électricité en convertissant l'énergie du combustible en énergie mécanique pour faire tourner l'alternateur.
2. Alternateurs et auxiliaires et système de réfrigération : Les alternateurs sont responsables de la conversion de l'énergie mécanique générée par les turbines en électricité. Les auxiliaires fournissent le soutien nécessaire au fonctionnement de l'alternateur, tandis que le système de réfrigération maintient les températures optimales de fonctionnement de ces équipements.
3. Transformateurs et leurs auxiliaires : Les transformateurs sont utilisés pour réguler la tension de l'électricité produite avant qu'elle ne soit acheminée vers le réseau électrique. Les auxiliaires des transformateurs assurent le bon fonctionnement et la protection de ces équipements.
4. Poste d'évacuation électrique : Le poste d'évacuation électrique est responsable de la distribution de l'électricité produite par la turbine vers le réseau de distribution électrique.
5. Systèmes d'alimentation combustibles (Gaz Naturel/fuel) : Ces systèmes fournissent le combustible nécessaire pour alimenter la turbine à gaz. Ils peuvent être configurés pour utiliser du gaz naturel ou du fuel comme source d'énergie.
6. Groupes électrogènes de secours : Les groupes électrogènes de secours sont des équipements auxiliaires qui sont prêts à prendre le relais en cas de panne de la turbine principale ou de tout autre problème électrique.

7. Système de protection et détection incendie : Ce système est essentiel pour assurer la sécurité de l'installation en détectant les risques d'incendie et en déclenchant des mesures de protection appropriées.
8. Ouvrages annexes : Il peut y avoir d'autres ouvrages annexes tels que des systèmes de ventilation, des systèmes de contrôle-commande, des systèmes de refroidissement, des systèmes de surveillance, etc., qui soutiennent le bon fonctionnement de la turbine à gaz.

Ces différents composants constituent l'ensemble de la turbine à gaz et de ses systèmes associés. Lors de l'opération de maintenance lourde, chacun de ces éléments doit être pris en compte pour assurer une maintenance efficace et sécurisée de l'ensemble du système.

I.4.1 Parties essentiels du centrale HMN-3

I.4.1.1 Poste du gaz

Le poste gaz, qui fait partie intégrante de l'installation de la turbine à gaz, comprend plusieurs composants et équipements essentiels. Voici une description de la composition et des caractéristiques principales du poste gaz :

1. Manchette d'entrée de sécurité ou vanne de tête : Cette manchette ou vanne est utilisée pour arrêter l'alimentation en gaz en cas d'urgence ou de nécessité de couper l'approvisionnement en gaz vers la turbine à gaz. Elle joue un rôle crucial dans la sécurité et le contrôle de l'alimentation en gaz.
2. Skid séparateur cyclone : Le séparateur cyclone est conçu pour séparer les particules liquides présentes dans le gaz. Il agit en utilisant la force centrifuge pour séparer les gouttelettes d'eau ou les autres liquides du flux de gaz, afin de garantir un gaz propre et sec pour la turbine à gaz.
3. Réservoir à condensats : Ce réservoir est destiné à accumuler les condensats qui se forment dans le séparateur cyclone. Les condensats sont les liquides résultant de la condensation des vapeurs présentes dans le gaz. Le réservoir à condensats permet de collecter ces liquides pour un traitement ultérieur.

4. Skid de 2 filtres à cartouches : Ces filtres à cartouches sont utilisés pour séparer les particules solides présentes dans le gaz. Ils retiennent les impuretés solides grâce à des cartouches filtrantes, permettant ainsi de garantir un gaz propre et exempt de particules susceptibles de nuire au fonctionnement de la turbine à gaz.
5. Skid de comptage à ultrason : Ce skid est équipé d'un débitmètre à ultrason qui mesure le débit de gaz entrant dans la turbine à gaz. Il fournit des informations précises sur la quantité de gaz consommée, ce qui est essentiel pour la surveillance et la gestion efficace de l'alimentation en gaz.
6. 2 réchauffeurs à bain d'eau : Ces réchauffeurs sont utilisés pour chauffer le gaz si nécessaire avant de le fournir à la turbine à gaz. Ils assurent que le gaz atteint la température requise pour un fonctionnement optimal de la turbine.
7. Ensemble de détente à 4 lignes : Cet ensemble de détente est utilisé pour réduire la pression du gaz afin de la rendre adaptée à la turbine à gaz. Il régule la pression de manière à fournir une alimentation en gaz avec une pression adéquate pour un fonctionnement optimal de la turbine.
8. Cheminée d'évent gaz : La cheminée d'évent gaz est conçue pour permettre l'évacuation en toute sécurité de toute surpression de gaz qui peut se produire dans le système. Elle assure la sécurité en fournissant un chemin de fuite pour le gaz en cas de besoin.
9. Local de contrôle commande climatisé : Ce local climatisé abrite les équipements de contrôle et de commande du poste gaz. Il fournit un environnement contrôlé pour les systèmes de contrôle commande afin de garantir leur bon fonctionnement.

L'ensemble de ces composants constitue le poste gaz, qui joue un rôle essentiel dans l'alimentation en gaz de la turbine à gaz.

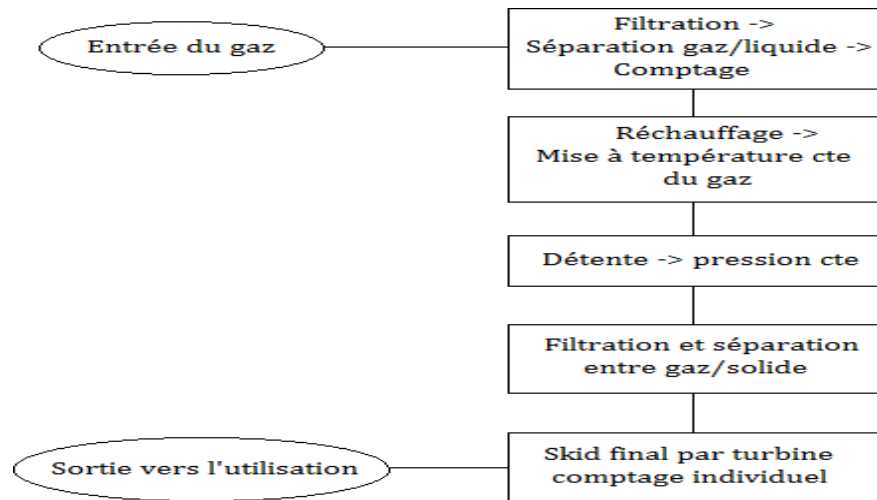


Figure I.4 Poste de gaz

I.4.1.2 Bâtiment de compression d'air

Le bâtiment en question revêt une grande importance au sein de la centrale, car il abrite les équipements nécessaires au nettoyage et à la commande des vannes de gaz utilisées dans le transport du gaz à l'intérieur de la centrale. Voici une description des principaux éléments présents dans ce bâtiment :

1. Compresseurs ATLAS COPCO ZT55 : Il y a deux compresseurs de type ATLAS COPCO ZT55 présents dans le bâtiment. Chaque compresseur est équipé d'un radiateur et d'un filtre. Ils sont responsables de comprimer l'air entrant jusqu'à une pression de 8 bar, afin de le rendre adapté à une utilisation ultérieure.
2. Sécheurs : Il y a deux sécheurs en redondance dans le bâtiment. Leur rôle principal est d'éliminer l'humidité présente dans l'air comprimé. Cela garantit que l'air utilisé dans les opérations ultérieures est sec et exempt d'humidité, ce qui peut être préjudiciable à certains équipements.
3. Réservoirs de stockage d'air comprimé : Il y a six réservoirs de stockage d'air comprimé, d'une capacité de 2 m³ chacun. Une fois que l'air comprimé a été traité et séché, il est stocké dans ces réservoirs à une pression de 7 bar. Les réservoirs servent à

stocker l'air comprimé pour une utilisation ultérieure, garantissant ainsi un approvisionnement constant en air comprimé dans les différentes parties de la centrale.

Le processus global se déroule de la manière suivante : l'air entre dans le compresseur, où il est comprimé jusqu'à 8 bar. Ensuite, il passe par le radiateur pour être refroidi et par le filtre pour éliminer les impuretés. Après cela, l'air passe par les sècheurs, qui éliminent l'humidité, puis il est stocké dans les réservoirs de stockage d'air comprimé à une pression de 7 bar.

Ces équipements et réservoirs assurent un approvisionnement en air comprimé de qualité et en quantité suffisante pour répondre aux besoins des différentes opérations et systèmes de la centrale. Ils jouent un rôle crucial dans le bon fonctionnement des équipements utilisant l'air comprimé et contribuent à garantir l'efficacité et la fiabilité des processus dans la centrale.

I.4.1.3 Bâtiment des pompes d'incendies

Le bâtiment des pompes d'incendie abrite trois moteurs utilisés pour alimenter les pompes d'incendie dans la centrale. Voici une description des moteurs et de leur fonctionnement :

1. Deux moteurs asynchrones triphasés : Ces moteurs ont une puissance de fonctionnement de 800 kW chacun. Ils sont utilisés pour alimenter les pompes d'incendie lorsque nécessaire. Les moteurs asynchrones triphasés sont couramment utilisés dans les applications industrielles en raison de leur fiabilité et de leur efficacité.
2. Un moteur électrogène : Ce moteur est de type électrogène, ce qui signifie qu'il peut démarrer et fournir de l'énergie de manière autonome, sans dépendre d'une source d'alimentation externe. Ce moteur est généralement utilisé lorsque la pression de l'incendie est élevée ou lorsque les autres moteurs ne peuvent pas démarrer pour une raison quelconque.

Le premier moteur asynchrone triphasé démarre lorsque la pression atteint 12 bar. Les autres moteurs, y compris le moteur électrogène, démarrent successivement les uns après les autres en fonction de la pression ou de la demande en cas d'incendie. Cela permet de garantir que les

pompes d'incendie sont activées au bon moment et fournissent une pression suffisante pour lutter contre les incendies de manière efficace.

L'ensemble de ces moteurs et pompes d'incendie joue un rôle essentiel dans la sécurité de la centrale. Ils sont conçus pour répondre aux situations d'urgence et pour assurer une réponse rapide et efficace en cas d'incendie. Le bâtiment des pompes d'incendie est donc crucial pour la protection des installations et du personnel de la centrale.

I.4.1.4 Les groupes électrogènes

Les groupes électrogènes, également connus sous le nom de groupes de démarrage à froid (Black Start), sont des systèmes de secours utilisés en cas de pénurie d'énergie électrique dans le réseau. Ils sont connectés au jeu de barres des auxiliaires du groupe et fournissent une énergie de 6 kV.

Un groupe électrogène se compose principalement des éléments suivants :

1. Compresseur d'air : Il est utilisé pour démarrer le groupe électrogène. La pression de l'air fourni par le compresseur doit être maintenue entre 25 et 30 bars pour permettre un démarrage efficace du groupe électrogène.
2. Moteur diesel : Le groupe électrogène est équipé d'un moteur diesel qui entraîne un générateur électrique. Le moteur diesel est conçu pour fonctionner de manière fiable et efficace afin de générer de l'électricité lorsque cela est nécessaire.
3. Ventilateurs et système de refroidissement : Pour assurer le bon fonctionnement du moteur diesel, des ventilateurs sont utilisés pour fournir un flux d'air adéquat et refroidir le moteur. De plus, une installation d'eau est également présente pour aider au refroidissement du moteur et maintenir des températures optimales de fonctionnement.

Les groupes électrogènes sont d'une importance capitale dans les centrales électriques, car ils assurent la disponibilité d'une source d'électricité de secours en cas de coupure de courant dans le réseau principal. Ils permettent de maintenir les opérations essentielles de la centrale,

d'alimenter les systèmes critiques et de garantir la continuité de l'approvisionnement en électricité, même en cas d'urgence.

I.4.1.5 Salle de contrôle

La salle de contrôle joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de la centrale. C'est dans cette salle que se trouve le centre de commande, de surveillance et de protection de la centrale. C'est le "cerveau" de la centrale, où toutes les décisions et les actions liées au fonctionnement des groupes et des autres parties de la centrale sont prises et exécutées.

La salle de contrôle est responsable de la commande et du contrôle des systèmes suivants :

1. **Systèmes de gaz naturel** : La salle de contrôle supervise les systèmes de gaz naturel, y compris les filtres du gaz. Elle s'assure que le gaz naturel est acheminé correctement et en quantité appropriée vers les équipements nécessaires dans la centrale.
2. **Systèmes de distribution d'eau et pompe anti-incendie** : La salle de contrôle est responsable de la commande des systèmes de distribution d'eau, y compris les pompes anti-incendie. Elle veille à ce que l'eau soit acheminée aux endroits requis, notamment pour les opérations de refroidissement et pour la lutte contre les incendies.
3. **Systèmes d'air de régulation et de travail** : La salle de contrôle surveille les systèmes d'air utilisés pour la régulation des équipements et le fonctionnement des différents systèmes dans la centrale. Elle s'assure que l'air est fourni aux pressions et débits appropriés pour les opérations requises.
4. **Systèmes de ventilation** : La salle de contrôle gère les systèmes de ventilation de la centrale, garantissant un environnement de travail sûr et sain pour le personnel et assurant la circulation de l'air frais dans les zones nécessaires.
5. **Systèmes électriques partie commune** : La salle de contrôle est responsable de la commande et de la surveillance des systèmes électriques de la partie commune de la centrale, y compris les dispositifs de protection et de distribution électrique.
6. **Systèmes de démarrage de la turbine et auxiliaires** : La salle de contrôle est chargée du démarrage des turbines et de leurs auxiliaires. Elle contrôle les procédures de

démarrage, surveille les paramètres et s'assure du bon fonctionnement de tous les équipements associés.

7. **Le réseau de la centrale** : La salle de contrôle surveille et contrôle le réseau de la centrale, y compris les interconnexions avec le réseau électrique externe. Elle gère les flux d'énergie, surveille les niveaux de tension et assure la stabilité et la sécurité du réseau.

En résumé, la salle de contrôle est le centre nerveux de la centrale, où les opérations et les systèmes essentiels sont surveillés, commandés et protégés. Elle permet d'assurer le bon fonctionnement de la centrale, la sécurité des installations et la production d'électricité de manière efficace et fiable.

I.4.1.6 Le groupe de productions

Le groupe de production de la turbine à gaz comprend 3 parties distinctes et un alternateur :

Le groupe de production de la turbine à gaz se compose de trois parties distinctes, ainsi que d'un alternateur qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique :

- a) **Le compresseur** : Le compresseur est responsable de comprimer l'air entrant. Il est composé de 15 étages ou lames qui permettent de comprimer l'air et de le pousser vers la chambre de combustion.
- b) **La chambre de combustion** : La chambre de combustion est l'endroit où l'air comprimé provenant du compresseur se mélange avec le combustible (gaz). La combustion se produit, augmentant ainsi la température et le volume du gaz à pression constante. La chambre de combustion a une forme annulaire et est équipée de 24 brûleurs qui permettent l'entrée du gaz dans la chambre. La température de la chambre de combustion est généralement déterminée à partir de la température d'échappement.
- c) **La turbine** : La turbine est responsable de convertir l'énergie thermique résultant de la combustion du gaz en énergie mécanique. Lorsque les gaz chauds de combustion traversent la turbine, ils entraînent les pales de la turbine, générant ainsi une force de rotation.
- d) **L'alternateur** : L'alternateur est le composant qui convertit l'énergie mécanique produite par la turbine en énergie électrique. Il est responsable de la production d'électricité dans le groupe de production de la turbine à gaz. L'alternateur est

connecté à la turbine et génère de l'électricité en utilisant le mouvement rotatif fourni par la turbine.

Fiche technique de l'alternateur :

- Type d'alternateur : TRY-L56
- Puissance apparente nominale : 300 MVA
- Facteur de puissance : $\cos 0.9$
- Tension nominale : 15.5 kV
- Fréquence nominale : 50 Hz
- Type de réfrigération : Air

L'alternateur est chargé de convertir la puissance mécanique provenant de la turbine en puissance électrique. L'arbre de l'alternateur est couplé à l'arbre de la turbine, ce qui permet de transmettre l'énergie mécanique directement à l'alternateur.

L'alternateur en question est de type brushless, c'est-à-dire qu'il ne nécessite pas de balais. Il fonctionne comme un moteur lors du démarrage du groupe, avec une excitation statique. Cela signifie que l'excitation de l'alternateur est maintenue de manière statique, sans avoir recours à des balais pour la transmission de l'électricité.

La puissance apparente nominale de l'alternateur est de 300 MVA, ce qui représente sa capacité maximale à fournir de l'énergie électrique. Le facteur de puissance, indiqué par $\cos 0.9$, indique la proportion de puissance active par rapport à la puissance apparente. La tension nominale de l'alternateur est de 15.5 kV, ce qui correspond à la tension standard à laquelle il est conçu pour fonctionner. La fréquence nominale est de 50 Hz, ce qui correspond à la fréquence standard du réseau électrique.

Pour assurer le refroidissement de l'alternateur, un système de réfrigération à air est utilisé. Cela permet de maintenir une température optimale de fonctionnement de l'alternateur et de garantir sa performance et sa durabilité.

- Ces composants travaillent ensemble pour convertir l'énergie chimique du combustible en énergie mécanique, puis en énergie électrique. Ils jouent un

rôle essentiel dans la production d'électricité dans la centrale et dans le fonctionnement global du groupe de production de la turbine à gaz.

- **MESA** : ou salle local, c'est une salle de commande dépend du chaque groupe, où on trouve tous les cellules des auxiliaires (jeu de barres, disjoncteurs, onduleurs, redresseurs, ...), elle consiste de :
 - **Salle électrique** : cellule 6KV, principalement pour SFC (system de démarrage du groupe), Cellule 380V pour les batteries et les moteurs de refroidissements.
 - **Salle électronique** : elle consiste plusieurs armoires électroniques et électriques, CPJ (DCS armoire superviseur, c'est le responsable de tous les actions dans le groupe), CJQ (Wood world), CJR (armoire de distribution d'électricité dans la salle), CPJ13 (emergency shut down), cyclo coupler.
 - **Salle de batteries** : stockage d'électricité dans des batteries 48V et 220V.
- e) **NORIA** : c'est un system de refroidissement d'huile utilisé dans le groupe, chaque groupe possède son system propre qui consiste à 10 moteurs asynchrone de 380V et tournent des ventilateurs pour refroidir l'eau qui circule, et deux pompes avec l'une des deux est secours.
- Le rôle est le refroidissement d'huile qui circule dans la turbine et refroidissement de l'air chaud du générateur. (1) (2) (3)

I.4.2 Principe du fonctionnement de la turbine

Le fonctionnement de la turbine repose sur le principe de compression de l'air, combustion du mélange air-combustible et conversion de l'énergie thermique en énergie mécanique, qui est ensuite utilisée pour générer de l'électricité.

Lorsque le système de démarrage de la turbine est activé, l'air ambiant est aspiré et passe à travers un processus de filtration pour éliminer les impuretés. Ensuite, il est comprimé dans les 15 étages du compresseur axial. Au démarrage, des vannes d'extraction d'air au 11ème

étage sont ouvertes pour éviter le pompage du compresseur, tandis que les aubes orientables (I.G.V.) situées à l'entrée du compresseur restent fermées. Une fois que la turbine atteint sa vitesse de rotation nominale, les vannes d'extraction d'air se ferment automatiquement et les aubes orientables reprennent leur position normale, légèrement ouvertes à un angle intermédiaire.

L'air comprimé est ensuite dirigé vers la chambre de combustion, où il entre les enveloppes intermédiaires et les tubes de flamme. Les 24 brûleurs introduisent le combustible dans la chambre de combustion, où il se mélange à l'air comprimé. L'allumage est déclenché par un transformateur d'allumage, provoquant la combustion du mélange air-combustible. La combustion se propage alors à travers les 4 étages de la turbine, qui a une forme annulaire, avant de se diriger vers l'échappement. L'air chaud est évacué vers l'extérieur, contribuant à la génération de la force motrice. L'échappement de la turbine est équipé de 24 thermocouples qui permettent de mesurer les températures à différents points de la turbine.

Enfin, la rotation de la turbine est utilisée pour entraîner l'alternateur, qui génère de l'énergie électrique. Une fois la turbine arrêtée, il est nécessaire de laisser la turbine fonctionner à un régime de ralenti (120 RPM) pendant un certain temps pour permettre le refroidissement de l'arbre principal de la turbine.

Ainsi, la turbine à gaz joue un rôle crucial dans la production d'électricité en convertissant l'énergie thermique en énergie mécanique, qui est ensuite convertie en énergie électrique par l'alternateur.. (6) (2)

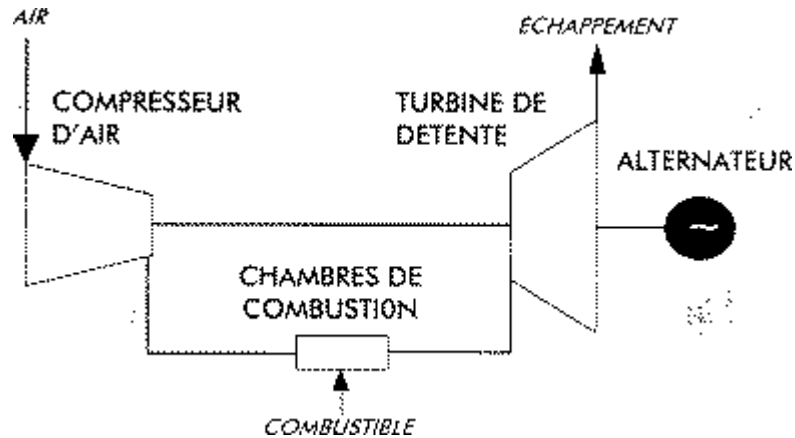


Figure I.5 Schéma d'une turbine à gaz

I.5 Les différents systèmes de la turbine

I.5.1 Système instrumentation turbine

Ce système regroupe tous les capteurs dédiés à la protection et au contrôle de la turbine, et il s'agit :

- Des transformateurs d'allumage et détecteurs de flamme.
- Des capteurs de mesure de vibrations.
- Des thermocouples de mesures des températures de refroidissement de la turbine.
- Des capteurs de mesure de la vitesse de la turbine.
- Des thermocouples de la mesure de la température d'échappement.
- Des thermocouples de mesure des températures des paliers de la turbine. (7)

I.5.2 Système d'huile de lubrification

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

- Lubrifier la ligne d'arbre et le réducteur des auxiliaires.
- Fournir l'huile de contrôle pour la sécurité de la turbine.
- Alimenter le circuit d'huile haute pression pour le contrôle – commande de la turbine.
- Alimenter le convertisseur de couple et le système de virage.

Ce système possède plusieurs rôles dans le fonctionnement de la turbine, et chacune doit être faite par des moteurs qui pompent l'huile, il s'agit de :

- **Grisage** : 2 moteurs AC principale et auxiliaire, 1 moteur secours DC
- **Levage** : 1 moteur AC et 1 secours DC (260bar)
- **Virage** : 1 moteur principal AC.
- **Soulèvement** : 1 moteur principale AC, 1 moteur secours DC. (8)

I.5.3 Système eau de refroidissement (NORIA)

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

- Refroidir l'huile de lubrification
- Refroidir l'air d'atomisation
- Refroidir l'air de balayage
- Refroidir les détecteurs de flamme
- Refroidir les supports arrière de la turbine
- Refroidir le moteur de lancement

Le système d'eau de refroidissement est une boucle fermée où la circulation d'eau est réalisée par une pompe attelée.

I.5.4 Système protection incendie

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

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

Ce système concerne les compartiments

- Auxiliaire turbine
- Turbine à gaz
- Réducteur de puissance
- Gaz

I.5.5 Système chauffage et ventilation

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

- Évacuer l'air chaud de l'intérieur du compartiment vers l'extérieur,

➤ Chauffer l'intérieur des compartiments pendant que le groupe ne fonctionne pas, dans les enceintes répertoriées ci-dessous :

- ❖ Auxiliaires
- ❖ Turbine à gaz
- ❖ Puissance
- ❖ Gaz
- ❖ Échappement
- ❖ Injection d'eau

I.5.6 Système lavage turbine et/ou compresseur

Le système de lavage de la turbine et du compresseur est défini pour assurer les fonctions suivantes :

- Nettoyer le compresseur à l'arrêt (Off line)
- Nettoyer le compresseur en rotation à vitesse nominale (On line)

L'eau de lavage provient d'un module externe à cette description et retourne aux égouttures après utilisation.

I.5.7 Système injection d'eau

Le système d'injection d'eau est défini pour diminuer le niveau de NOx lorsque la turbine fonctionne avec du combustible liquide.

Le système d'injection d'eau est un circuit ouvert où l'eau est mise en pression par une pompe entraînée par un moteur électrique.

I.5.8 Système détection gaz

Le système de détection gaz est défini pour détecter le gaz dans les compartiments :

- Turbine
- Module gaz

La détection du gaz inclut des détecteurs de gaz installés dans les gaines de ventilation. (7) (2)

I.5.9 Système réducteur de puissance

Le système réducteur de puissance est défini pour adapter la vitesse de la turbine à celle de l'alternateur et permettre le transfert de la puissance mécanique. (9)

I.6 Partie de transformation

Après l'arrêt de la séquence de démarrage et la turbine atteindre la vitesse 3000rpm, le disjoncteur principal de chaque groupe se ferme, ces disjoncteurs sont couplés en charge égale à 10MW et après augmente par 6,5MW/min et 13MW/min, et déclenche en 3MW.

Le disjoncteur est connecté avec deux transformateur, voir (figure I.6) une est principal (type de refroidissement ONAN) qui transforme et augmente l'énergie électrique de 15.5KV à 400KV et le connecter avec le réseau, et l'autre est soutirage (ONAF) qui abaisse la tension à 6.3KV et le connecté avec le jeu de barre du groupe pour alimenter des auxiliaires.

I.7 Séquence de démarrage

Pour démarrer une turbine il faut une énergie très grande, et la combustion du gaz n'est pas suffisante pour lancer la turbine, pour cela on utilise un système de démarrage qui est un démarreur statique à fréquence variable ou SFC, ce système fonctionne en environ de 25 min où la turbine atteindre sa vitesse nominale 3000rpm.

La séquence de démarrage est la suite :

- **Virage** : permissive de démarrage, car le SFC doit démarre avec une vitesse initiale, le vireur tourne la turbine en vitesse 120-150rpm.
- **Baliage** : ce régime prend environ 8 min (ça dépend du cas), son rôle est de dégager et souffle le gaz à l'intérieur de la turbine, dans ce régime la vitesse de la turbine est entre 750-850rpm.
- Réduction de la vitesse jusqu'à 175rpm.
- Ouverture des vannes du gaz.
- Le transformateur d'allumage faire une étincelle dans la chambre de combustion.
- Ouverture du pilote et prémixe successivement.
- Arrêt des moteurs de soulèvement dans la vitesse 1700rpm, ces moteurs pompent l'huile dans les 4 paliers (2 pour la turbine et 2 pour le générateur).
- Le SFC arrêt dans la vitesse 2100rpm.
- La vitesse s'augmente avec la combustion du gaz jusqu'à sa vitesse nominale.
- Ouverture des vannes de Blowoff, c'est système d'anti pompage qui relié directement la chambre de combustion avec l'échappement pour diminuer l'embarde ment et fermé complètement dans la vitesse 3000rpm.
- Le disjoncteur principal se ferme.

La courbe suivant montre les étages du démarrage de la turbine :

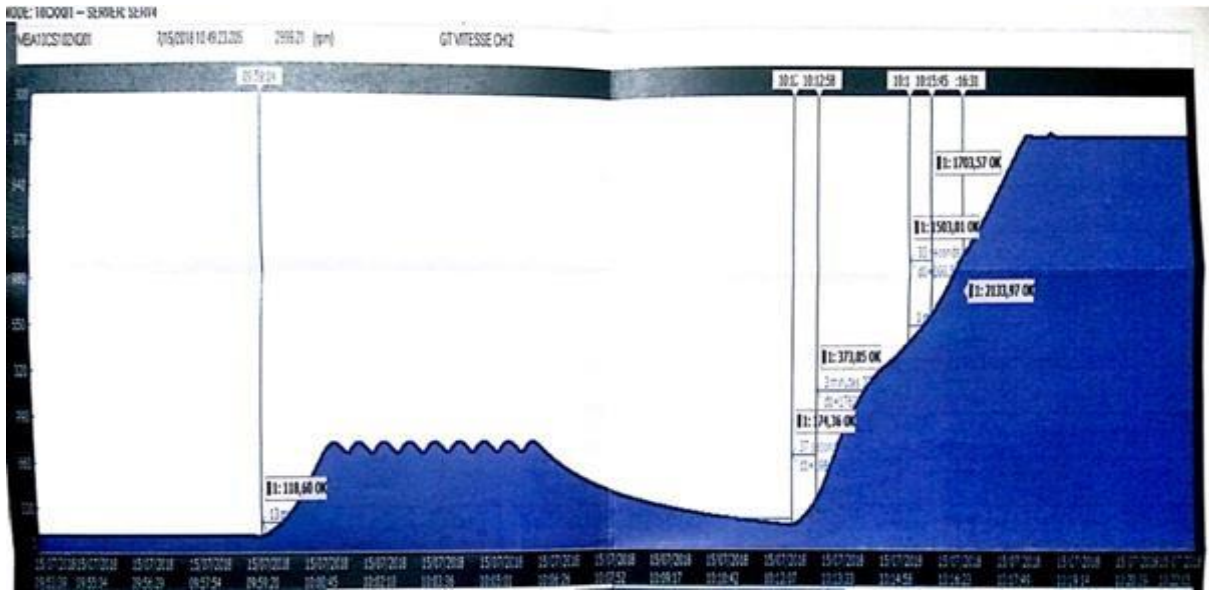


Figure I.7 les étages du démarrage de la turbine

I.7.1 Les conditions de couplage

Pour couplé les groupes avec le réseau général, il faut vérifie certaines conditions qui assure la synchronisation les groupes avec le réseau, ces conditions sont :

- a) Même tension.
- b) Même fréquence.
- c) Même déphasage entre les trois phases.

I.7.2 Les problèmes

➤ **Electrique :**

- a) Max de courant.
- b) Max de fréquence.
- c) Retour d'énergie du réseau.
- d) Déséquilibre entre les phases.

➤ **Mécanique :**

- a) Vibration de l'arbre de la turbine (mauvaise combustion, mauvaise grisage).
- b) La température augmente dans la chambre de combustion.
- c) Sur vitesse.

(7) (3) (2)

Chapitre II: ANALYSE DES RISQUES

II.1 Introduction :

Le risque est une notion difficile à cerner mais de façon générale, on peut dire que c'est une contingence indésirable, appréhendée, relativement anodine et peu probable. Par appréhendée, on entend par là que le risque est connu au préalable. L'exposition au risque résulte donc souvent d'une démarche consciente, appelée prise de risque. En ce sens, le risque se distingue par exemple de l'aléa ou de l'incident, qui surviennent en général de façon imprévue ; Le risque est généralement anodin, mais tout de même suffisamment nuisible pour être indésirable.

En ce sens, il se distingue notamment du danger, qui suppose la possibilité d'un dommage grave (notamment la mort). On dira par exemple de quelqu'un qui sort tête nue par temps froid qu'il court le risque d'attraper un rhume, tandis qu'on dira qu'il se met en danger s'il traverse une rue sans regarder. Un risque est une contingence peu probable, ce qui constitue une autre différence par rapport au danger. On parle en effet de danger lorsque la probabilité d'occurrence et les conséquences sont importantes, tandis que le risque existe dès lors que sa probabilité d'occurrence n'est pas nulle.

L'appréciation de ces différents critères est hautement subjective, ce qui peut justifier que dans les domaines scientifiques et techniques une définition quantifiable et plus rigoureuse du risque a été recherchée. (10) (7)

II.2 Notion de risque

II.2.1 Définition et origine

Un risque est un événement dont l'occurrence est incertaine et dont la réalisation affecte les objectifs de l'entreprise qui le subit Certains risques peuvent avoir des effets positifs. Ce sont ceux que l'entreprise recherche. D'autres risques ont certainement des effets négatifs. Ce sont ceux que l'entreprise craint.

Les risques négatifs sont parfois qualifiés de risques purs par les assureurs.

- Ce sont, bien sûr, les catastrophes naturelles ou humaines : Seveso, Tchernobyl, Amoco Cadiz, Bhopal, Sandoz...
- Ce sont aussi des risques moins catastrophiques mais tout aussi dramatiques pour leurs victimes, tels que les divers incendies et autres sinistres « Dommages aux biens » (environ 700000 par an), les cambriolages (100000 par an), les accidents du travail (1500 tués et

100 000 invalides par an), les sinistres informatiques (estimés à plus de 10 milliards de francs par an), etc.

- Ce sont encore des risques auxquels on pense moins, tels que:
 - les pertes de personnel et de savoir-faire ;
 - les conséquences de l'absence de veille technologique, commerciale ou réglementaire
 - les défaillances des fournisseurs ou des clients ;
 - les engagements de responsabilité civile ou pénale de l'entreprise ou de ses dirigeants
 - la malveillance ;
 - les défaillances de la logistique et des transports ;
 - la contrefaçon.

II.2.2 Mesure d'un risque

- Un risque se mesure par deux caractéristiques :
 - la fréquence f , qui mesure la probabilité d'occurrence de l'événement dommageable ;
 - la gravité G , qui mesure les conséquences du sinistre. Le produit $f \times G$ est un indicateur de l'acuité du risque.
- On distinguera cinq zones de risques sur le diagramme $f \times G$ (figure II.1)

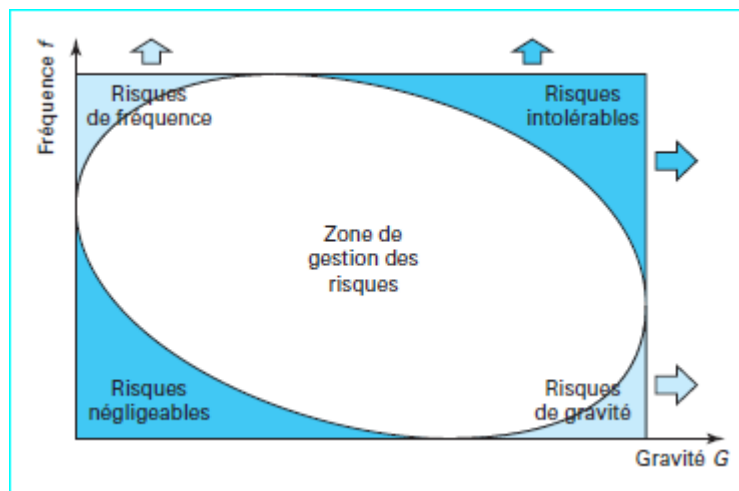


Figure II.1 Diagramme d'acuité des risques

- **les risques dits « de fréquence »**, caractérisés par une fréquence assez élevée et une gravité relativement faible ;
- **les risques dits « de gravité »**, qui, au contraire, ont une gravité forte, mais une probabilité d'occurrence faible ;

— **les risques négligeables**, car de fréquence et de gravité faibles ;
— **les risques intolérables**, car de fréquence et de gravités élevées, pour lesquels le seul traitement est l'évitement ou la suppression de l'activité à risque ;
— **les risques à fréquence et gravité** « moyennes », qui constituent le vaste champ d'application de la gestion des risques.

- Dans le cas des risques de fréquence, le retour d'expérience permet d'estimer assez finement les deux facteurs f et G , et de mesurer l'impact sur $f \times G$ d'éventuelles mesures de réduction du risque. Ces risques se prêtent bien à un financement interne, par provision.
- Dans le cas des risques de gravité, au contraire, la faible expérience similaire ne permet pas d'estimer la probabilité d'occurrence du sinistre. Seule une analyse a priori, utilisant les méthodes de la sûreté de fonctionnement (par exemple méthode AMDEC), permet d'obtenir une estimation raisonnable de la fréquence f . Ce sont typiquement pour ces risques que le recours à l'assurance, ou à toute autre technique de transfert pour financement, est quasi indispensable. La situation est d'ailleurs analogue pour les activités novatrices, pour lesquelles l'expérience est quasi nulle.

La gravité G de ces sinistres est généralement plus facile à estimer, bien que, dans certains cas (sinistres catastrophiques, engagements de responsabilité, pollution), on ne puisse que l'approcher grossièrement.

Cette incertitude sur les estimations de f et G dans le cas des sinistres de gravité est assurément un handicap à la mise en œuvre rationnelle d'un plan de réduction du risque ; jusqu'où est-il financièrement raisonnable d'aller ? C'est pourquoi, dans un tel cas, l'appréciation de la gravité du risque doit être laissée à ceux qui en supporteront in fine les conséquences, c'est-à-dire les actionnaires.

II.2.3 Méthodologie :

II.2.3.1 Étapes de la gestion des risques

Gérer ses risques, c'est conduire un processus en trois étapes successives (figure II.2) :

1. identifier les risques;
2. réduire les risques;

3. financer la gravité résiduelle des risques.

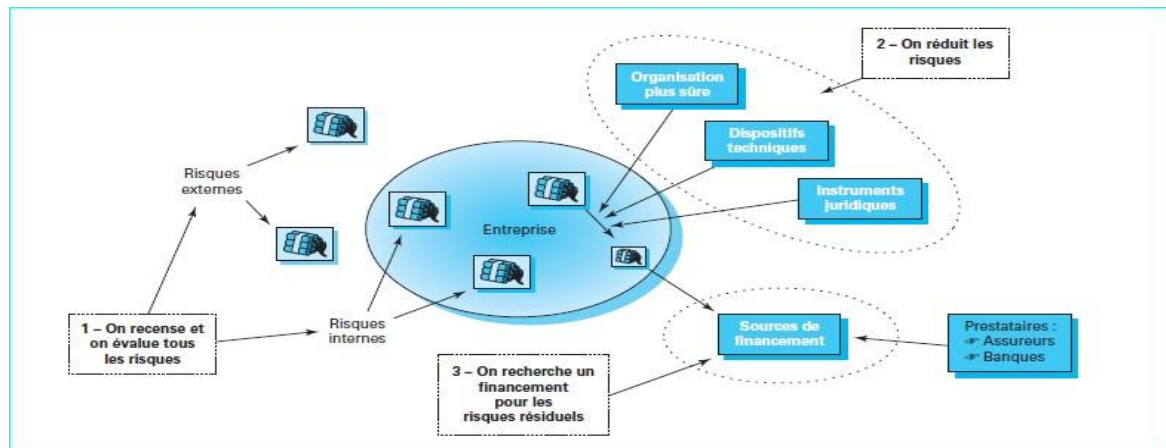


Figure II.2 Étapes de la gestion des risques

II.2.3.2 Identification des risques

L'identification des risques est une étape cruciale dans la gestion de la sécurité. Voici quelques suggestions pour améliorer cette expression :

- "Procéder à une identification exhaustive des risques présents sur le site."
- "Effectuer une évaluation approfondie des risques potentiels liés aux activités en cours."
- "Analyser attentivement les dangers et les menaces éventuelles pour identifier les risques encourus."
- "Mettre en place un processus systématique d'identification des risques, en impliquant tous les acteurs concernés."
- "Utiliser des outils appropriés tels que des matrices de risques pour identifier et évaluer les dangers."
- "Établir une liste complète des risques identifiés, en les classant par ordre de priorité."

Les sources de risques pouvant affecter les ressources de l'entreprise peuvent être variées. Voici quelques exemples courants :

1. Risques liés aux ressources humaines :
 - Fluctuation du personnel, turnover élevé.
 - Pénurie de compétences critiques.
 - Conflits internes ou problèmes de gestion des ressources humaines.
 - Absentéisme ou congés prolongés du personnel clé.
2. Risques liés aux ressources financières :
 - Instabilité économique ou financière.
 - Manque de liquidités ou difficultés de financement.
 - Variation des taux de change ou des taux d'intérêt.
 - Défaut de paiement des clients ou des fournisseurs.
3. Risques liés aux ressources matérielles :
 - Défaillance ou panne des équipements essentiels.
 - Vol, vandalisme ou dommages causés aux biens matériels.
 - Obsolescence technologique ou inefficacité des équipements.
 - Problèmes d'approvisionnement ou de qualité des matières premières.
4. Risques liés aux ressources technologiques :
 - Cyberattaques, piratage ou vol de données sensibles.
 - Pannes informatiques ou défaillance des systèmes.
 - Incompatibilité des logiciels ou des équipements technologiques.
 - Problèmes de protection de la propriété intellectuelle.
5. Risques liés aux ressources environnementales :
 - Catastrophes naturelles (tempêtes, inondations, tremblements de terre, etc.).
 - Pollution ou contamination de l'environnement.
 - Non-conformité aux réglementations environnementales.
 - Impact négatif sur la réputation de l'entreprise.

Il est important pour une entreprise d'identifier et d'évaluer régulièrement ces différentes sources de risques afin de mettre en place des mesures de prévention, d'atténuation et de gestion adaptées.

Cette phase conduit à l'identification des ressources vulnérables. (Figure II.3).

Les ressources à la fois névralgiques et vulnérables sont les ressources critiques de l'entreprise ; elles doivent faire l'objet de toute son attention.

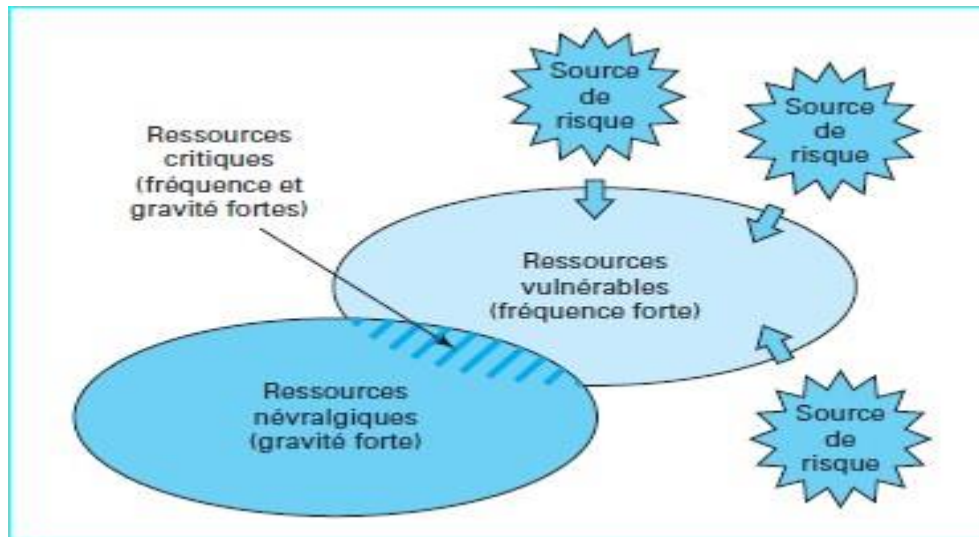


Figure II.3 Sources de risques affectant les ressources de l'entreprise

Alors que l'identification des ressources névralgiques repose sur la connaissance que l'entreprise peut avoir d'elle-même, la recherche des sources de risques et des ressources vulnérables requiert une méthode et une expérience que seul un professionnel de la gestion des risques peut apporter.

II.2.4 Traitement des risques

Les risques étant identifiés, et leur impact sur les objectifs fondamentaux ayant été apprécié, au moins qualitativement, il reste à les traiter.

- Traiter un risque, c'est prendre des dispositions permettant :
 - d'abord de réduire le risque, en agissant sur sa probabilité d'occurrence (fréquence f) ou sur sa gravité G ;
 - puis de financer les conséquences résiduelles du risque.
- Pour traiter ses risques, l'entreprise dispose donc d'une boîte à outils contenant des instruments de quatre types :
 - instruments techniques : par exemple des murs coupe-feu, des détecteurs, des stockages cloisonnés, des sauvegardes informatiques, des stocks de pièces détachées ou de produits finis ;

- instruments d'organisation : par exemple des procédures opératoires, des consignes de sécurité, des plans de sauvegarde ou de survie, l'externalisation de certaines fonctions ;
- instruments juridiques : par exemple des clauses contractuelles de limitation de responsabilités, des contrats de travail ;
- instruments financiers : par exemple des provisions pour risques, des lignes de crédit, des rétentions, des assurances.

Bien entendu, le traitement du risque doit être économique, c'est à- dire optimal par rapport aux conséquences du risque (figure II.4) (11) (7)

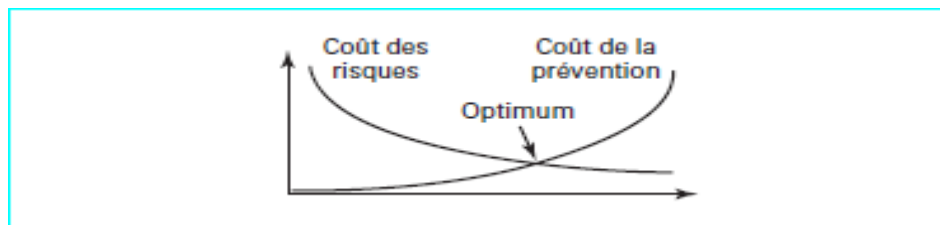


Figure II.4 Optimum du traitement des risques

II.3 Les méthodes d'analyses des risques

II.3.1 Introduction

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique miraculeuse qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention. Il existe donc des méthodes avec des objectifs différents, selon le besoin de l'entreprise dans la mise en place de son système dynamique de gestion des risques. (12)

II.3.2 Les méthodes d'analyse des risque

Il existe plusieurs méthodes d'analyse des risques utilisées dans différents domaines. Voici quelques-unes des méthodes les plus couramment utilisées :

1. Analyse Préliminaire des Risques (APR) : Comme expliqué précédemment, l'APR consiste à identifier les dangers potentiels et à évaluer les risques associés à une

activité, un projet ou un processus. Elle vise à anticiper les dangers et à mettre en place des mesures de prévention appropriées.

Comme son nom l'indique, il s'agit à la base d'une méthode préliminaire d'analyse qui permet d'identifier des points critiques devant faire l'objet d'études plus détaillées. Elle permet ainsi de mettre en lumière les équipements ou installations qui peuvent nécessiter une étude plus fine menée grâce à des outils tels que l'AMDEC, l'HAZOP ou l'analyse par arbre des défaillances. Toutefois, son utilisation seule peut être jugée suffisante dans le cas d'installations simples ou lorsque le groupe de travail possède une expérience significative de ce type d'approches. (13)

Fonction ou système :						Date:	
1	2	3	4	5	6	7	8
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Observations

Tableau II.1 : Exemple de tableau de type « APR »

2. Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) / Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) : Ces méthodes se concentrent sur l'identification des modes de défaillance possibles d'un système, d'un produit ou d'un processus, ainsi que sur l'évaluation de leurs effets et de leur criticité. Elles permettent de hiérarchiser les risques et de proposer des actions correctives.
3. Arbre des Causes et Événements (ACE) : Cette méthode consiste à représenter graphiquement les causes et les événements liés à un incident ou à un accident. Elle

aide à comprendre les séquences d'événements et les facteurs contributifs à un problème donné, ce qui permet de prendre des mesures préventives.

4. Analyse par les Barrières (Bow-Tie Analysis) : Cette méthode utilise un diagramme en forme de nœud papillon (bow-tie) pour visualiser les scénarios de risque et les mesures de prévention. Elle identifie les événements redoutés (incidents majeurs) et les mesures de prévention et de récupération nécessaires pour les éviter ou minimiser leurs conséquences.
5. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) des Procédés : Cette variante de l'AMDEC est spécifiquement utilisée pour analyser les procédés de production industrielle. Elle identifie les défaillances potentielles dans le processus de fabrication, évalue leurs effets et leur criticité, et propose des mesures de prévention ou de correction.
6. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) de la Sécurité : Cette approche de l'AMDEC se concentre spécifiquement sur l'identification des risques liés à la sécurité d'un système, d'un produit ou d'un processus. Elle évalue les effets des défaillances sur la sécurité et propose des mesures de prévention et de protection. R
7. L'analyse par la méthode ISHIKAWA

Ces méthodes ne sont que quelques exemples parmi de nombreuses autres méthodes d'analyse des risques disponibles. Le choix de la méthode dépendra du contexte, des objectifs et des spécificités de l'analyse de risques à réaliser.

Les méthodes d'analyse des risques présentent des approches différentes pour évaluer les dangers, identifier les risques potentiels et proposer des mesures de prévention. Voici une comparaison des différentes méthodes d'analyse des risques :

1. Approche préventive : Toutes les méthodes d'analyse des risques visent à identifier et à prévenir les risques potentiels. Elles mettent l'accent sur la prévention des incidents, des accidents ou des défaillances.
2. Niveau de détail : Certaines méthodes, comme l'AMDEC, fournissent une analyse détaillée des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité. Elles permettent de hiérarchiser les risques en fonction de leur gravité. D'autres méthodes, comme l'APR, peuvent être plus simples et fournir une évaluation plus générale des risques.
3. Focus sur les causes ou les conséquences : Certaines méthodes, comme l'ACE, se concentrent sur l'identification des causes et des facteurs contributifs à un problème donné. Elles aident à comprendre les séquences d'événements et à déterminer les mesures préventives appropriées. D'autres méthodes, comme l'AMDEC, se concentrent davantage sur les conséquences des défaillances et évaluent leur impact sur le système ou le processus.
4. Application spécifique : Certaines méthodes sont spécifiquement adaptées à des domaines particuliers. Par exemple, l'AMDEC des Procédés est utilisée pour analyser les procédés de production industrielle, tandis que l'AMDEC de la Sécurité se concentre spécifiquement sur les risques liés à la sécurité. D'autres méthodes, comme l'APR, peuvent être plus générales et s'appliquer à différents contextes.
5. Outils et techniques : Chaque méthode utilise des outils et des techniques spécifiques pour identifier, évaluer et hiérarchiser les risques. Par exemple, l'AMDEC utilise souvent une matrice de criticité pour évaluer les risques, tandis que l'ACE utilise des diagrammes d'arbres des causes et événements. Les outils et techniques utilisés peuvent varier en fonction de la méthode choisie.

Il est important de choisir la méthode d'analyse des risques qui convient le mieux au contexte spécifique et aux objectifs de l'analyse. Certaines méthodes peuvent être plus appropriées pour des situations complexes nécessitant une évaluation détaillée, tandis que d'autres méthodes peuvent être plus adaptées pour des analyses plus simples ou rapides.

II.3.2.1 ISHIKAWA :

Le diagramme d'Ishikawa est également appelé le diagramme cause-effet, le diagramme en arête de poisson ou la méthode des 5M

II.3.2.1.1 Définition :

La méthode 5M (Diagramme d'Ishikawa) est une méthode d'analyse qui a pour objectif de rechercher les différentes causes possibles d'un problème. Enfin elle permet d'identifier la cause radine d'un dysfonctionnement.

Elle fut créée par le professeur Kaoru Ishikawa ce qui lui vaut aussi son appellation « diagramme d'Ishikawa ». Une utilisation plus importante depuis les années 2000 lui attribuera le nom d'arête de poisson.

La méthode d'Ishikawa est une représentation graphique en diagramme. Elle ressemble à une arête de poisson. Cela se matérialise par une structure qui met en lien les causes et leur effet (défaut, panne, dysfonctionnement, ...). Cette représentation lui a valu l'appellations « d'arêtes de poisson ». **(18)**

II.3.2.1.2 ETAPES DE CONSTRUCTION D'UN DIAGRAMME D'ISHIKAWA :

La construction du diagramme d'Ishikawa est base sur un travail de groupe. Il est élaboré en plusieurs étapes :

- 1) Décrire le problème ou la défaillance.
- 2) Déterminer les causes qui ont pu déclencher le problème. En général, on utilise soit le Brainstorming, soit la méthode des 5M.
- 3) Tracer le squelette du diagramme d'Ishikawa (sous forme d'arêtes de poisson) en y mentionnant les 5M.
- 4) Pour chaque catégorie de 5M, inscrire les causes suggérées par les membres du groupe en posant toujours la question : pourquoi telle cause produit-elle cet effet ?
- 5) Classer les causes proposées ou les hypothèses en de sous catégories.
- 6) Définir les causes premières qu'il est possible de soustraire, voire même éradiquer.
- 7) Trouver les solutions adéquates aux causes en mettant en place des actions correctives. **(19)**

Toutes ces étapes permettent de décortiquer les causes provoquant le défaut. L'outil Ishikawa a été principalement conçu afin d'effectuer la gestion de la qualité. Il identifie les causes réelles à une problématique, permet une analyse, en équipe très intéressante en lien avec un problème à résoudre et amène l'équipe à se poser les vraies questions et, surtout, à amener de la rigueur dans l'analyse sur des faits réels et non pas sur des perceptions ou des préjugés.

II.3.2.1.3 Comment utiliser un diagramme cause-effet ?

Les diagrammes cause-effet sont tracés pour illustrer clairement les causes diverses affectant la qualité du produit. En conséquence, un bon diagramme cause-effet est celui qui s'ajuste à l'objectif quelle que soit sa forme, l'importance est qu'il corresponde à chaque but.

• Il y a différentes manières de l'utiliser mais les principales sont les suivantes :

A- Préparer un diagramme cause-effet est formatif par lui-même : Prendre les idées d'un maximum de personnes pour le préparer. Demander à chacun : « Quelle est la cause de l'écart ? » et « quelle relation et quel effet impactent la qualité ? ». Ces consultations avec d'autres permettent de capitaliser sur l'expérience et sur les techniques de chacun. Chaque personne qui prend part à la création du diagramme gagnera en connaissance. Même les personnes qui n'ont pas encore une large perception de leur métier pourront apprendre beaucoup en créant un diagramme cause-effet ou, simplement, en étudiant un diagramme existant.

B- Un diagramme cause-effet est un guide pour la discussion : Une discussion ne peut être profitable lorsque les participants s'éloignent de leur sujet. Lorsqu'un diagramme cause-effet sert de point central de discussion, chacun connaît le sujet et mesurera combien la discussion a progressé. Les égarements hors du sujet, les répétitions, les doléances et les lamentations sont évités. La conclusion sur le type d'action à prendre est obtenue plus rapidement. Un diagramme cause-effet est un guide important pour la discussion.

C- Les causes sont recherchées rapidement et les résultats sont écrits sur le diagramme :

Chaque fois qu'une caractéristique inhabituelle est découverte, il faut en rechercher activement le facteur possible. Cela est la base fondamentale du contrôle de qualité. Si le facteur réel est trouvé, alors il faut répéter les étapes utilisées pour définir la cause sur le diagramme cause-effet.

D- Les données sont recueillies à l'aide du diagramme cause-effet : Lorsqu'un changement en qualité apparaît, il est important de définir le taux de défauts, l'étendue de la dispersion, etc.... Cependant, ces chiffres montrent seulement ce qui s'est passé, ils ne fournissent aucune solution. En cas de changement dans les résultats de mesure de qualité, il faut rechercher à fond les causes et une fois les trouver, il faut les vérifier et les enregistrer dans un diagramme cause-effet.

E- Un diagramme cause-effet montre le niveau technique atteint : Si un diagramme cause-effet peut être parfaitement tracé, il implique que ceux qui l'ont fait connaissent bien le procédé de fabrication. En d'autres termes, plus haut est le niveau technique des salariés, meilleur sera le diagramme.

F- Un diagramme cause-effet peut être utilisé pour tout problème posé : Il peut être utilisé dans n'importe quel type de situation. Un diagramme cause-effet peut être construit non seulement pour les aspects de la qualité, mais pour les quantités, les coûts, et même pour la sécurité, la présence au travail ou encore n'importe quel type de problème personnel.

G- Mauvais diagramme cause-effet : Une cause se décompose généralement en de nombreux éléments complexes. En conséquence, les diagrammes cause-effet deviennent généralement très compliqués si la connaissance du procédé de fabrication est encore trop superficielle. (19) (20)

LES 5M :

- **Le diagramme d'Ishikawa se présente sous la forme d'un graphe en arêtes de poisson. Dans ce dernier, sont classées par catégorie les causes selon la loi des 5 M.**
- **La méthode des 5 M permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes :**

M1 - Matières : matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention

M2 - Matériel : Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance

M3 - Main d'œuvre: directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management

M4 - Milieu : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation

M5 – Méthodes : instructions, manuels, procédures, modes opératoires.

Le diagramme se construit en cinq étapes :

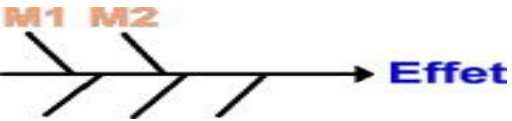

Etape 1	Placer une flèche horizontalement, pointée vers le problème identifié ou le but recherché.
Etape 2	Regrouper à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, les causes potentielles en familles, appelées communément les 5M.
Etape 3	Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de familles de causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale. Chaque flèche secondaire identifie une des familles de causes potentielles. 
Etape 4	Inscrire sur des minis flèches, les causes rattachées à chacune des familles. Il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent. 
Etape 5	Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié. Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger.

Tableau II.2 : les étapes du diagramme d'Ishikawa

(18) (19) (20)

✚ On peut y ajouter deux autres "M" pour arriver à 6M (figure II.8) ou même à 7M :

- Management
- Moyens financiers

Les 6M du diagramme d'Ishikawa

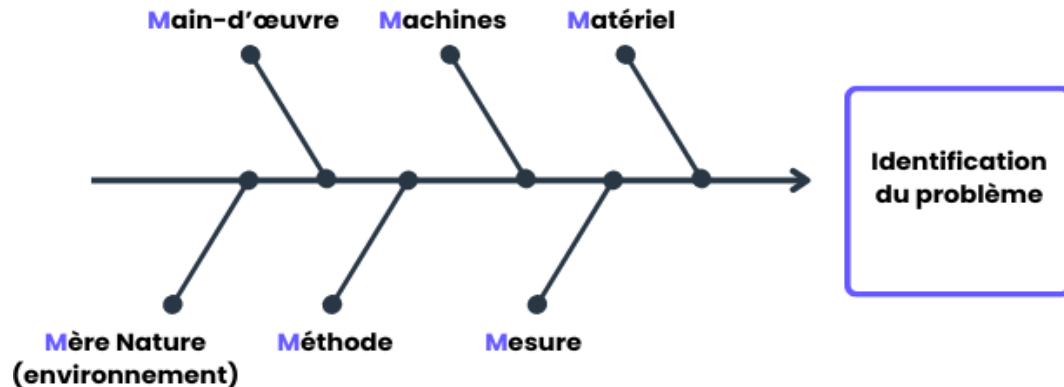


Figure II.5 Fish Baum diagram (6M)

II.3.2.1.4 Limite du diagramme d'Ishikawa

Bien que le diagramme d'Ishikawa soit une méthode utile pour l'analyse des causes d'un problème, il présente certaines limites :

- Subjectivité : L'identification et la classification des causes potentielles peuvent être subjectives, car elles dépendent des connaissances, de l'expérience et des opinions des membres de l'équipe. Il peut y avoir des divergences d'opinions sur les principales causes à considérer, ce qui peut affecter la validité des résultats.
- Simplification excessive : Le diagramme d'Ishikawa a tendance à simplifier la complexité des problèmes. Il ne permet pas de représenter toutes les interactions et les

interdépendances entre les différentes causes potentielles. Certaines causes peuvent être négligées ou sous-estimées, ce qui peut limiter la compréhension complète du problème.

- Manque de données factuelles : Lors de la construction du diagramme d'Ishikawa, les causes potentielles sont souvent basées sur des suppositions, des observations ou des connaissances tacites. Il peut manquer des données factuelles ou des preuves empiriques pour étayer les causes identifiées, ce qui peut conduire à des conclusions erronées.
- Absence de quantification : Le diagramme d'Ishikawa n'inclut généralement pas de méthode pour quantifier l'impact ou la probabilité des causes potentielles. Il ne fournit pas d'indicateurs quantitatifs pour évaluer l'importance relative des différentes causes. Cela peut rendre difficile la priorisation des actions correctives.
- Orientation vers les causes et non vers les solutions : Le diagramme d'Ishikawa se concentre principalement sur l'identification des causes d'un problème. Bien qu'il puisse aider à générer des idées pour résoudre le problème, il ne fournit pas directement de méthodes pour évaluer les solutions ou choisir la meilleure approche de résolution.

Malgré ces limites, le diagramme d'Ishikawa reste un outil populaire pour l'analyse préliminaire des causes. Il peut être utilisé comme point de départ pour comprendre les causes possibles d'un problème et faciliter la réflexion collective. Cependant, il est important de prendre en compte ces limites et d'utiliser d'autres méthodes d'analyse complémentaires pour obtenir une vue d'ensemble plus complète et précise des problèmes et des solutions potentielles

II.3.2.1.5 Démarche du diagramme d'Ishikawa

La démarche du diagramme d'Ishikawa, également connue sous le nom de diagramme de causes et effets ou diagramme en arêtes de poisson, suit généralement les étapes suivantes :

1. Identifier le problème : Définissez clairement le problème spécifique que vous souhaitez analyser. Il peut s'agir d'une non-conformité, d'un défaut, d'un dysfonctionnement, etc.
2. Rassembler une équipe : Formez une équipe multidisciplinaire qui comprend des personnes ayant une connaissance et une expérience pertinentes du problème. Il est important d'inclure des perspectives variées pour obtenir une vision complète.
3. Définir les catégories de causes : Identifiez les principales catégories de causes qui peuvent contribuer au problème. Les catégories couramment utilisées sont les "5M" : Main d'œuvre (Manpower), Méthodes (Methods), Matériaux (Materials), Milieu (Environment) et Matériel (Machines). Vous pouvez également utiliser d'autres catégories spécifiques à votre domaine d'activité.
4. Dessiner le diagramme : Dessinez un diagramme horizontal ou vertical sur une feuille de papier ou utilisez des outils de diagramme disponibles en ligne. Placez le problème au centre du diagramme et tracez des lignes obliques partant de cette flèche centrale pour représenter chaque catégorie de causes identifiées.
5. Identifier les causes potentielles : Pour chaque catégorie de causes, utilisez une approche de brainstorming pour identifier les causes potentielles qui pourraient contribuer au problème. Les membres de l'équipe peuvent écrire leurs idées sur des post-it ou directement sur les lignes diagonales du diagramme.
6. Analyser les causes : Examinez chaque cause potentielle et posez-vous des questions telles que : "Pourquoi cette cause se produit-elle ?" ou "Quels sont les facteurs contribuant à cette cause ?" Essayez de creuser plus profondément pour comprendre les relations de cause à effet.
7. Regrouper les causes similaires : Une fois que toutes les causes ont été identifiées, regroupez les causes similaires pour simplifier l'analyse. Cela peut être fait en reliant les lignes diagonales ou en utilisant des couleurs pour distinguer les groupes de causes.
8. Hiérarchiser les causes : Évaluez l'importance et la pertinence de chaque cause en fonction de son impact potentiel sur le problème. Vous pouvez utiliser des techniques de priorisation telles que la matrice de criticité (importance x fréquence) pour hiérarchiser les causes.

9. Rechercher les causes racines : Identifiez les causes principales qui contribuent le plus au problème. Ce sont les causes fondamentales ou les causes racines qui, une fois corrigées, peuvent prévenir efficacement le problème.
10. Élaborer des actions correctives : Une fois que les causes racines ont été identifiées, l'équipe peut proposer des mesures correctives spécifiques pour éliminer ou atténuer ces causes. Les actions correctives doivent être réalistes, réalisables et mesurables.

Il est important de noter que la démarche du diagramme d'Ishikawa peut être adaptée en fonction des besoins spécifiques de chaque situation. Certaines étapes peuvent varier en fonction du contexte ou des préférences de l'équipe, mais l'objectif principal reste d'identifier les causes potentielles d'un problème et de développer des solutions appropriées pour le résoudre

II.3.2.1.6 L'analyse par la méthode ISHIKAWA :>

Plus qu'un diagramme c'est presque d'un idéogramme dont il s'agit ici. Son auteur le professeur Ishikawa, président de l'institut Technologie Musashi de 1978 jusqu'à sa mort, a développé ce mode d'appréhension des problèmes et des solutions pour l'entremise des fameux cercles de la qualité dont il est d'ailleurs l'instigateur. Il affirmait que ce diagramme ne serait applicable par les occidentaux en raison de leur méconnaissance des idéogrammes. Cette fameuse arête de poisson a fait son chemin depuis... A l'origine le diagramme provenait de cette difficulté pour un japonais à s'exprimer de façon parfaitement claire par écrit. A chaque concept correspondait un idéogramme, d'où l'emploi fréquent de dessins ou d'idéogrammes. Celui d'Ishikawa unique en son genre permet de décrire les causes, les variables d'un processus.

II.3.2.1.7 but de l'analyse des risques

Le but de l'analyse des risques par la méthode d'ISHIKAWA est de :

1. Comprendre les causes profondes : L'analyse Ishikawa permet d'explorer les différentes causes possibles d'un risque ou d'un problème. Elle vise à identifier les causes profondes qui peuvent être à l'origine de l'effet indésirable. Cela permet de mieux

comprendre les facteurs sous-jacents qui contribuent au risque et de prendre des mesures appropriées pour les atténuer.

2. Structurer l'analyse : L'utilisation du diagramme d'Ishikawa permet de structurer l'analyse des risques en identifiant les différentes catégories de causes potentielles. Les catégories couramment utilisées comprennent les facteurs humains, les facteurs matériels, les facteurs environnementaux, les facteurs techniques, les facteurs organisationnels, etc. Cette structuration facilite l'identification exhaustive des causes et garantit que rien n'est négligé lors de l'analyse.
3. Favoriser la réflexion collective : L'analyse des risques par la méthode d'Ishikawa est souvent réalisée en équipe ou en groupe. Cela favorise la réflexion collective et l'échange d'idées. Les membres de l'équipe peuvent apporter leurs connaissances et leurs perspectives pour identifier les causes potentielles et les liens entre les différentes catégories. Cela permet d'avoir une vision plus complète et plus diversifiée des causes possibles.
4. Identifier les mesures préventives : Une fois que les causes potentielles sont identifiées, l'analyse Ishikawa permet de déterminer les mesures préventives à prendre pour atténuer le risque. En comprenant les causes profondes, il devient possible de mettre en place des actions correctives et des mesures de prévention ciblées pour réduire l'occurrence ou l'impact du risque identifié.
5. Améliorer la prise de décision : L'analyse des risques par la méthode d'Ishikawa fournit une base solide pour la prise de décision éclairée. En identifiant les causes potentielles d'un risque, elle permet de prioriser les actions à entreprendre en se concentrant sur les causes les plus significatives ou les plus susceptibles d'avoir un impact important.

II.4 Conclusion

En conclusion, en mettant en œuvre des méthodes d'analyse des risques, en adoptant des mesures préventives, en formant les employés et en surveillant en permanence les risques, il est possible de rée

Chapitre III :
PROCEDURE DE MAINTENANCE MAJEURE
D'UNE TURBINE A GAZ.

III.1 Introduction :

La maintenance consiste en la restauration des tolérances grâce à une série de compromis intelligents. Dans les techniques d'entretien, une façon de garder les compromis intelligent est la formation du personnel. Les gens doivent être formés, motivés et orientés afin qu'ils acquièrent de l'expérience et se développent en techniciens capables élevés. Machines est devenu plus complexe, exigeant plus de Machines est devenu plus complexe, exigeant plus de connaissances dans de nombreux domaines. Une bonne formation ne donne de bons rendements.

- En raison des phénomènes de dégradation et de vieillissement normaux, la turbine à gaz connaît une progressive et inévitable réduction des prestations entraînant une perte de production.
- En absence de maintenance ou en cas de plan de maintenance inadapté, la turbine à gaz sera pénalisée par une perte de prestations plus importante et plus rapide, pouvant éventuellement s'ensuivre de graves dommages et d'un arrêt de la machine.
- L'objectif d'un bon plan de maintenance est de maintenir le meilleur équilibre et donc, la maximale adéquation pour l'opérateur, entre les pertes dues à la détérioration de la machine et le coût de la maintenance destinée à contrer cette détérioration.
- Fiabilité, disponibilité et rendement sont quelques-uns des principaux paramètres utilisés pour évaluer les prestations d'un système et donc sa capacité à produire des bénéfices pour l'opérateur.
- L'analyse de ces paramètres permet de comparer avec les prestations d'autres systèmes similaires et de regarder sur le long terme l'évolution des prestations de l'installation en question
- La maintenance est effectuée pour localiser et surveiller l'usure, ainsi que de réparer ou de remplacer les pièces de sacrifice et de rétablir la réserve de l'usure.
- Avec un bon entretien, les turbines à gaz peuvent fonctionner avec une grande fiabilité et disponibilité, en dépit des caractéristiques mentionnées ci-dessus. (2)

III.2 Plan de maintenance

SONELGAZ-PE/UML a développé des plans de maintenance personnalisés visant à optimiser l'efficacité et la disponibilité de la centrale tout au long de sa durée de vie. Les plans de maintenance sont élaborés en se basant sur l'expertise de Sonelgaz-PE dans les domaines de la conception, de l'exploitation et de la maintenance des turbines à gaz. Ils prennent également en compte tous les points critiques identifiés tout au long de la vie opérationnelle des machines.

Ces plans de maintenance reposent sur des inspections et des révisions effectuées à intervalles réguliers. Les révisions comprennent des inspections programmées à des moments prédéfinis des composants individuels ou de l'ensemble de la turbine à gaz. L'objectif est de prévenir les pannes ou les interruptions de service causées par des défaillances de composants et de systèmes. Les révisions incluent également des interventions sur les composants majeurs pour rétablir leur durée de vie et leur efficacité.

Grâce à ces plans de maintenance sur mesure, Sonelgaz-PE/UML s'assure que les turbines à gaz fonctionnent de manière fiable, avec une disponibilité maximale, tout en réduisant les risques de défaillance et en prolongeant la durée de vie des équipements (1) (3)

III.3 Approche Pour L'entretien De La Turbine A Gaz

Le plan de maintenance tient compte des facteurs économiques de l'installation, y compris :

- Les coûts de l'énergie de substitution : Il prend en considération les coûts associés à l'utilisation d'autres sources d'énergie en cas de panne ou de dysfonctionnement de l'installation. Cela permet de minimiser les pertes financières liées à une interruption de service.
- Les coûts du combustible : Les plans de maintenance sont conçus pour optimiser l'efficacité énergétique de l'installation et réduire la consommation de combustible. Cela permet de minimiser les coûts de carburant associés à l'exploitation de l'installation.
- Les coûts de la maintenance et des pièces de rechange : Le plan de maintenance prend en compte les coûts associés à la maintenance régulière et aux pièces de rechange

nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de l'installation. Cela permet de planifier et de budgétiser ces coûts de manière efficace.

- Le prix de l'énergie : Les plans de maintenance sont élaborés en tenant compte des fluctuations des prix de l'énergie sur le marché. Cela permet d'optimiser les périodes d'entretien et de révision pour minimiser l'impact financier des hausses de prix de l'énergie.

L'objectif ultime de ces considérations économiques est de minimiser le rapport coûts/bénéfices, ce qui permet d'augmenter la marge de profit utile du client sur une période prolongée. En évitant la détérioration de l'installation grâce à une maintenance appropriée, on assure une exploitation rentable de l'installation et une optimisation de la performance énergétique.

III.4 Politique Sonelgaz-Pe Politique d'ansaldo Concernant La Maintenance

- Typologies de maintenance : Dans cette étape, il convient d'identifier les différentes catégories de maintenance pouvant être appliquées dans notre cas, telles que la maintenance préventive, la maintenance corrective, la maintenance prédictive, la maintenance conditionnelle, etc. Chaque catégorie de maintenance a ses propres objectifs et stratégies visant à garantir le bon fonctionnement de l'équipement
- **Fréquence et durée des opérations de maintenance** : À cette étape, il est essentiel de déterminer la fréquence et la durée des opérations de maintenance en fonction des exigences de l'équipement et des recommandations du fabricant. Il est primordial de planifier et de programmer les activités de maintenance de manière efficace afin de réduire les temps d'arrêt au minimum et de maximiser la disponibilité de l'équipement
- **Fingerprinting fonctionnel et structurel** : Cette étape vise à réaliser une analyse détaillée du fonctionnement et de la structure de l'équipement. Cela peut inclure l'identification des composants critiques, l'évaluation des performances, la détection des points faibles et la compréhension des interactions entre les différents systèmes. Le fingerprinting fonctionnel et

structurel permet d'obtenir une vue d'ensemble de l'équipement et de mettre en évidence les aspects qui nécessitent une attention particulière.

- **Collecte des données, analyse et surveillance en ligne** : Cette étape implique la collecte régulière de données sur l'état de l'équipement, la surveillance en temps réel des paramètres clés et l'analyse des données pour détecter les anomalies ou les défaillances potentielles. La surveillance en ligne permet une détection précoce des problèmes et facilite la prise de décision pour planifier les interventions de maintenance.
- **Élimination des points faibles** : Cette étape consiste à identifier les points faibles de l'équipement grâce à l'analyse des données et à mettre en place des actions correctives pour éliminer ces faiblesses. Cela peut inclure des améliorations de conception, des modifications d'équipement, des réparations ou des remplacements de composants, des ajustements des procédures de maintenance, etc. L'objectif est d'améliorer la fiabilité, la disponibilité et la durée de vie de l'équipement en éliminant les points faibles identifiés

III.4.1 Typologies de maintenance

- Maintenance quotidienne
- Inspections programmées
- Maintenance non programmée
- Maintenance prédictive

III.4.1.1 Maintenance quotidienne

La "maintenance quotidienne " ou "maintenance continue" comprend toutes les actions qui peuvent être réalisées sur une turbine à gaz sans affecter la disponibilité de l'installation, ni celle des systèmes auxiliaires, qu'ils ' soient actifs où en standby

III.4.1.2 Inspections programmées

La Maintenance Programmée a été choisi pour des activités telles que "l'inspection Mineur ", " l'inspection du Circuit de Gaz Chaud " et « Inspection Majeure » nécessaire pour optimiser la disponibilité et la durée de vie de la TG.

Ces activités peuvent être réalisées uniquement avec la TG arrêté.

III.4.1.3 Maintenance Imprévue (non programmée)

- Malgré la complétude de l'entretien planifié, les dommages imprévus peuvent être générés au la TG (mineurs ou majeurs).
- Pour réduire le hors service, la société doit soigneusement évaluer la possibilité d'acheter une quantité suffisante de pièces de rechange (en cas d'urgence ou stratégique)

III.4.1.4 Maintenance prédictive

- La maintenance prédictive tente de mesurer la détérioration de certains composants de la machine et donc de programmer l'heure à laquelle les interventions de maintenance seront nécessaires
- Ce programme assure que les pièces de rechange nécessaires sont disponibles sur le site au moment opportun
- Paramètres de fonctionnement spécifiques sont évalués à intervalles réguliers (hebdomadaires ou mensuels) et les résultats sont tracés afin de fournir une « tendance dans une période de temps déterminée »
- Alors que les mesures devraient être significatives, la machine doit être utilisée à la même charge et les conditions environnementales doivent être enregistrées avec précision.

III.4.2 Planning de maintenance

Planning de maintenance : Ce planning de maintenance est fourni à titre indicatif, car le planning réel dépendra du mode opératoire.

Intervalles de maintenance : Le paramètre qui identifie les intervalles de maintenance et qui fixe le délai dans lequel la réserve d'usure doit être restaurée est l'EOH (Equivalent Operating Hours). L'EOH définit une relation entre la température, le temps et le nombre de cycles.

EOH = EQUIVALENT OPERATING HOURS

Le planning de maintenance de la turbine à gaz est établi en fonction des paramètres tels que la température, le temps et le nombre de cycles d'exploitation. Il est important de restaurer la réserve d'usure des composants de la turbine afin de garantir leur bon fonctionnement.

Certains composants de la turbine à gaz, notamment ceux situés sur la trajectoire des gaz chauds tels que les revêtements de la chambre de combustion et les aubes de turbine, sont soumis à des contraintes plus importantes. Par conséquent, la durée de fonctionnement entre les inspections de ces éléments est déterminée en fonction de l'usure cumulée.

Pour évaluer cette usure cumulée, on utilise les Heures d'Exploitation Équivalentes (EOH), qui sont une mesure basée sur le temps réel d'exploitation de la turbine, la température des gaz et le nombre de cycles de fonctionnement. Ces EOH permettent de déterminer le moment où une inspection ou une maintenance préventive doit être effectuée pour prévenir d'éventuels problèmes ou défaillances.

Il convient de noter que le planning de maintenance fourni ici est donné à titre indicatif et peut varier en fonction des spécifications du fabricant, des conditions d'exploitation spécifiques et des recommandations techniques. Le planning réel de maintenance sera défini en fonction d'un mode opératoire détaillé et des directives spécifiques du fabricant de la turbine à gaz.

$$EOH = a_1 \times n_1 + f \times w \times b_1 \times t_1 + \sum_1^N t_i$$

n_1 = nombre des démarrages

$a_1 = 10$ (start-up factor)

t_i = heures équivalentes en raison des changements rapides de température

N = nombre de changements rapides de température

t_1 = heures de fonctionnement jusqu'à charge de base

$b_1 = 1$ (base load factor)

f = fuel evaluation factor

$f = 1.0$ pour les carburants conformes aux spécifications de travail TG,
(ANSALDO specification)

$f = 1.5$ pour les combustibles dépassant légèrement les limites fixées par
ANSALDO

w = facteur de correction pour l'injection d'eau

$$w = 1 + 0.45 \frac{\dot{m}_w}{\dot{m}_F}$$

- Injected water flow rate (in emulsion)
- Fuel flow rate

(2)

III.4.3 Catégories D'inspection

Les catégories d'inspection du programme d'entretien sont les suivantes, en séquence temporelle basée sur l'EOH (Equivalent Operating Hours) :

1. Inspection de routine :
2. Inspection mineure (m) :
3. Inspection de la voie de gaz chaud (HGP) :
4. Inspection majeure (M) :

Ces catégories d'inspection permettent de couvrir différents niveaux de maintenance et d'inspection, en tenant compte de l'état de l'équipement et des intervalles de temps recommandés pour assurer la sécurité, la fiabilité et la performance optimale de la turbine

III.4.3.1 Inspection de routine

L'inspection de routine comprend toutes les activités d'inspection et de maintenance qui peuvent être effectuées sur une turbine à gaz, y compris les systèmes auxiliaires, que ce soit pendant son fonctionnement ou en mode d'attente, sans compromettre la disponibilité de l'équipement. Cette inspection est effectuée de manière régulière conformément à un calendrier préétabli. Elle englobe les activités d'inspection et de maintenance de base qui peuvent être réalisées sans perturber la disponibilité de l'équipement.

III.4.3.2 Inspection mineure

Cette inspection vise à effectuer des vérifications visuelles, des mesures géométriques et d'autres activités de maintenance mineures. Elle permet de détecter et de corriger les problèmes mineurs avant qu'ils ne deviennent plus importants.

L'inspection mineure comprend principalement des inspections visuelles et des mesures géométriques de nature négligeable. Les activités d'inspection sont les suivantes :

- À l'intérieur de la turbine à gaz :
 - Retrait uniquement des couvercles des trous d'homme situés au fond des chambres de combustion.
 - Utilisation de l'endoscope à travers les orifices d'endoscope pour effectuer des inspections visuelles.
- À l'intérieur du carter d'échappement :
 - Inspection visuelle des aubes rotatives du 4^{ème} étage.
- À l'extérieur de la turbine à gaz :
 - Réalisation de contrôles réguliers selon les exigences sur les systèmes extérieurs de la turbine à gaz.

Ces activités d'inspection mineure permettent de procéder à des vérifications visuelles et à des mesures géométriques de faible ampleur, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la turbine à gaz.

Elles contribuent à maintenir la surveillance et la performance de l'équipement, en identifiant d'éventuels problèmes mineurs et en prenant des mesures préventives appropriées

III.4.3.3 Inspection de la voie de gaz chaud / HOT GAS PATH (HGP):

Cette inspection se concentre sur les composants de la voie de gaz chaud, tels que les aubes de turbine, et nécessite des démontages partiels pour permettre une inspection approfondie, des réparations et des remplacements si nécessaire.

L'inspection de la voie de gaz chaud / HOT GAS PATH (HGP) comprend les étapes suivantes :

- Pour commencer, il est nécessaire de retirer la partie supérieure de l'enveloppe extérieure de la turbine, ainsi que de démonter la partie supérieure et de faire pivoter la partie inférieure du support des aubes.
- Les aubes de turbine fixes et tournantes doivent être enlevées pour permettre leur inspection, réparation et remplacement si nécessaire.
- Il n'est pas nécessaire de démonter la section du compresseur lors de cette inspection.
- Le rotor de la turbine reste en place dans ses propres sièges et n'est pas retiré.

Cette procédure d'inspection permet d'accéder aux composants clés de la voie de gaz chaud, tels que les aubes de turbine, pour les inspecter en détail et prendre les mesures appropriées pour leur réparation ou leur remplacement si nécessaire.

III.4.3.4 Inspection majeure

L'inspection majeure est généralement effectuée à des intervalles plus longs conformément aux recommandations du fabricant et aux exigences opérationnelles. Elle vise à identifier et à traiter les problèmes potentiels, à prolonger la durée de vie de l'équipement et à maintenir ses performances optimales

L'inspection majeure nécessite

- le retrait complet de l'enveloppe extérieure supérieure du compresseur et de la turbine.
- Le retrait et le démontage du rotor en composants si nécessaire.
- En plus des inspections visuelles, des mesures géométriques et des essais non destructifs doivent être effectués sur certains composants.

. L'inspection majeure comprend les étapes suivantes :

- Inspection à travers le trou d'homme de la structure d'entrée d'air.
- Inspection à travers les trous prévus pour la mesure de la tolérance (non utilisé).
- Inspection à travers les buses des brides pleines et la ligne d'extraction.
- Pénétration via le dispositif d'équilibrage (partie inférieure).
- Inspection par l'intermédiaire des portes d'inspection endoscope situées à quatre points sur la circonférence.
- Inspection à travers les trous d'homme dans le corps (sections supérieures et inférieures) et les trous d'homme dans la chambre de combustion annulaire, ainsi que la suppression du bouclier tuiles/thermique.
- Inspection à travers le trou d'homme dans le boîtier (parties supérieure et inférieure) sur le trou d'air de refroidissement à l'aube 3.
- Inspection dans l'espace annulaire du support des aubes de turbine I à travers la ligne d'extraction et la conduite d'évacuation (partie inférieure).
- Inspection dans l'espace annulaire du support des aubes de turbine II par la ligne d'extraction et la conduite d'évacuation (partie inférieure).
- Inspection dans l'espace annulaire du support des aubes de turbine III par la ligne d'extraction et la conduite d'évacuation (partie inférieure).
- Inspection à travers le bouchon dans la structure inférieure.
- Inspection par la porte placée entre la structure et le revêtement.

Ces différentes étapes permettent d'inspecter en détail les différentes parties de la turbine, en utilisant des ouvertures spécifiques, des portes d'inspection et des lignes d'extraction pour accéder aux zones pertinentes. Il est important de suivre les procédures spécifiées par le fabricant lors de chaque inspection afin d'assurer une évaluation complète et précise de l'état de la turbine

Cette inspection est plus approfondie et exhaustive. Elle peut impliquer le démontage complet de la turbine, le remplacement de certaines pièces majeures et une inspection détaillée de l'ensemble de l'équipement. Elle est généralement réalisée à des intervalles plus longs, en fonction des recommandations du fabricant et des exigences opérationnelles.

III.4.4 Durée des inspections programmes

Durée des inspections programmées : M I : 3-4 jours

- Inspection par les trous d'homme ou avec endoscope

HGPI : 4 semaines

- Démontage et remontage partiel
- Inspection avec fingerprinting
- Remplacement des aubes de la turbine
- Essais fonctionnels de la turbine à gaz, avant et après l'HGPI

RG : 5,5 semaines

- Démontage et remontage complet
- Inspection avec fingerprinting
- Remplacement ou réparation des aubes ou autres parties
- Essais fonctionnels de la turbine à gaz, avant et après le RG

Programme de Prolongation de la Vie

Programme de Prolongation de la Vie : Étant donné que la durée de vie de l'installation peut varier de 20 à 40 ans, la conception des composants du chemin des gaz chauds atteint sa limite et il est nécessaire de planifier un programme d'extension de la vie après avoir atteint l'équivalent de 100 000 heures de fonctionnement.

En général, il est possible d'améliorer la turbine à gaz en effectuant les investissements nécessaires dans de nouveaux éléments du chemin des gaz chauds afin d'augmenter l'efficacité, la production et d'autres aspects du fonctionnement de l'usine.

III.4.5 Programme des travaux des inspections

Le programme des travaux d'inspection consiste à planifier, organiser et effectuer des inspections régulières sur les équipements afin de garantir leur bon fonctionnement, de minimiser les risques potentiels et de maintenir la sécurité et la fiabilité des actifs.

III.4.5.1 Inspection de trajet de gaz chauds (HGP)

"Activités d'inspection des pièces chaudes et du trajet des gaz chauds (HGP)"

- Préparation : Assurez-vous d'avoir les outils, équipements de sécurité et personnel qualifié nécessaires pour mener à bien l'inspection. Respectez les procédures de sécurité spécifiques et obtenez toutes les autorisations nécessaires.
- Démontage du boîtier extérieur : Retirez le boîtier extérieur dans la section de la turbine et de la chambre de combustion en suivant les procédures recommandées par le fabricant.
- Retrait des supports des aubes de stator : Enlevez les supports des aubes de stator de la turbine supérieure et inférieure conformément aux spécifications du fabricant.
- Inspection et remplacement du rotor de turbine : Inspectez attentivement le rotor de la turbine pour détecter les dommages, l'usure ou les défauts. Si nécessaire, remplacez les pales endommagées ou usées par des pièces de rechange approuvées.
- Inspection et remplacement des aubes de stator de turbine : Inspectez les aubes de stator de la turbine pour identifier les défauts, les fissures ou l'usure excessive. Procédez au remplacement des aubes défectueuses en suivant les procédures spécifiées par le fabricant.
- Inspection de la chambre de combustion : Effectuez une inspection minutieuse de la chambre de combustion pour détecter les dommages, les dépôts excessifs ou les anomalies. Assurez-vous que la chambre de combustion est en bon état de fonctionnement et propre.
- Inspection des brûleurs : Inspectez les brûleurs pour vérifier leur bon fonctionnement, l'alignement correct et l'absence de dommages ou d'obstructions.

- Remontage : Une fois les inspections terminées, procédez au remontage des composants conformément aux procédures recommandées par le fabricant. Assurez-vous de suivre les séquences d'assemblage, les spécifications de couple et les exigences de lubrification.
- Tests finaux : Effectuez les tests finaux pour vous assurer que toutes les pièces ont été correctement assemblées et que la turbine est prête à fonctionner en toute sécurité. Réalisez les tests de fonctionnement nécessaires pour valider les réparations et les remplacements effectués.
- Documentation et suivi : Documentez toutes les activités d'inspection, les réparations effectuées, les pièces remplacées et les résultats des tests. Conservez les dossiers conformément aux réglementations et aux exigences internes de l'entreprise. Assurez-vous de suivre les recommandations du fabricant pour la maintenance préventive continue.

En suivant ces étapes et en se référant aux recommandations du fabricant, l'inspection des pièces chaudes et du trajet des gaz chauds (HGP) peut être effectuée de manière méthodique et sécurisée, garantissant ainsi le bon fonctionnement de la turbine

III.4.5.2 Activités d'inspection majeure"

- La planification de l'inspection majeure de la turbine est l'élaboration d'un plan détaillé pour l'inspection majeure en se basant sur les recommandations du fabricant. les étapes clés à suivre, les composants à inspecter et les ressources nécessaires sont :
 1. Démontage complet de la turbine.
 2. Enlèvement du rotor, si nécessaire.
 3. Inspection des aubes du rotor de la turbine, enlèvement et remplacement si nécessaire.
 4. Inspection des lames du stator de la turbine, enlèvement et remplacement si nécessaire.
 5. Contrôle des lames fixes et des aubes mobiles du compresseur.
 6. Remplacement des aubes revêtues du compresseur.
 7. Inspection de la chambre de combustion.
 8. Inspection des brûleurs.
 9. Inspection des paliers.

10. Inspection du rotor, si nécessaire.

11. Réinstaller, redémarrer

(2) (3)

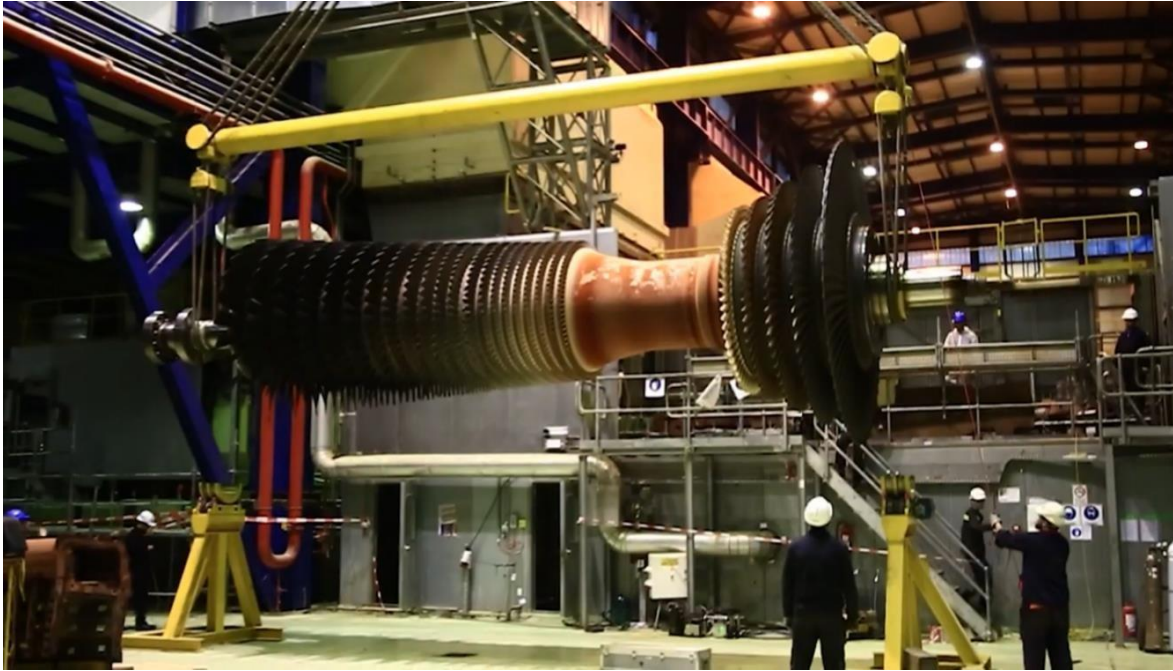
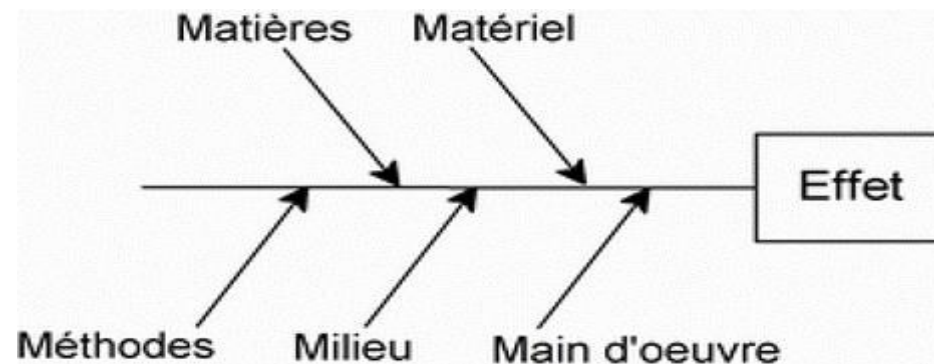


Figure III.1 maintenance lourde d'une turbine à gaz

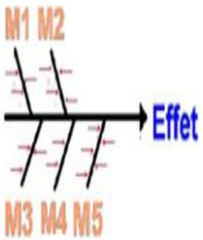
Chapitre IV : Résultats et discussion

Évaluation des Risques par la méthode 5M

Après avoir identifiés les effets indésirables potentiels associés à la maintenance lourde de la turbine à gaz, ainsi que les principaux facteurs de risque liés à la maintenance lourde de la turbine à gaz. L'application de la méthode d'Ishikawa pour analyser les risques lors de la maintenance lourde de la turbine nous a donné les résultats suivants :



Portée de risque évaluation La portée de l'évaluation des risques concerne l'entrepôt, l'atelier (salle des machines), le magasin et l'atelier de contrôle CND au sein de l'unité de maintenance lourde (EP/UML) de production d'électricité.

Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Dangereux substances (Matières) Poussière de laine de verre résultant du retrait de la gaine d'isolation extérieure des turbines</p> 	<p>les travailleurs, les clients et les autres visiteurs de l'organisation sont concernés par un problème persistant de concentrations élevées de poussière de laine de verre résultant des opérations de routine et répétitives effectuées. Étant donné l'absence d'un système d'extraction de poussière adéquat (seule une ventilation diluée est actuellement utilisée), les individus inhalent des particules de poussière potentiellement dangereuses pour leur santé respiratoire</p> <p>Les conséquences de l'exposition à la poussière de laine de verre peuvent être variées, allant des problèmes à court terme tels que la pneumocystose cardinii aux complications à long terme comme les cancers professionnels. Les problèmes de santé respiratoire sont également fréquents.</p> <p>De plus, les personnes peuvent être exposées à la poussière sur leur peau, ce qui peut causer des cas de</p>	<p>Il est possible de se procurer des masques anti-poussière spécialement conçus pour la laine de verre ainsi que des vêtements adaptés. Cependant, il n'est pas obligatoire pour les travailleurs de les porter.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acquérir des équipements d'extraction de poussière spécifiquement conçus pour la laine de verre. 2. Utiliser des masques faciaux en conjonction avec les systèmes d'extraction : <ol style="list-style-type: none"> a. Faire un engagement d'utilisation, b. Économiser et acheter ces masques. 3. Envisager l'utilisation d'un RPE (Respirateur à Protection Élevée) si les mesures précédentes ne contrôlent pas suffisamment le danger. 4. Mettre en place un programme d'entretien régulier pour tous les systèmes de ventilation. 5. Améliorer l'entrepôt en achetant au moins deux aspirateurs appropriés pour réduire au minimum la présence de poussière sur les lieux de travail et les bureaux. 6. Introduire un Système de Sécurité au Travail (SST) pour : <ol style="list-style-type: none"> 1 Systèmes/processus existants 2 Mettre à jour l'annexe pour inclure une note : Le responsable de l'atelier doit consulter les travailleurs lors de l'élaboration d'un système de travail sûr. 3 Organiser une formation planifiée pour tous les travailleurs impliqués dans ces activités : 	<p>6 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>A évaluer à l'issue de l'enceinte</p> <p>6 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 Mois</p> <p>Sur achèvement de l'enceinte</p> <p>2 Mois</p> <p>Une fois SST a été</p>	<p>Directeur général (actions 1, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13 et 14,15)</p> <p>Superviseurs principaux (actions 2, 4, 8,9)</p> <p>superviseurs (actions 2)</p>

	<p>dermatite. Les particules peuvent également entrer en contact avec les yeux, provoquant irritation et lésions oculaires. Il est même possible d'en ingérer accidentellement, notamment si les mains contaminées viennent en contact avec la bouche.</p>		<p>a. Meilleures pratiques pour maintenir les niveaux de poussière de laine de verre à un minimum. b. Formation sur le système de travail sûr.</p> <p>4 Sensibiliser les travailleurs à la santé publique, par exemple, sur les risques liés à l'ingestion ou à l'inhalation de poussière de laine de verre par contact main-bouche. 5 Améliorer les dispositifs de protection sociale et les équipements de protection individuelle. 6 Fournir des combinaisons distinctes pour les travailleurs effectuant le processus de retrait des couvertures contenant de la poussière de laine de verre, ainsi que des gants si nécessaire. 7 Construire une zone isolée fermée dans le vestiaire pour que les travailleurs puissent enlever les combinaisons couvertes de poussière. 8 Améliorer les installations de lavage dans le vestiaire, en envisageant l'installation d'une cabine de douche. 9 Examiner la possibilité de mettre en place un programme de surveillance de la santé pour tous les travailleurs concernés.</p>	<p>signé désactivé</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>6 mois</p> <p>1 mois</p> <p>6 mois</p> <p>6 mois</p>	
--	--	--	---	--	--

Tableau IV.1 Analyse de risque Des substances dangereux (Poussière de laine de verre)

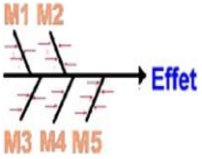
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Travail équipement (Matériel) Chute des objets et/ou de composants lors d'opérations de levage</p> 	<p>Les mécaniciens encourent un risque de blessure grave, voire de décès, en cas de défaillance des ascenseurs/crics, entraînant la chute d'un véhicule ou de composants lourds.</p> <p>Les travailleurs qui effectuent l'entretien de l'équipement courent le risque de subir une série de blessures allant des ecchymoses aux fractures, voire dans le pire des cas, de décéder, si l'équipement dysfonctionne pendant l'intervention.</p>	<p>L'entretien sporadique de l'équipement de levage.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mettre en place un programme d'inspection planifiée pour tous les équipements de levage. 2. Effectuer une inspection et une évaluation de tous les équipements de levage existants. 3. Vérifier que l'assurance est en place pour couvrir les équipements de levage. 4. S'assurer que tous les équipements de levage sont marqués avec des informations de charge de fonctionnement sûr (SWL). Si le SWL n'est pas marqué sur l'équipement ou s'il a été effacé au fil du temps, ces informations doivent être (re)marquées sur l'équipement. 	<p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p>	<p>Superviseurs principaux</p> <p>Superviseurs principaux</p> <p>Directeur général</p> <p>Superviseurs</p>

Tableau IV.2 Chute des objets et/ou de composants lors d'opérations de levage

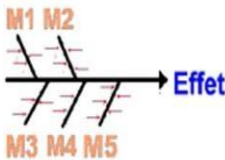
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Électricité</p> <p>(Matériel)</p> <p>Dysfonctionnement éventuel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Équipement électrique portatif • Équipements liés à l'équipement dans les ateliers et les entrepôts • Installation General Electric pour  <p>l'ensemble du site.</p>	<p>Tout travailleur qui utilise un équipement ou des installations électriques défectueux sur le chantier, comme brancher un appareil sur une prise défectueuse.</p> <p>Les dommages les plus probables qui peuvent survenir incluent les chocs électriques, les brûlures, la fibrillation cardiaque et, dans les cas les plus graves, le décès.</p>	<p>L'installation électrique du garage a récemment fait l'objet d'une inspection effectuée par un électricien qualifié. À la suite de cette vérification, un certificat de conformité a été délivré, valable pour une période de trois ans, sauf en cas de modifications ultérieures pendant cette période.</p> <p>Le panneau électrique est équipé d'un dispositif de courant résiduel intégré, garantissant une protection supplémentaire.</p> <p>Un programme d'entretien régulier est en place, comprenant des contrôles effectués tous les trois mois par un électricien certifié sur tous les équipements fonctionnant à 240V.</p> <p>Tous les travailleurs ont bénéficié d'une formation leur permettant de repérer d'éventuels défauts et sont conscients des procédures à suivre en cas de détection d'un équipement défectueux.</p> <p>Pour assurer la sécurité, quelques outils fonctionnant à basse tension ont été acquis et sont utilisés lorsque cela est possible, notamment des lampes à basse tension pour l'inspection des véhicules.</p> <p>Tous les travailleurs sont bien informés des protocoles d'urgence à suivre en cas d'incidents liés à l'électricité.</p>	<p>Des ambulanciers paramédicaux formés sont disponibles pour prendre en charge les victimes de chocs électriques légers.</p>	<p>6 mois</p>	<p>Directeur général</p>

Tableau IV.3 Analyse de risque de l'électrification

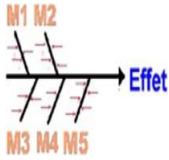
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Dangereux substances</p> <p>(Matières)</p>  <p>Utilisation de dégrissant mécanique et d'huile lubrifiante.</p>	<p>Les mécaniciens qui manipulent ces substances quotidiennement</p> <p>Ces substances sont connues pour être des sensibilisants ou des cancérigènes, ce qui signifie qu'avec le temps, elles pourraient entraîner des problèmes professionnels tels que la dermatite ou même des cancers de la peau</p>	<p>Des combinaisons sont fournies à tous les mécaniciens.</p> <p>Les salopettes sont nettoyées régulièrement</p> <p>Trousse de déversement disponible et tous les travailleurs formés à son utilisation</p> <p>Entrepreneur spécialisé utilisé pour l'élimination des déchets de mécanique d'huile pénétrante et de lubrifiant à l'huile et du kit de déversement usagé.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gants en nitrile ou en vinyle à usage mécanique. 2. Mettre en place un système de surveillance pour s'assurer que les gants sont portés à tout moment. 3. Mettre en place un système d'élimination des gants usagés. 4. Vérifiez si le même entrepreneur spécialisé qui enlève les déchets de la mécanique de l'huile pénétrante et de l'huile lubrifiante collectera et retirera les gants usagés du site. 5. Formation des mécaniciens sur les bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation de ces substances. 	<p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>2 mois</p> <p>1 mois</p> <p>2 mois</p>	<p>Directeur général (actions 1 et 4)</p> <p>Superviseurs principaux (actions 3 et 3)</p> <p>superviseurs (action 5)</p>

Tableau IV.4 Analyse des risques des substances dangereux (dégrissant mécanique et d'huile lubrifiante)

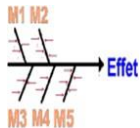
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complétés (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Mouvement de personnes et chariots élévateurs</p> <p>(Méthode) Assurer le déplacement sécurisé des chariots élévateurs depuis les zones de stationnement jusqu'aux zones de l'atelier, en veillant particulièrement à éviter toute perte de contrôle des chariots élévateurs</p> 	<p>Il est essentiel que tous les travailleurs sur place, en particulier les mécaniciens, ainsi que les clients, prennent conscience que les blessures résultant de collisions peuvent être graves, voire entraîner la perte de vies.</p>	<p>Un parking dédié est mis à la disposition des clients pour leur usage exclusif.</p> <p>Les zones réservées aux piétons sont clairement signalées, y compris les barrières de séparation entre les allées et la route.</p> <p>La vitesse maximale autorisée sur le site est fixée à 10 km/h pour garantir la sécurité de tous."</p> <p>L'atelier et le parking bénéficient d'un éclairage adéquat pour assurer une visibilité optimale."</p> <p>Nous disposons d'un stock suffisant de résidus de copeaux de bois pour couvrir toutes les zones du site qui pourraient être exposées à des déversements d'hydrocarbures..</p>	<p>Optimiser le processus de révision des systèmes pour les véhicules en mouvement à l'intérieur et entre l'atelier et la cabine de pulvérisation en mettant en place une méthode où une personne assure la propulsion tandis qu'une autre reste au volant pour garantir le maintien du contrôle du véhicule.</p> <p>Assurer la formation de tous les mécaniciens sur l'utilisation des chariots élévateurs et délivrer un permis de conduire complet à chacun d'entre eux</p>	<p>1 mois</p> <p>3 mois</p>	<p>Directeur général</p>

Tableau IV.5 Analyse des risques de collision

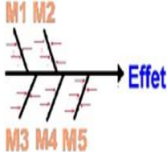
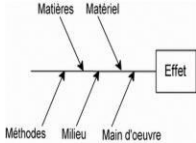
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complétés (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Bruit</p> <p>(Milieu)</p> <p>Bruit excessif de l'atelier activités.</p> 	<p>-Principalement des mécaniciens et autres qui travaillent pendant de longues périodes dans l'atelier et le lieu de travail. Une exposition prolongée et incontrôlée au bruit à 80 + dB peut, avec le temps, provoquer le phénomène NIHL.</p> <p>-L'atelier est bruyant à certains moments (il faut élever la voix/crier lors d'une conversation) comme les moteurs et les machines des véhicules à moteur (chariots élévateurs. Qui tournent en même temps</p>	<p>La dernière évaluation du bruit a été effectuée lors de la création de l'atelier (il y a cinq ans ou plus).</p> <p>Un examen récent des équipements de protection individuelle (EPI) utilisés a été effectué. Dans le cadre de l'EPI ancien / cassé (en particulier les protecteurs auditifs), il a été remplacé. Des protections auditives adéquates ont été fournies à tous les travailleurs concernés.</p> <p>Il y a un programme planifié/préventif entretien programme dans lieu pour tous équipement.</p> <p>Tous les travailleurs sont formés sur induction sur le effets ce bruit peut avoir sur les individus. Le effets de bruit est aussi couvert dans boîte à outils pour parler à moins annuellement</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Installer des écrans/barrières autour des zones les plus bruyantes en utilisant des matériaux insonorisants. 2. Étudier la possibilité de mettre en place un programme de surveillance de la santé pour les travailleurs concernés. 3. Acheter un sonomètre simple. 4. Organiser une formation sur l'utilisation du sonomètre pour le directeur de l'atelier. 5. Effectuer une enquête simple sur le bruit à l'extérieur. 6. Former tous les travailleurs concernés à l'utilisation appropriée des équipements de protection individuelle. 7. Utiliser les calculateurs de bruit du HSE britannique pour connaître les niveaux d'exposition. 8. Mettre en place des mesures de contrôle supplémentaires, le cas échéant, suite à l'enquête sur le bruit. 	<p>6 mois</p> <p>6 mois</p> <p>1 Mois</p> <p>1 Mois</p> <p>1 Mois</p> <p>3 mois</p> <p>3 mois</p> <p>Pour être confirmé bruit de suite enquête</p>	<p>Directeur général (actions 1,2,3 et 8)</p> <p>Superviseurs principaux (actions 2, 5 et 6, 7)</p>

Tableau IV.6 Analyse des risques du bruit excessif

Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complétés (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Glissement et chaut libre</p> <p>(Méthode) (Matériel)</p>  <p>Déversements de dégrippant mécanique et d'huile lubrifiante, obstrué passerelles, câbles traînants etc.</p>	<p>Tous les ouvriers, clients et autres visiteurs doivent faire attention.</p> <p>Pour éviter les coupures, les contusions, les foulures/entorses musculaires et les fractures causées par les trébuchements sur des câbles ou des outils/équipements laissés sur les passerelles, ou sur des surfaces humides (en raison de lubrifiants mécaniques ou d'huiles, par exemple)</p>	<p>Désignation des passerelles : Les lignes peintes en jaune indiquent les passages.</p> <p>Zones de stockage désignées : Les chevrons jaunes sont utilisés pour indiquer les zones qui doivent rester dégagées en tout temps.</p> <p>Bon entretien (entretien mécanique pour les équipements inutilisés, etc.) dans les zones désignées.</p> <p>Des kits de déversement sont disponibles et tous les travailleurs ont été formés à leur utilisation.</p>	<p>Assurez-vous que les sols sont dégraissés au moins une fois par semaine.</p> <p>Mettez en place un système de vérifications ménagères aléatoires.</p> <p>Vérifiez la possibilité d'installer des prises électriques supplémentaires pour réduire l'encombrement des câbles</p>	<p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p>	<p>Directeur général pour tous Actions.</p>

<p>Travailler en hauteur</p> <p>(Méthode)</p> <p>(Matériel)</p> <p>Travailler sur le dessus et autour du capuchon de la turbine présente des risques de chute pour les travailleurs et de chute d'objets vers le bas.</p>	<p>Lorsque les travailleurs utilisent les passerelles hautes d'inspection, l'accès à la zone est strictement réservé aux travailleurs autorisés et les visiteurs ne sont pas autorisés.</p> <p>Les blessures probables qui pourraient se produire comprennent des contusions, des entorses/foulures, des fractures et, dans les cas les plus graves, des blessures à la tête, des blessures internes, voire le décès.</p> <p>Ces types de blessures peuvent avoir des conséquences durables sur la vie des personnes blessées, entraînant une douleur considérable et une incapacité à poursuivre leur travail. Elles peuvent également nécessiter des soins constants et une attention particulière pour la personne blessée.</p>	<p>Des précautions sont prises pour limiter l'accès aux passerelles d'inspection en hauteur uniquement aux travailleurs qui y sont autorisés, à l'aide de barrières ou d'autres mesures de contrôle d'accès.</p>	<p>Procurez-vous une nacelle mobile afin de permettre aux mécaniciens d'accéder en toute sécurité aux deux côtés des passerelles d'inspection en hauteur lorsqu'ils travaillent à des niveaux élevés.</p> <p>Intégrez la nacelle dans le programme d'entretien, en veillant à ce qu'elle soit inspectée au moins tous les six mois.</p> <p>Établissez un système de travail sûr pour l'utilisation et l'entretien de la nacelle, et veillez à ce que tous les travailleurs concernés reçoivent la qualification nécessaire pour utiliser le système en toute sécurité.</p>	<p>2 mois</p> <p>2 mois</p> <p>2 mois(suivant achat de lanacelle)</p>	<p>Directeur général Et superviseurs principaux</p>
---	--	--	--	---	---

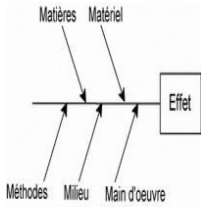
<p>Travail de levage mécanique</p> <p>(Méthode) (Main d'œuvre)</p>  <p>Travail sur les entrepôts les plus hauts pour les opérateurs de ponts roulants</p>	<p>Toute personne travaillant sur le pont roulant doit prendre des précautions.</p> <p>Les blessures potentielles peuvent inclure des contusions, des entorses/foulures, des fractures, voire des blessures plus graves telles que des blessures à la tête ou des blessures internes, en fonction de la gravité de la chute (depuis une certaine hauteur).</p>	<p>Les travailleurs reçoivent des instructions sur les pratiques de travail sûres lors de leur première utilisation de la zone. Par exemple, ils sont informés de ne pas sauter par-dessus les passerelles hautes mais de marcher autour. Ces instructions sont fournies par le responsable de l'atelier.</p>	<p>Mettre en place un système de travail sûr qui inclut une évaluation des risques à effectuer avant le début des travaux.</p> <p>Ajouter une évaluation des risques à la liste de contrôle de la feuille de travail.</p>	<p>1 semaine</p> <p>1 semaine</p>	<p>Directeur général</p>
---	--	---	---	-----------------------------------	--------------------------

Tableau IV.7 Analyse des risques de glissement et de chute libre

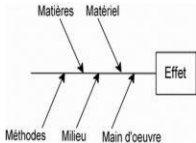
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Manutention manuelle au travail (Méthode)</p> <p>(Main d'œuvre)</p> 	<p>Les blessures liées à la manutention manuelle font partie d'un groupe plus large de troubles musculo-squelettiques « troubles musculo-squelettiques » comprend les blessures et les affections qui peuvent causer des douleurs au dos</p>	<p>Rendre la charge plus petite ou plus légère et plus facile à saisir</p> <p>Diviser les gros envois en charges plus petites</p> <p>Travailler pour réduire les distances de transport, les mouvements de torsion ou la nécessité de soulever des objets au niveau du sol ou au-dessus de la hauteur des épaules</p>	<p>Modifier la routine de travail pour éviter des rythmes de travail excessifs et des délais serrés</p> <p>Améliorer l'environnement plus d'espace, un meilleur revêtement de sol, un éclairage supplémentaire ou une modification de la température de l'air peuvent rendre la manipulation manuelle plus facile et plus sûre</p> <p>assurez-vous que la personne qui effectue le levage a été formée pour soulever de la manière la plus sûre possible</p>	<p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p>	<p>Directeur général pour tous Actions.</p>

Tableau IV.8 Analyse des risques de Manutention manuelle au travail

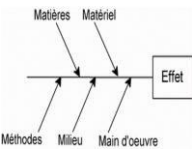
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé et comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Vibration</p> <p>(Milieu)</p> <p>Activités de mécanique du mouvement</p> 	<p>Ouvriers dans l'atelierzone.</p> <p>Une exposition excessive peut affecter les nerfs, les vaisseaux sanguins, les muscles et les articulations de la main, du poignet et du bras, provoquant le syndrome des vibrations main-bras.</p>	<p>Entretien programme dans lieu pour tous les appareils portatifs, y compris vibrant équipement.</p> <p>Tous ouvriers sont entraînés à l'utiliser de vibration portative outils.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance système pour être ensemble en haut pour assurer que les outils vibrants ne sont pas utilisés pour un excessif temps. • Examinez les rotations pour vous assurer que les travailleurs sont déplacés entre les activités. • Regarder dans paramètre en haut un santé surveillance programme pour tous affectés ouvriers. • Boîte à outils pour parler pour être maintenu à deux fois un mois sur les effets des vibrations des appareils portatifs outils. • Formaliser la politique d'achat pour assurer ce seul adapté équipement est acheté pour diminuer risque de VHA. • Évaluation du niveau de travailleurs exposition pour vibration devrait être porté dehors pour s'assurer que l'exposition quotidienne et action valeurs sont pas être dépassé. • la fourniture d'équipements auxiliaires qui réduisent le risque de blessures causées par les vibrations 	<p>1 mois</p> <p>1 semaine</p> <p>6 mois</p> <p>2 mois</p> <p>1 mois</p> <p>1 mois</p> <p>6 mois</p>	<p>Directeur général</p> <p>Directeur général</p> <p>Superviseur principal</p> <p>directeur général</p> <p>Superviseur principal</p> <p>Directeur général et superviseur principal</p> <p>Directeur général et superviseur principal</p>

Tableau IV.9 Analyse des risques liés aux vibrations

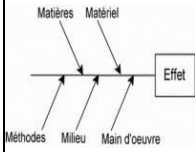
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complétés (dans ...)	Responsable de travail (la personne titulaire)
<p>Travail équipement</p> <p>(Méthode)</p> <p>(Main d'œuvre)</p> <p>Manipulation des arêtes vives</p> 	<p>Les risques liés au contact avec des lames, des couteaux ou des outils de machines (lors du montage, du démontage, du nettoyage ou du stockage) sont présents. Les personnes les plus exposées à ces risques sont :</p> <p>Le personnel des magasins et des entrepôts.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les régleurs d'outils et les préposés à l'entretien. • Les opérateurs de machines telles que les presses, les guillotines et les lignes de refendage d'acier, où la manipulation manuelle de tôles d'acier est fréquente. • Les soudeurs qui doivent déplacer outils sur lesquels ils travaillent. 	<ul style="list-style-type: none"> • Évitez les manipulations en utilisant des dispositifs tels que des plateaux, des supports, des pinces, des crochets, des paniers, des palans, des chariots ou des chariots élévateurs. • Minimisez les manipulations en automatisant les processus lorsque cela est possible. • Utilisez un râteau ou une pelle pour enlever les déchets, et utilisez un outil ou une brosse pour ébarber. • Stockez les articles correctement afin de faciliter leur récupération ultérieure. • Utilisez l'équipement de protection individuelle (EPI) approprié, tel que des gants, des gantelets et des brassards. Assurez-vous que tout l'EPI est adapté aux circonstances spécifiques 	<p>Non plus loin action requis.</p>	<p>N / A</p>	<p>N / A</p>

Tableau IV.10 Analyse des risques d'équipement de travail

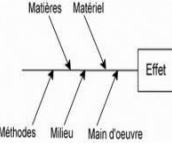
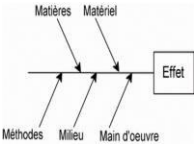
Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)	Qui pourrait être blessé comment?	Quoi sont déjà action?	Quels autres contrôles/actions sont requis?	Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)	Responsable de travail (la personne titre)
<p>Santé, bien-être et le travail environnement (extrêmes de température), confiné les espaces, dangereux substances</p> <p>(Milieu)</p>  <p>Fonctionnement sur air conditionnement systèmes</p>	<p>Les mécaniciens travaillant sur les systèmes de climatisation des véhicules peuvent être exposés à des conditions de santé précaires, susceptibles d'entraîner :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gelures : causées par un contact de la peau ou des yeux avec le réfrigérant liquide ou gazeux. 2. Asphyxie : si une quantité suffisante de gaz s'échappe dans un espace confiné où le travail est effectué. 3. Exposition à des gaz nocifs : résultant de la décomposition thermique du réfrigérant lorsqu'il est exposé à des températures élevées 	<p>Utiliser des ouvriers compétents.</p> <p>Mettre en place un système de travail sûr dans lequel tous les travailleurs sont formés et travaillent conformément à celui-ci, ce qui inclut l'identification des réfrigérants avant le début des travaux.</p> <p>Fournir des EPI adaptés à tous les ouvriers impliqués.</p> <p>Mettre en place des arrangements appropriés pour l'élimination des déchets de réfrigérant</p>	<p>Former tous les travailleurs concernés sur les risques associés aux espaces confinés, aux températures extrêmes et aux substances dangereuses (y compris les gaz toxiques).</p>	<p>3 mois</p>	<p>Directeur général</p>

Tableau IV.11 L'analyse des risques du système de fonctionnement d'air

<p>Danger catégorie et danger situations dangereuses (causes)</p>	<p>Qui pourrait être blessé comment?</p>	<p>Quoi sont déjà action?</p>	<p>Quels autres contrôles/actions sont requis?</p>	<p>Délais pour actions supplémentaires être complété (dans ...)</p>	<p>Responsable de travail (la personne titre)</p>
<p>Équipement de travail</p> <p>(Matériel)</p> <p>(Méthode)</p> <p>Risque de haute pression dans les tuyaux et les tuyaux</p> 	<p>Tous les mécanismes peuvent présenter des défaillances, et lorsque cela se produit, ces types d'équipements peuvent causer de graves blessures. En particulier, si un équipement sous pression vient à défaillir et à exploser de manière violente, les conséquences peuvent être dévastatrices pour les personnes se trouvant à proximité, pouvant même entraîner la perte de vies humaines.</p> <p>De plus, certaines parties de l'équipement peuvent être projetées à de grandes distances, entraînant des blessures et des dommages aux personnes et aux bâtiments situés à plusieurs centaines de mètres de là.</p> <p>Il est donc essentiel de prendre des mesures appropriées pour prévenir de tels incidents. Cela comprend la mise en place de mesures de sécurité robustes, telles que des dispositifs de contrôle de pression, des systèmes de surveillance, des dispositifs de retenue adéquats et des procédures d'entretien régulières. De</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assurez-vous que le système peut fonctionner en toute sécurité, en évitant, par exemple, les situations nécessitant de grimper ou de rencontrer des lacunes dans les tuyaux ou les structures. 2. Soyez prudent lors de la réparation ou du réglage du système sous pression. Après une réparation majeure et/ou une modification, il peut être nécessaire de procéder à une réanalyse complète du système avant de le remettre en service. 3. Assurez-vous qu'il existe un ensemble d'instructions de fonctionnement pour tous les équipements du système, y compris des procédures pour le contrôle du système dans son ensemble, notamment en cas de situation d'urgence. 4. Mettez en place un programme de maintenance pour l'ensemble du système. 	<p>Lorsque vous achetez des équipements tels qu'un tendeur de boulon hydraulique (Hi-Force Hydraulique), il est important de veiller à ce qu'ils soient conformes aux réglementations applicables, notamment en ce qui concerne la sécurité des câbles de vérification du fouet</p> <p>Avant d'utiliser un équipement sous pression, assurez-vous d'avoir un plan d'examen écrit, si nécessaire. Assurez-vous également que toutes les inspections nécessaires ont été effectuées par une personne compétente et que les résultats ont été enregistrés.</p> <p>Faites toujours fonctionner l'équipement dans les limites de sécurité.</p> <p>Fournissez des instructions et une formation pertinentes aux travailleurs qui vont utiliser</p>	<p>1 mois</p>	<p>Directeur général</p>

	<p>plus, la formation adéquate des travailleurs sur l'utilisation sécuritaire de ces équipements et la sensibilisation aux risques associés sont également indispensables.</p> <p>En prenant ces précautions, on peut réduire considérablement les risques de blessures graves et de dommages causés par les défaillances d'équipement. La sécurité doit toujours être une priorité absolue lors de l'utilisation de tels équipements afin de protéger la vie et la santé des personnes concernées.</p>	<p>Celui-ci doit tenir compte de la durée de vie du système et des équipements, de leurs utilisations spécifiques ainsi que de l'environnement dans lequel ils sont utilisés.</p> <p>Il est essentiel de respecter ces mesures pour assurer un fonctionnement sûr et efficace du système. La prévention des risques potentiels et la maintenance régulière sont des éléments clés pour garantir la sécurité des personnes et des installations.</p>	<p>l'équipement sous pression, et incluez également les procédures à suivre en cas d'urgence.</p> <p>Assurez-vous d'avoir en place un plan de maintenance efficace, qui est exécuté par des personnes dûment formées.</p> <p>Vérifiez que toutes les modifications sont planifiées, enregistrées et ne présentent aucun danger.</p>		
--	---	---	---	--	--

Tableau IV.12 Analyse de risque de haute pression dans les tuyaux et les tuyaux

Les trois propositions sélectionnées et la justification

Comment peut-on évaluer l'efficacité probable des actions prises pour contrôler les risques ?

Quels sont les arguments moraux, juridiques et financiers en faveur de toutes les actions prises ?

L'évaluation de l'efficacité des actions prises pour contrôler les risques repose sur plusieurs facteurs. Tout d'abord, il est important de considérer si ces actions sont conformes aux normes morales et éthiques. Les mesures prises doivent être en accord avec les principes de protection de la santé et de la sécurité des travailleurs, ainsi que de prévention des dommages causés à l'environnement et à la société en général.

Du point de vue juridique, les actions doivent se conformer aux réglementations et lois en vigueur. Il est essentiel de respecter les normes de santé et de sécurité au travail, ainsi que les réglementations environnementales. En cas de non-conformité, des sanctions légales peuvent être imposées, y compris des amendes et des poursuites judiciaires.

Sur le plan financier, les actions visant à contrôler les risques peuvent présenter plusieurs avantages économiques. Tout d'abord, elles contribuent à réduire les coûts liés aux blessures, aux maladies professionnelles, aux dommages matériels et aux perturbations opérationnelles. En investissant dans des mesures préventives, les entreprises peuvent éviter des dépenses imprévues et coûteuses associées à des incidents et à des litiges.

De plus, la mise en place de bonnes pratiques de santé et de sécurité au travail peut améliorer la productivité, la qualité du travail et la satisfaction des employés. Les travailleurs se sentiront plus en sécurité et motivés, ce qui peut entraîner une réduction de l'absentéisme et une augmentation de l'engagement et de la performance.

Morale, juridique générale et financière arguments

Les professionnels de la PE/ HMI ont la responsabilité morale de protéger tous les travailleurs. Les travailleurs se rendent au travail pour gagner leur salaire, pas pour courir le risque de tomber malades, que ce soit maintenant ou à l'avenir, en raison des activités professionnelles qu'ils exercent. Certaines maladies ou blessures qui peuvent survenir peuvent avoir un impact significatif sur la vie des travailleurs, de leur famille et de leurs amis. Les blessures à long terme et les problèmes de santé sont également susceptibles d'affecter considérablement la santé mentale des travailleurs. De plus, la santé mentale des autres travailleurs peut également être affectée s'ils sont témoins de graves blessures subies par leurs collègues.

Les accidents liés à la maintenance constituent une préoccupation majeure. Par exemple, l'analyse des données des dernières années indique que 25 à 30 % des décès dans l'industrie manufacturière au Royaume-Uni étaient liés à des activités de maintenance.

Il est donc primordial que les professionnels de la PE/ HMI prennent des mesures appropriées pour prévenir les maladies, les blessures et les accidents liés au travail. Cela inclut la mise en place de mesures de sécurité robustes, la formation adéquate des travailleurs, la sensibilisation aux risques et la promotion de bonnes pratiques de santé et de sécurité au travail. En protégeant la santé et la sécurité des travailleurs, nous contribuons à améliorer leur bien-être général, leur qualité de vie et celle de leur entourage.

PE/HMI suit les exigences légales pour protéger ses travailleurs en vertu de la Convention de l'OIT sur la sécurité et la santé (C155). Dans la mesure du possible » ;

Les impacts financiers peuvent être répartis en trois catégories :

- 1.** Frais liés aux travailleurs blessés : Cela inclut les indemnités de maladie, les salaires des travailleurs de remplacement, les frais médicaux, le temps de travail perdu, etc.
- 2.** Frais de remplacement de matériel et/ou d'infrastructure : Par exemple, en cas de perte de contrôle d'un véhicule circulant dans l'atelier, entraînant l'effondrement d'un mur du garage.
- 3.** Coûts associés aux procédures légales : Cela englobe les frais juridiques tels que les honoraires des avocats et les dépenses liées aux tribunaux. Ces coûts peuvent être très élevés, en particulier si des actions civiles sont intentées par des travailleurs tombés malades à cause des activités professionnelles de l'entreprise. Il est important de noter que la compagnie d'assurance peut ne pas rembourser la totalité de ces frais.

Pour éviter ces conséquences financières, des mesures d'application peuvent être prises par la PE/HMI. Cela peut inclure des actions telles que le blocage (arrêt complet d'une activité spécifique) ou l'amélioration (corriger les problèmes dans un délai donné) des avis émis par les régulateurs. Cependant, il est crucial de souligner que de telles mesures auront un impact financier considérable sur l'organisation si les activités ne peuvent pas se poursuivre normalement.

En cas de problème catastrophique, la réputation de PE/HMI pourrait être gravement ternie, ce qui pourrait entraîner la perte de contrats, notamment dans le domaine de l'assurance. Il est donc essentiel de mettre en place des mesures de prévention et de gestion des risques pour éviter de tels scénarios et préserver la réputation de l'entreprise.

Tableau 1 : Morale, juridique générale et financière arguments

Justification des actions

Action	Achetez une « nacelle » mobile pour permettre aux mécaniciens d'accéder en toute sécurité aux deux côtés des passerelles hautes d'inspection lorsqu'ils travaillent à un niveau élevé.
Spécifique juridique arguments	<p>L'Organisation internationale du travail (OIT) est en train d'élaborer une recommandation sur la sécurité et la santé au travail (R164) qui vient compléter la convention C155. La partie IV de cette recommandation stipule spécifiquement que les employeurs devraient :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fournir et maintenir des lieux de travail, des machines et de l'équipement sûrs, en utilisant des méthodes de travail exemptes de risques pour la santé dans la mesure du possible. <p>En outre, l'Algérie dispose également de sa propre législation du travail dans laquelle les principes de la convention et des recommandations de l'OIT ont été adoptés en tant que lois. Actuellement, le PE/HMI (Poste d'Environnement / Interface Homme-Machine) est en conflit avec la Convention et les Recommandations de l'OIT ainsi qu'avec la législation spécifique à chaque pays</p>
Considération de probabilité ET gravité	<p>La probabilité de blessures causées par le travail dans et autour des portes d'inspection élevées est très élevée. En effet, les trappes d'inspection hautes sont utilisées quotidiennement et la plupart des mécaniciens travaillent sur le terrain au moins trois fois par semaine, avec une durée de travail de trois heures à chaque fois.</p> <p>En considérant le risque, nous avons identifié 4 catégories :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimum : aucune blessure ni aucun dommage • Mineur : une blessure nécessitant des premiers soins et/ou des dommages mineurs à l'usine, à l'équipement ou aux bâtiments • Majeur : une blessure nécessitant des soins médicaux et/ou une hospitalisation, et/ou des dommages importants à l'usine, à l'équipement ou aux bâtiments

	<ul style="list-style-type: none"> • Catastrophique : décès et/ou des dommages irréparables aux installations, à l'équipement ou aux bâtiments. <p>La gravité de ce risque perçu a été qualifiée de « mineure ». Il est très probable que les blessures nécessitent un traitement hospitalier, telles qu'une fracture des membres ou des blessures à la tête. Les dommages à l'équipement sont également susceptibles d'être importants s'ils tombent des portes hautes alors que les travailleurs tentent de les traverser en sautant.</p>
<p>Quelle est l'efficacité probable de l'action dans maîtriser le risque. Explication à inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le destin impact de l'action ; • Justification du délai que vous indiquez dans votre évaluation des risques ; et <p>Si toi penser l'action sera pleinement contrôle le risque.</p>	<p>La nacelle sera améliorer fonctionnement les pratiques dans le zone de l'inspection passerelles hautes comme il s'arrêtera ouvriers depuis sauter depuis un côté des passerelles pour le l'autre, et sors de là</p> <p>J'ai donné un délai de deux mois car il s'agit d'un équipement spécialisé que personne dans l'entreprise a utilisé avant. L'entreprise sera besoin pour source un fournisseur et alors organiser une livraison date. Il est espéré ce projet sera être complété Bien au sein de la deux mois calendrier.</p> <p>Ce action sera pleinement contrôle le risque comme long comme le pont est utilisé, entretenu et inspecté comme ensemble dehors dans les système de travail qui sera être produit suivant le achat.</p>

Tableau 2 : Justification des actions 1

<p>Action</p>	<p>Disponibilité d'ambulanciers paramédicaux formés qui peuvent s'occuper des victimes de chocs électriques légers.</p>
<p>Spécifique juridique arguments</p>	<p>La Convention C155 et la Recommandation (R164) de l'OIT exigent des employeurs de s'assurer que les processus sont raisonnablement sûrs. Le Règlement de 1999 sur la gestion de la santé et de la sécurité au travail traite des situations d'urgence.</p> <p>Le plan d'urgence interne, préparé conformément à la règle 9 du COMAH, devrait aborder de manière générale les procédures de gestion des situations d'urgence impliquant une perte de confinement. Les détails complets du contenu requis sont fournis dans la partie 2, chapitre 6 de la SRAM."</p>
<p>Considération de probabilité ET gravité</p>	<p>Lorsqu'un travailleur utilise un équipement ou des installations électriques défectueux sur le site, par exemple en branchant un appareil sur une prise défectueuse, il y a un risque élevé de dommages graves. Les conséquences les plus fréquentes de telles situations incluent les chocs électriques, les brûlures, la fibrillation cardiaque et même la mort.</p> <p>Il est impératif que les lieux de travail élaborent des plans d'urgence pour faire face à des situations qui pourraient avoir des répercussions plus larges. Des procédures spéciales doivent être mises en place pour traiter les urgences telles que les blessures graves, les explosions, les empoisonnements, les électrocutions, les incendies et les déversements de produits chimiques.</p> <p>Il est essentiel de justifier ces catégories de risque en se basant sur une analyse approfondie des dangers et une évaluation des risques spécifiques au site. Ces mesures doivent être intégrées à un plan d'urgence global, régulièrement testées et mises à jour afin de garantir une réponse efficace en cas d'incident.</p>

<p>Quelle est l'efficacité probable de l'action dans contrôler le risque. Ce devrait inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le destiné impact de l'action ; • Justification du délai que vous indiqué dans votre évaluation des risques ; et • si toi penser le action sera pleinement contrôle le risque. 	<p>Des actions rapides et efficaces peuvent contribuer à atténuer la situation et réduire les conséquences. Cependant, en cas d'urgence, les individus sont plus susceptibles de réagir de manière fiable si les ambulanciers paramédicaux sont bien formés et qualifiés, et s'ils participent à des exercices réguliers et réalistes.</p> <p>Nous avons reçu un délai de six mois pour achever cette tâche, au cours duquel des plans devraient être établis et le budget du projet devrait être convenu avec le directeur général. Nous espérons que ce sera le temps maximum nécessaire pour terminer ce projet.</p> <p>Une fois en place, nous ne pouvons pas exercer un contrôle total sur les risques, mais cela permettra de les réduire considérablement. L'utilisation de cette mesure de contrôle en conjonction avec d'autres mesures proposées renforcera davantage la sécurité.</p>
---	--

Tableau 3 : Justification des actions 2

<p>Action</p>	<p>acheter des équipements sous pression conformes aux réglementations applicables aux produits, par exemple, vérifier la sécurité des câbles</p>
<p>Les arguments juridiques spécifiques Les arguments juridiques spécifiques se réfèrent à des arguments basés sur les lois, les réglementations et les normes juridiques en vigueur.</p>	<p>L'Organisation internationale du travail (OIT) travaille actuellement sur une recommandation (R164) en matière de sécurité et de santé au travail, qui vient compléter la convention C155. La partie IV de cette recommandation stipule spécifiquement que les institutions (organisations) devraient :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fournir et maintenir des lieux de travail, des machines et des équipements, et utiliser des méthodes de travail sûres, réduisant autant que possible les risques pour la santé. <p>Par ailleurs, l'Algérie dispose également de sa propre législation du travail, dans laquelle les principes de la convention et des recommandations de l'OIT ont été adoptés en tant que loi. Actuellement, le PE/HMI (Procédé d'Exploitation/Interface Homme-Machine) est en conflit avec la Convention et les Recommandations de l'OIT, ainsi qu'avec la législation spécifique à chaque pays</p>
<p>La considération de la probabilité et de la gravité est une approche courante dans l'évaluation des risques. Elle consiste à évaluer à la fois la probabilité qu'un événement indésirable se produise et la gravité de ses conséquences.</p>	<p>Il existe une probabilité élevée que les travailleurs utilisant ce type d'équipement puissent causer des blessures graves. En cas de défaillance et d'explosion violente de l'équipement sous pression, les conséquences peuvent être dévastatrices, allant même jusqu'à entraîner la mort, en particulier pour les personnes à proximité.</p> <p>En ce qui concerne les catégories de gravité, il est important de souligner que des parties de l'équipement peuvent être projetées sur de grandes distances, entraînant ainsi des blessures et des dommages aux personnes et aux bâtiments situés à plusieurs centaines de mètres de distance.</p>

<p>Quelle est l'efficacité probable de l'action pour contrôler le risque ? Cela devrait inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'impact attendu de l'action ; • Une justification du délai indiqué dans votre évaluation des risques ; • Votre opinion sur le fait que l'action contrôlera pleinement le risque. 	<p>La mise en œuvre de cette procédure aura un impact significatif sur la majorité de la main-d'œuvre. La séparation des montages peut se produire pour diverses raisons, telles qu'une erreur d'installation, un détachement accidentel causé par des impacts externes, ainsi que l'usure et la corrosion éventuelles. Les systèmes de retenue de sécurité pour les tuyaux sous pression offrent un niveau supplémentaire de sécurité pour le personnel et l'équipement à proximité, afin de prévenir les dommages causés par le fouettement. Les blessures résultant d'un tuyau de pression desserré peuvent aller de simples contusions et ecchymoses à des décès complets. Plus la pression augmente, plus les conséquences d'un accident peuvent être mortelles.</p> <p>Un délai de six mois m'a été accordé pour mener à bien cette procédure, au cours duquel des plans devront être élaborés et le budget du projet devra également être approuvé par le directeur général. J'espère que ce délai représente la durée maximale nécessaire pour achever ce projet.</p> <p>De plus, il est important de noter que le tuyau peut contenir des produits chimiques dangereux et des gaz inflammables, ce qui accroît le danger de ces incidents. Lorsque le joint du tuyau se libère, le dispositif de retenue du tuyau agit en ralentissant la pression en resserrant le nœud coulant autour du tuyau lui-même, ce qui entraîne une réduction partielle ou complète du débit.</p> <p>Cependant, il est crucial de comprendre que cette procédure en elle-même ne permettra pas de contrôler complètement le risque. Elle doit être utilisée en conjonction avec d'autres mesures de contrôle identifiées lors de l'évaluation des risques.</p>
---	--

Tableau 4 : Justification des actions 3

Action	acheter des équipements sous pression conformes aux réglementations applicables aux produits, par exemple, vérifier la sécurité des câbles
Spécifique juridique arguments	<p>L'Organisation internationale du travail (OIT) est en train d'élaborer une recommandation (R164) sur la sécurité et la santé au travail, qui vient compléter la convention C155. La partie IV de cette recommandation précise que les employeurs devraient :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fournir et maintenir des lieux de travail sûrs, des machines et de l'équipement, et utiliser des méthodes de travail qui minimisent les risques pour la santé dans la mesure du possible. <p>En outre, l'Algérie dispose également de sa propre législation du travail, qui a adopté les principes de la convention et des recommandations de l'OIT en tant que loi. Actuellement, il existe un conflit entre le PE/HMI et la Convention ainsi que les Recommandations de l'OIT, ainsi qu'avec la législation spécifique à chaque pays</p>
Considération de probabilité ET gravité	<p>Il existe une probabilité élevée que les travailleurs utilisant ce type d'équipement puissent causer de graves blessures. En cas de défaillance et de rupture violente d'un équipement sous pression, les conséquences peuvent être dévastatrices, allant jusqu'à entraîner la mort, surtout pour ceux qui se trouvent à proximité.</p> <p>En ce qui concerne la gravité des conséquences :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des parties de l'équipement pourraient être projetées sur de longues distances, causant des blessures et des dommages aux personnes et aux bâtiments situés à des centaines de mètres.

Quelle est l'efficacité probable de l'action dans contrôler le risque. Ce devrait inclure :

**Le destiné impact de l'action ;
Justification du délai que vous indiquez dans votre évaluation des risques ; et
Si penser l'action sera pleinement contrôler le risque.**

Cette procédure aura un impact significatif sur la grande majorité de la main-d'œuvre. La séparation des assemblages peut se produire pour diverses raisons, telles qu'une erreur d'installation, un détachement accidentel dû à des impacts externes, ainsi que l'usure et la corrosion éventuelles. Les systèmes de retenue de sécurité pour les tuyaux sous pression offrent une couche supplémentaire de sécurité pour protéger le personnel et l'équipement environnant contre les dommages causés par le foudroyement. Les blessures résultant d'un tuyau sous pression desserré peuvent aller de légères contusions à des accidents mortels. Plus la pression augmente, plus le risque d'accidents mortels est élevé.

On m'a accordé un délai de six mois pour mener à bien ce projet, au cours duquel des plans devront être élaborés et le budget du projet devra également être approuvé par la direction générale. J'espère que ce délai représente la durée maximale nécessaire pour achever ce projet.

De plus, il est important de noter que les tuyaux peuvent contenir des produits chimiques dangereux et des gaz inflammables, ce qui augmente le danger de ces incidents. Lorsque le joint du tuyau se libère, le dispositif de retenue du tuyau agit en réduisant la pression en resserrant le nœud coulant autour du tuyau, ce qui entraîne une diminution partielle ou complète du débit.

Il est essentiel de comprendre que cette procédure en elle-même ne permettra pas de contrôler complètement le risque. Elle doit être utilisée en conjonction avec d'autres mesures de contrôle identifiées dans l'évaluation des risques.

Tableau 5 : Justification des actions 4

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

On conclure que, l'analyse des risques par la méthode d'ISHIKAWA permet de comprendre les causes profondes des risques ou des problèmes, de structurer l'analyse, de favoriser la réflexion collective, d'identifier les mesures préventives et d'améliorer la prise de décision lors de la maintenance lourde d'une turbine à gaz, plusieurs risques industriels peuvent se présenter. Les principaux risques associés à ce type d'activité :

- 1.** Risques liés à l'énergie électrique : Lors de la maintenance de la turbine à gaz, il peut y avoir un risque d'électrocution en raison de la présence de systèmes électriques haute tension. Les mesures de prévention incluent l'isolation adéquate des équipements électriques, l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés et l'application de procédures de travail sécurisées.
- 2.** Risques de chute en hauteur : Les travaux de maintenance lourde sur une turbine à gaz peuvent nécessiter l'accès à des zones en hauteur, telles que des plates-formes, des échelles ou des échafaudages. Les risques de chute doivent être évalués et des mesures de protection, telles que l'utilisation de harnais de sécurité et de garde-corps, doivent être mises en place pour prévenir les chutes.
- 3.** Risques liés aux produits chimiques : Certains produits chimiques peuvent être utilisés lors de la maintenance de la turbine à gaz, tels que les lubrifiants, les solvants et les agents de nettoyage. Il est important de manipuler et de stocker ces produits de manière appropriée, en respectant les consignes de sécurité et en utilisant les EPI nécessaires pour éviter les blessures et les intoxications.
- 4.** Risques liés aux équipements mécaniques : La maintenance de la turbine à gaz peut impliquer la manipulation d'équipements mécaniques lourds, tels que des pièces de rechange, des outils et des machines. Il existe un risque de blessures liées aux chutes d'objets, aux écrasements, aux coupures et aux entorses. L'utilisation d'équipements de levage adéquats, de protège-mains, de protège-oreilles et d'autres mesures de sécurité est essentielle pour prévenir ces risques.
- 5.** Risques d'incendie et d'explosion : La présence de combustibles, de gaz inflammables, de lubrifiants et d'autres substances inflammables pendant la maintenance de la turbine à gaz peut augmenter le risque d'incendie et d'explosion. Il est important de mettre en place des mesures de prévention telles que la surveillance de la température, le contrôle

CONCLUSION GENERALE

des sources d'allumage, l'utilisation d'équipements antistatiques et la formation des travailleurs sur la lutte contre l'incendie.

6. Risques liés aux gaz toxiques : Certains gaz dangereux peuvent être libérés pendant la maintenance de la turbine à gaz. Les travailleurs doivent être informés des risques associés et équipés d'instruments de détection des gaz pour surveiller l'environnement de travail et prendre les mesures appropriées pour prévenir l'inhalation de gaz toxiques.
7. Risques ergonomiques : Les tâches de maintenance lourde peuvent nécessiter des positions inconfortables, des mouvements répétitifs ou des efforts physiques importants. Ces facteurs peuvent entraîner des blessures musculo-squelettiques. Une évaluation ergonomique des postes de travail et la mise en place de mesures ergonomiques appropriées,

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

(1) site web, consulté le 10/03/2023 : <https://www.spe.dz/page/18>

(2) document de formation pour agents de l'exploitation et engineering volet mécanique entretien de routine, entretien programme, dépannage l'approche d'entretien du 02-03-2015

(3) site web, consulté le 22/03/2023 :

<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg261.pdf>

(4) Djebbari Abdellatif, la production d'électricité en algérie : réalité et perspectives, mémoire de master, université mohamed khider, biskra faculté des sciences et technologie, département de génie électrique, 2021/2022, p 47-50

http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/22428/1/la_production_d_electricite_en%20algerie_realit_et_perspectives.pdf

(5) Boudouh Yazid et Ouneche Aomar, étude du fonctionnement de la centrale de production d'électricité tg mobile de Ouargla 17×4 mw, mémoire de master, université kasdi merbah, ouargla, 2018/2019, p 7-9

<https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/22879/1/m%c3%a9moire%20corrig%c3%a9.pdf>

(6) ferchichi Ines et Lotfi Snoussi, créer un modèle de calcul de la performance d'une turbine à gaz, cours, université de carthage, 2013, p 25

(7) technique de l'ingénieur traité, l'entreprise industrielle.

(8) Hammadi Kawtar, conception mécatronique d'un système de contrôle et de commande de la turbine à gaz ms5001, mémoire de master,

BIBLIOGRAPHIE

université Hadji Mokhtar, Annaba, 2014/2015, p 36 <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2019/09/hammadi-kawtar.pdf>

(9) a. Stodola- steam turbines: with an appendix on gas turbines and the future of heat engines, livre.

(10) site web, consulté le 13/05/2023 :

<https://www.inrs.fr/demarche/risques-industriels/ce-qu-il-faut-retenir.html>

(11) Bernard Barthélémy et Jacques Quibel, gestion des risques de l'entreprise, p 3- 6 <https://shareknowledge.ma/wp-content/uploads/2021/12/gfi-gestion-des-risques-de-lentreprise.pdf>

(12) Bouzeria .N, identification et évaluation des risques de l'activité de la manutention au sein.

(13) Debray.B, Chaumette.S, Descouriere.S, Trommeter.V, méthode d'analyse des risques générés par une installation industrielle.

(14) Boukhrissi.M, AMDEC (analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité) appliquée à la step d'ain el houtz, 2014-2015.

(15) Formation sf6 la méthode hazop, les principes et la mise en œuvre.

(16) Jean-Pierre.D, François.F, Didier.G, Jean-Louis.G, André.L, Yves.M, Jean-Paul.P, méthode d'analyse des risques. Décembre 2017

(17) site web, consulté le 29/04/2023 :

http://gpp.oiq.qc.ca/analyse_par_arbre_d_evenements.htm

(18) ouvrage « la gestion de la qualité » de k.ishikawa.

(19) site web, consulté le 14/04/2023 :

http://erwan.neau.free.fr/toolbox/diagramme_d_ishikawa.htm

BIBLIOGRAPHIE

(20) site web, consulté le 02/05/2023 :

https://moodle.iamm.fr/pluginfile.php/3519/mod_label/intro/m%c3%a9thode%20des%205m.pdf

(21) Benhadji Serradj.W.A, risque projet et méthodes de management des risques projets : quelle approche pour une contribution a une meilleure planification d'un projet de construction?, 2014

(22) INFORMATION GÉNÉRALE SUR LES RISQUES, Pourquoi suivre un cours de sécurité?, A cure d'EHS/STC, ANSALDO ENERGIA

