



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Algérienne Démocratique et Populaire
République

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département : Sécurité industrielle et environnement

Filière : Hygiène sécurité environnement

Spécialité : Sécurité, prévention et intervention

MÉMOIRE

Prévention des risques dans une installation de production de l'électricité SKT

Dans le but de l'obtention du diplôme de Master

Effectué par :

Bettahar Saïd

et

Bouzid Zakaria

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BOUHAFS MOHAMMED	MAC	Univ d'Oran 2	Président
TAHRAOUI MOHAMMED	MAA	Univ d'Oran 2	Encadreur
NADJI AMINE	MAA	Univ d'Oran 2	Examinateur

Année 2021/2022

Remerciement



Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant pour la volonté, et la puissance qu'il nous a accordées durant toutes ces années d'études.

Nous remercions nos parents qui nous ont guidés pendant notre vie, ils nous ont encouragés, ils nous ont soutenus afin d'être ici, a la veille de la fin de nos études universitaires.

Au terme de ce projet de fin d'étude nous tenons à remercier vivement notre grand et respectueux Mr. Tahraoui Mohammed d'avoir accepté de nous encadrer, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.

De même Nous remercions tous les enseignants du département de sécurité industrielle et environnement pour l'enseignement qu'ils nous ont inculqué durant toute notre formation.

Nous remercions, toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de notre projet de fin d'études.

Dédicace



Merci ; Dieu de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout.

Je dédie ce modeste mémoire à mes chers parents que dieu les garde et les préserve.

A mes biens aimés mes frères Mohammed Reda, Issam, Younes et mes sœurs Meriem, Bouthaina. Sans oublier Anfel et Kawtar et leurs père Djilali Doula Ahmed.

A mes chers amis Hirech Zakaria Abdelmadjid et Boudobbiha Abdelmoumen et leurs famille.

A ma grande famille surtout mes tantes Rachida, Fatiha, Khadija, Malika et Sarah, et leurs familles.

A toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont participé à la réalisation de ce travail.

ZAKARIA

Dédicace

Je dédie cet évènement marquant de ma vie à la mémoire de mon père disparu et à ma très chère mère. Quoi que je fasse ou que je dis, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence a ma cote a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles. A mes biens aimés mes frères et mes sœurs.



BETTAHAR

Résumé

Le thème de notre recherche est basé sur la prévention des risques professionnels au niveau de la centrale électrique SKT de Terga à Aïn Témouchent, et ce à partir de l'application des méthodes d'analyse des risques.

L'objectif de ce travail est de faire comprendre au personnel concerné les risques encourus et leur impact, d'autre part, d'analyser les moyens, méthodes et attitudes à adopter pour éviter ces risques et les meilleures mesures de prévention.

Ces dernières dans le but de chercher aux causes principales qui provoquent les risques, ainsi que de les éviter ou de les diminuer.

En raison de la nature de la centrale électrique, le risque électriques est l'une des causes les plus importantes d'accidents industriels et d'autres risques tels que les incendies et les explosions...

Pour cela, nous avons utilisé la méthode AMDEC (Analyse Des Modes De Défaillance, De Leurs Effets Et De Leur Criticité) ; nous avons identifié les risques électriques inacceptables, ce qui nous a permis de développer des plans d'actions prioritaires visant à réduire les risques à des niveaux acceptables.

Abstract

The theme of our research is based on the prevention of occupational risks at the SKT Terga power station in Aïn Témouchent, and this from the application of risk analysis methods.

The objective of this work is to make the personnel concerned understand the risks incurred and their impact, on the other hand, to analyze the means, methods and attitudes to adopt to avoid these risks and the best preventive measures.

The latter in order to seek the main causes that cause the risks, as well as to avoid or reduce them.

Due to the nature of the power plant, electrical hazard is one of the most important causes of industrial accidents and other hazards such as fires and explosions ...

For this, we used the AMDEC method (Analysis of Failure Modes, Their Effects and Their Criticality) ; we have identified unacceptable electrical risks, which has enabled us to develop priority action plans aimed at reducing risks to acceptable levels

ملخص

يعتمد موضوع بحثنا على الوقاية من المخاطر المهنية في محطة توليد الكهرباء SKT Terga في عين تموشنت، وهذا من تطبيق أساليب تحليل المخاطر.

الهدف من هذا العمل هو جعل الموظفين المعنيين يفهمون المخاطر المتكيدة وتأثيرها، من ناحية أخرى، لتحليل الوسائل والأساليب والمواقف التي يجب تجنبها لتجنب هذه المخاطر وأفضل التدابير الوقائية.

هذا الأخير من أجل البحث عن الأسباب الرئيسية التي تسبب المخاطر، وكذلك لتجنبها أو تقليلها.

نظرًا لطبيعة محطة توليد الكهرباء، فإن المخاطر الكهربائية من أهم أسباب الحوادث الصناعية وغيرها من المخاطر مثل الحرائق والانفجارات...

لهذا، استخدمنا طريقة AMDEC (تحليل أنماط الفشل وتأثيراتها وخطورتها)؛ لقد حددنا مخاطر كهربائية غير مقبولة، مما مكننا من تطوير خطط عمل ذات أولوية تهدف إلى تقليل المخاطر إلى مستويات مقبولة.

SOMMAIRE

Résumé.....	5
Abstract.....	6
Liste des figures.....	11
Liste des tableaux.....	12
Liste D'abréviation.....	13
CHAPITRE 1.....	3
Présentation de la centrale SKT.....	3
1.Introduction.....	4
2.Le Groupe SONELGAZ :.....	4
a.Présentation :.....	4
b.Missions principales :.....	4
c.Evolution historique :.....	5
d.Filiales :.....	7
3.Présentation du centrale SKT.....	8
3.1.Localisation de la centrale.....	9
3.2.Objectif de la centrale.....	9
3.3.Alimentation de la centrale.....	10
3.4.Principe de fonctionnement de la centrale.....	10
3.4.1.La production d'énergie électrique.....	10
3.4.2.Composants et systèmes majeurs.....	11
3.4.2.1.Turbine à gaz.....	11
3.4.2.2.Alternateur.....	12
3.4.2.3.Embrayage auto-commutable synchrone entre la TV et l'Alternateur.....	12
3.4.2.4.Turbine à Vapeur.....	12
3.4.3.Chaudière de récupération et réfrigérants d'air TG.....	13
3.4.3.1.Réfrigérants d'air TG.....	14
3.4.4.Cycle Eau / Vapeur.....	15
3.4.4.1.Pompes d'extraction des condensats.....	15
3.4.4.2.Système de mise sous vide du Condenseur (Côté Vapeur).....	15
3.4.4.3.Bâche alimentaire / Dégazeur.....	15
3.4.4.4.Pompes alimentaires.....	16
3.4.4.5.Pompes de préchauffage eau alimentaire.....	16
3.4.4.6.Systèmes de contournement vapeur TV.....	16

3.4.4.7.Système d'étanchéité de la Turbine à vapeur	17
3.4.4.8.Ballon de récupération des purges à l'atmosphère.....	17
3.4.5.Production d'eau dessalée.....	17
3.4.6.Station de production d'hydrogène.....	17
3.4.7.Le système du contrôle qualité et injection chimique.....	18
3.4.8.Poste dosage chimique.....	18
3.4.9.Traitement des rejets de la centrale.....	18
3.4.9.1.Séparateurs eau/huile.....	19
3.4.9.2.Contrôle des rejets atmosphériques.....	19
3.4.10 Procédures de sécurité de TG et TV :.....	19
3.4.10.1.Turbine à vapeur :.....	20
Conclusion.....	20
CHAPITRE 2.....	21
Les Méthodes d'analyse des risques.....	21
I.Introduction.....	22
II.Définition.....	23
III.Objectif des méthodes d'analyse des risques.....	23
IV.Analyse structurelle et fonctionnelle du système.....	23
1.Analyse fonctionnelle du système.....	23
2.Analyse structurelle du système.....	24
V.Description des méthodes d'analyse prévisionnelle des risques.....	24
1.Distinction entre méthodes qualitatives et quantitatives.....	24
2.Distinction entre méthodes inductives et déductives.....	24
3.Distinction entre méthodes statiques et dynamiques.....	25
VI.Le processus d'analyse et d'évaluation des risques.....	25
VIII.Différentes méthodes d'analyse des risques :.....	30
1.Analyse Préliminaire des risques (APR) :.....	30
2.HAZOP (hazard and operability study):.....	31
3.Arbre des Défaillances (Fault Tree Analysis) :.....	32
4.Méthode " WHAT IF ? " (Que se passe-t-il si ?):.....	33
5.Arbre des évènements (Event Tree) :.....	34
6.Analyse des modes des Défaillances, de leur effet - AMDE /et de leur criticité – AMDEC :..	34
IX.Conclusion :.....	39

CHAPITRE 3.....	40
Evaluation des risques et application du AMDEC.....	40
I.Introduction.....	41
II.Glossaire.....	41
III.Evaluation des risques dans la centrale.....	42
1.Chute en hauteur.....	42
2.Espace Confine.....	43
3.Travaux de levage :.....	44
4.Manutention manuelle :.....	45
5.Manutention mécanique ;.....	45
6.Travail à chaud :.....	46
7.Les risques majeurs.....	47
7.1 Risque incendie.....	47
7.1.1.Les causes d'un incendie.....	47
7.1.2.Les Conséquences d'un incendie.....	48
7.1.3.Démarche de prévention du risque.....	48
7.1.3.1.Réservoir d'eau incendie.....	48
7.1.3.2.Pompes incendie.....	48
7.1.3.3.Poteaux incendie extérieurs avec armoires et accessoires.....	49
7.1.3.4.Système de lutte incendie par extinction a mousse.....	49
7.1.3.5.Système de refroidissement des réservoirs fuel.....	49
7.1.3.6.Concept de protection incendie du Turbine à Gas (TG).....	49
7.1.3.7.Robinets d'Incendie Armés (RIA) :.....	50
7.1.3.8.Extincteurs :.....	50
7.1.3.9.Les agents extincteurs :.....	50
7.1.3.10.Types d'extincteurs :.....	51
7.1.3.11.Système de sécurité incendie (SSI) :.....	52
7.1.3.11.1 Système de détection incendie (SDI) :.....	52
7.1.3.11.2 Les déclencheurs manuels (DM) :.....	53
7.1.3.11.3 L'équipement de contrôle et de signalisation (ECS) :.....	53
7.1.3.12.Désenfumage :.....	54
7.1.3.13.Compartimentage :.....	55
7.2.Risque d'explosion :.....	56

7.2.1.Le phénomène d'explosion :.....	57
7.2.2.Le domaine d'explosivité :.....	57
7.2.3.Les conséquences d'une explosion :.....	57
7.2.4 Les atmosphères explosibles (ATEX) :.....	57
7.3 Risques électriques :.....	62
7.3.1.Statistiques d'accidents d'origine électriques :.....	62
7.3.2.Les formes du risque électrique :.....	64
7.3.2.1.Contact direct :.....	64
7.3.2.2.Contact indirect :.....	64
7.3.3.Les principaux facteurs d'accidents d'origine électrique :.....	66
7.3.4.Les effets du courant électrique sur le corps humain :.....	67
7.3.5.La prévention du risque électrique :.....	69
7.3.6.Travail sous tension :.....	70
7.3.7.Les équipements de protection et de sécurité :.....	70
IV..APPLICATION DE LA METHODE AMDEC :.....	75
V..CONCLUSION.....	Erreur ! Signet non défini.
REFERENCES.....	96

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1 : Schéma organisationnel du groupe Sonelgaz

Figure 1.2 : Vue en 3D de la centrale électrique de TERGA

Figure 1.3 : La géographie de centrale TERGA.

Figure 1.4 : Schéma de la ligne d'arbre.

Figure 1.5 : Turbine à gaz.

Figure 1.6 : Les composants de la turbine à gaz

Figure 1.7 : Les composants de la turbine à vapeur

Figure 1.8 : Chaudière de récupération

Chapitre 2

Figure 2.1 : L'appréciation des risques dans le processus global de gestion des risques

Figure 2.2 : Étapes génériques de l'appréciation des risques

Figure 2.3 : Organigramme de la méthode AMDEC

Chapitre 3

Figure 3.1 : Désenfumage naturel

Figure 3.2 : Désenfumage mécanique

Figure 3.3 : panneau d'avertissement zone explosive

Figure 3.4 : scénario éclatement d'un réservoir

Figure 3.5 : conducteur en triphasé

Figure 3.6 : contact indirect

Figure 3.7 : contact direct

Figure 3.8 : effet téτανisant

Figure 3.9 : effet respiratoire

Figure 3.10 : effet du courant continu

Figure 3.11 : les équipements de protection individuelle

Figure 3.12 : tapis isolant

Figure 3.13 : Analyse fonctionnelle de l'installation électrique

Figure 3.14 : Histogramme des statistiques de la criticité avant l'application de l'AMDEC

Figure 3.15 : Histogramme des statistiques de la criticité après l'application de l'AMDEC

Figure 3.16 : Histogramme de comparaison de criticité avant et après l'application

Liste des tableaux

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Considérations pour le choix du type d'analyse et de la profondeur de l'étude

Tableau 2.2 : Les quatre questions de base de l'AMDEC

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Classe de feu

Tableau 3.2 : classe des résistances de feu.

Tableau 3.3 : classement des zones ATEX

Tableau 3.4 : historique d'accidents dus à l'électricité

Tableau 3.5 : effets du courant alternatif

Tableau 3.6 : Evaluation de la criticité

Tableau 3.7 : évaluation de la non-détection

Tableau 3.8 : Evaluation de la fréquence

Tableau 3.9 : Evaluation de la gravité

Tableau 3.10 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.11 : Analyse de modes de défaillance et leurs effets et leur criticité

Tableau 3.12 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.13 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.14 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.15 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.16 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.17 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Tableau 3.18 : Résultats d'application de l'AMDEC Avant l'application

Tableau 3.19 : Résultats d'application de l'AMDEC après l'application

Liste D'abréviation

SKT : Shariket Kahraba Terga
EGA : Electricité et Gaz d'Algérie
SONELGAZ : Société Nationale de l'Electricité et du Gaz
EPIC : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
SPA : Société par Actions
GEAT : General Electric Algeria Turbines
SKE : Shariket Kahraba El Djazair
HRSG : Heat Recovery Steam Generators (Générateurs de vapeur à récupération de chaleur)
BP : Basse Pression
BT : Basse Tension
CO₂ : Dioxyde de Carbone
CO : Monoxyde de Carbone
EV : Brûleur Environnemental
FID : Détecteur à Flamme Ionisé
H₂ : Hydrogène
H.E : Équivalent Habitant
HP : Haute Pression
HT : Haute Tension
KV: Kilo Volt
MP : Moyenne Pression
MT : Moyenne Tension
MW : Méga Watt
NO_x : Oxyde d'Azote
PLS : Délestage de protection TG
PLST : Délestage et déclenchement de protection TG
SO_x : Oxydes de Soufre
TG : Turbine à gaz
TV : Turbine à Vapeur
IP2X, IPXXB, IP3X, IPXXC : Indices de protection IP
APR : Analyse préliminaire des risques
HAZOP : Hazard And Operability Study (Étude de danger et d'opérabilité)
AMDEC : Analyse Des Modes De Défaillance, De Leurs Effets Et De Leur Criticité
ADD : Arbre des Défaillances
NASA : National Aeronautics and Space Administration (Administration Nationale de l'Espace et de l'Aéronautique)
UIC : Union des Industries Chimiques
RIA : Robinet d'Incendie Armé
DMA : Déclencheur Manuel d'Alarme
AFFF : Aqueous Film Forming Foam (Mousse de formation de film aqueux)

SDI : Système de Détection Incendie
DM : Déclencheur Manuel
ECS : Équipement de Contrôle et de Signalisation
DAAF : Détecteur Avertisseur Autonome de Fumée
SF : Stable Flamme
PF : Pare Flamme
CF : Coupe-Feu
LIE : limite Inférieure d'Explosivité
LSE : limite Supérieure d'Explosivité
ATEX : Atmosphère Explosible
TBTS : Très Basse Tension de Sécurité
TBTP : Très Basse Tension de Protection
EPI : Equipements de Protection Individuelle
EIS : Equipements Individuels de Sécurité
EPC : Equipements de Protection Collective

INTRODUCTION GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'éclairage électrique a profondément bouleversé notre vie quotidienne. Il serait aujourd'hui inimaginable de s'en passer. Ainsi, du point de vue énergétique.

Selon le Programme algérien de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique de 2012, l'Algérie vise une puissance installée d'origine renouvelable.

Plus généralement la centrale électrique cycle combiné turbine à gaz turbine à vapeur de Terga en coentreprise entre Sonelgaz et Sonatrach. Elle est constituée de 3 unités de 400 MW définit l'utilité et la met en œuvre au plus haut niveau de responsabilité de l'entreprise. Comme les autres fonctions, la fonction de sécurité doit être considérée comme une fonction organique de l'entreprise, qui comprend l'ensemble des ressources humaines et matérielles pour s'assurer que les personnes sont protégées des risques professionnels sur le lieu de travail.

La prévention des risques comprend toutes les mesures visant à prévenir un risque, c'est-à-dire à l'empêcher de se produire complètement, ou si cela n'est pas fait, à éviter ses conséquences ou à réduire son impact ou sa fréquence.

La prévention des risques professionnels comprend des actions collectives ou individuelles visant à prévenir l'apparition de dangers liés au travail effectué ou à son environnement, ou en diminuer les impacts.

L'analyse des risques est une branche de la nouvelle méthode Législation sur la santé et la sécurité au travail. Dans le passé, Le règlement consiste en une série de règlements techniques Très précis, il précise comment l'équipement est construit et comment il doit être utilisé dans de nombreux cas pour assurer la sécurité et la santé des travailleurs.

Une méthode d'analyse des risques comme AMDEC est d'abord une méthode d'analyse de système (un système au sens large est composé d'éléments fonctionnels ou physiques, matériels, logiciels, personnes, etc.), statique, basée sur le raisonnement et l'induction (causes et conséquences), pour les défaillances Étude organisée des causes et des effets et de leur gravité.

A l'heure actuelle, les risques professionnels sont le maillon faible de tout environnement de travail, il est très important de développer et de mettre en place des outils et des moyens pour prévenir ces risques.

Pour, nous fonderons nos recherches sur la prévention des risques professionnelle.
Ce travail est donc structuré dans les chapitres suivants :

Chapitre 1 : On va présenter la centrale SKT et le principe de fonctionnement de cette cycle combiné

Chapitre 2 : on va parler théoriquement sur les méthodes d'analyse des risques qualitative et quantitative

Chapitre 3 : on va évaluer les risques dans la centrale et appliquer la méthode AMDEC sur l'installation électrique de cette centrale

CHAPITRE 1

Présentation de la centrale SKT



1. Introduction

En 2018, le secteur de l'électricité en Algérie se caractérise par des énergies non renouvelables représentant 99%. En 2016, la consommation d'électricité représentait 22,7% de la consommation totale d'énergie finale de l'Algérie.

Sonelgaz est l'opérateur historique dans le domaine de la fourniture des énergies électrique et gazière en Algérie. A la faveur de la promulgation de la loi sur l'électricité et la distribution du gaz par canalisations, Sonelgaz est passée d'une entreprise verticalement intégrée à une holding pilotant un Groupe industriel multi-sociétés et multi-métiers.

Aujourd'hui, le Groupe Sonelgaz est composé de 16 sociétés directement pilotées par la Holding, de 18 sociétés en participation avec des entités du Groupe et de 10 sociétés en participation avec des tiers.

La centrale électrique SKT a joué un rôle très important dans la production d'électricité et à couvrir une partie large des besoins en matière d'énergie électrique de l'Algérie.

Le cycle turbine à gaz est un cycle très souple de sorte que ses paramètres de performance puissent être améliorés, lorsque en ajoutant des composants supplémentaires à un cycle simple, en particulier l'accouplement avec des turbines à vapeur qui devint fonctionné selon un cycle combiné à haute efficacité et du bon rendement.

2. Le Groupe SONELGAZ :

a. Présentation :

Le Groupe Sonelgaz, leader de l'énergie en Algérie, intègre tous les métiers de l'électricité et du gaz, de la production à la commercialisation, en incluant le transport et la distribution. Autour de la maison mère du Groupe évoluent des filiales métiers de base (production, transport et distribution), des filiales travaux, périphériques ainsi que des sociétés en participation.

Investi dans la mission de service public dans son domaine de compétence, le Groupe Sonelgaz a vu ses prérogatives s'étendre à la faveur du décret présidentiel n° 02-195 du 1er juin 2002 portant statuts de la Société algérienne de l'électricité et du gaz. . [1]

b. Missions principales :

Les principales missions dévolues au Groupe Sonelgaz sont :

- La production, le transport, la distribution et la commercialisation de l'électricité, tant en Algérie qu'à l'étranger ;
- Le transport du gaz pour les besoins du marché national ;

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

- La distribution et la commercialisation du gaz par canalisations ;
- Le développement de toutes prestations en matière de services énergétiques ;
- L'étude, la promotion et la valorisation de toutes formes et sources d'énergie ;
- Le développement par tout moyen de toute activité ayant un lien direct ou indirect avec les industries électrique et gazière.

c. Evolution historique :

1946 : Création de EGA

Au début du 20ème Siècle, le secteur de l'électricité, était constitué de concessions aux mains d'entreprises coloniales. L'adoption de la loi N° 46-628 du 8 avril 1946 en France métropolitaine, instaurant la nationalisation des activités électriques et gazières, fut étendue à l'Algérie par la nationalisation des entreprises privées d'électricité et du gaz existantes à l'époque, consacrant la création de EGA (Electricité et Gaz d'Algérie) par décret N° 47-1002 du 5 juin 1947.

1969 : Dissolution d'EGA et Création de Sonelgaz

En rupture avec l'héritage colonial et afin de répondre à des choix politiques et économiques, l'année 1969 consacra la dissolution d'EGA et sa substitution par la création de SONELGAZ (Société Nationale de l'Electricité et du Gaz), par ordonnance N° 69-59 du 28 Juillet 1969.

A la nouvelle entreprise est confié le monopole de la Production, le Transport, la Distribution, l'importation et l'exportation de l'électricité, ainsi que celui de la distribution et de la vente de gaz naturel dans le pays.

1983 : Le tournant de la première restructuration

En 1983, quatorze ans après sa naissance, Sonelgaz opère une première restructuration. Elle donnera le jour à cinq filiales dédiées aux travaux spécialisés et à une entité de fabrication : KAHRIF (électrification rurale), KAHRAKIB (infrastructures et installations électriques), KANAGHAZ (réalisation des réseaux gaz), INERGA (Génie Civil), ETTERKIB (montage industriel), et AMC (fabrication des compteurs et appareils de mesure et de contrôle).

1995 : Sonelgaz devient EPIC

Par le décret exécutif N° 95-280 du 17 septembre 1995, la Sonelgaz devient Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), placée sous tutelle du Ministère chargé de l'Energie et des Mines. Dotée de la personnalité morale tout en jouissant de l'autonomie financière, elle est régie par les règles de droit public dans ses relations avec l'État et réputé commerçant dans ses rapports avec les tiers. Le même décret attribue à la Sonelgaz la mission de service public.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

2002 : La commercialité au cœur de la nouvelle stratégie

Par le Décret présidentiel n° 02-195 du 01 Juin 2002, Sonelgaz devient Société Algérienne de l'Electricité et du Gaz, une Société par Actions (SPA). Elle est régie par les dispositions de la loi relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisations et par les dispositions du code de commerce. Ce statut lui donne la possibilité d'élargir ses activités à d'autres domaines relevant du secteur de l'énergie et aussi d'intervenir à l'international.

2004 : Le Groupe Industriel Sonelgaz est né

En 2004, Sonelgaz se hisse en tête de liste des investisseurs nationaux et s'impose comme un acteur incontournable du développement national avec en perspective : devenir un catalyseur d'investissements nationaux et étrangers dans le secteur national de l'énergie. En conséquence, elle adopte une organisation de Groupe industriel par la transformation en filiales de ses entités en charge des métiers de base : - Production d'Electricité (SPE), Transport d'Electricité (GRTE), Conduite du Système Electrique (OS), Transport du Gaz (GRTG), - Distribution de l'Electricité et du Gaz d'Alger (SDA), du Centre (SDC), de l'Est (SDE) et enfin de l'Ouest (SDO).

2009 : Parachèvement de la restructuration, le renouveau

Entre 2007 et 2009, toujours dans un souci d'accentuer ses performances, Sonelgaz adopte une nouvelle organisation. Celle-ci aboutit à un Groupe comptant 33 filiales et 6 Sociétés en participation directe. Avec l'ouverture de l'Institut de Formation en Electricité et Gaz (IFEG) en 2007, ainsi que la création des sociétés d'engineering, des systèmes d'information et de la gestion immobilière (CEEG, ELIT & SOPIEG) et l'intégration de la Société Rouïba Eclairage en 2009, il parachève sa transformation en une Holding de sociétés déterminée à développer et renforcer ses infrastructures électriques et gazières.

2014 / 2015 : Le partenariat au cœur du développement

En 2014, en partenariat avec Général Electric, création d'une société dénommée GEAT (General Electric Algeria Turbines), chargée de la réalisation et de l'exploitation d'un complexe industriel situé à Ain Yagout (wilaya de Batna) destinée à produire des TG et TV. Partenariat avec Hyundai et Daewoo et création de la société dénommée HYENCO chargée de réaliser des prestations d'EPC (Engineering, Procurement and Construction) d'ouvrages énergétiques industriels.

2017 : Une nouvelle organisation de la Distribution

2017 fut l'année d'une nouvelle organisation permettant d'améliorer davantage l'efficacité des sociétés du Groupe et de leur faire gagner en efficience à travers la mutualisation de leurs expériences propres et l'harmonisation de leur savoir-faire. Ainsi, le métier de la distribution relève, désormais, d'une seule entité dénommée Société Algérienne de Distribution de

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

L'électricité et du Gaz (SDC). La SDC est le résultat de la fusion-absorption par cette dernière des sociétés de distribution SDE, SDO et SDA. . [2]

d. Filiales :

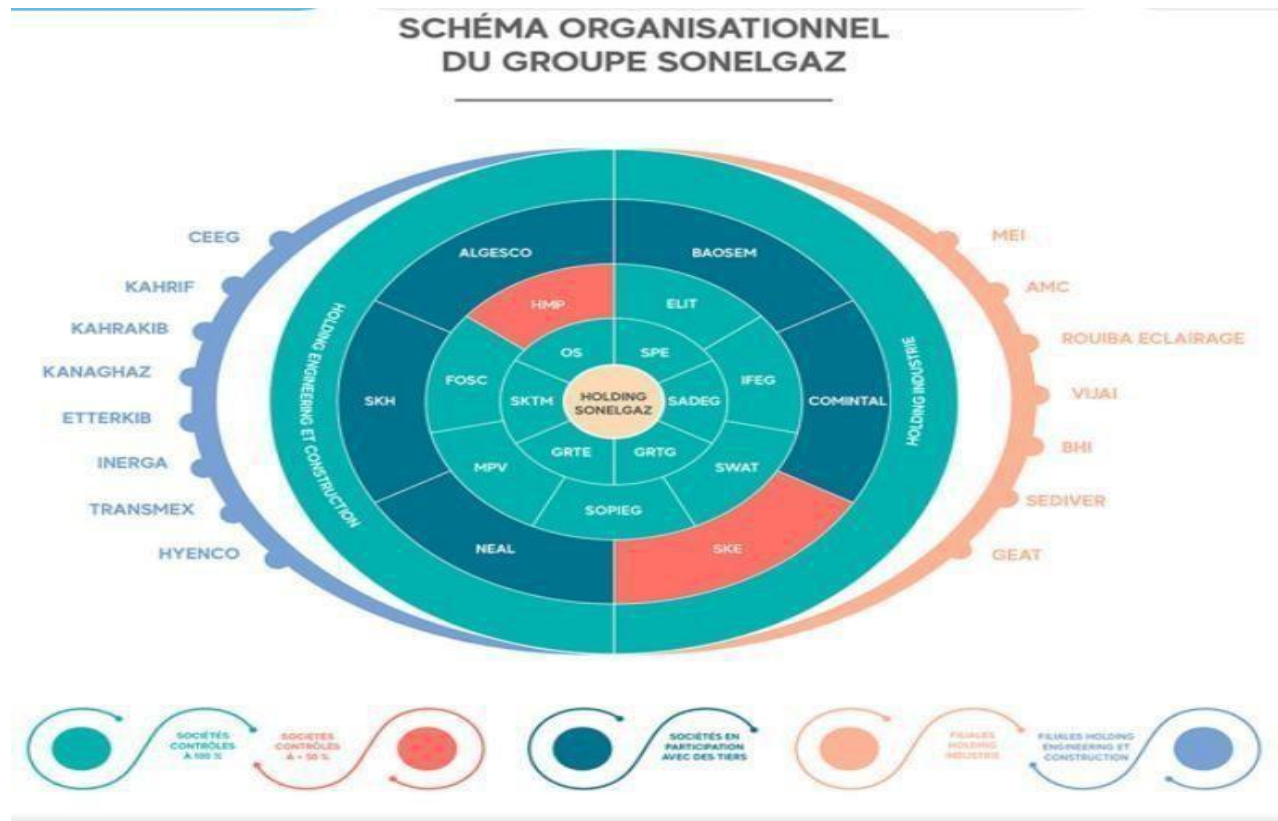


Figure 1.1 : Schéma organisationnel du groupe Sonelgaz

e. La société Shariket Kahraba El Djazair (SKE)

C'est une société de fusion et absorption et des accords de transfert du personnel des sociétés filiale de Sonelgaz SK Terga, SK Koudiat Eddarouch et SK Berouaghia par la société SK Skikda détenue à 51% Sonelgaz et 49% Sonatrach a été signé 01 octobre 2020 à Alger en vue de permettre une meilleure réorganisation de l'activité de production de l'électricité et une réduction des coûts de gestion à la lumière de la crise financière actuelle.

- **SK Skikda** : c'est une centrale cycle combine de 720 MW situé à la zone industrielle de skikda d'un montant de 406 millions de dollars les actionnaires de cette centrale sont constitués par les groupes nationaux Sonelgaz (50%), Sonatrach (30%) et AEC (20%) (AEC : Algerian Energie Company).

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

- **SK Koudiat Eddarouch** : c'est une centrale cycle combine de 1200 MW situé à commune deberibane Wilaya d'el Taref. Cette centrale sont constitués par les groupes nationaux Sonelgaz (51%), Sonatrach (49%).
- **SK Berouaghia** : c'est une centrale cycle simple turbine à gaz entre 400 et 500 MW situé a centre de haute tension route Bouira. Cette centrale sont constitués par les groupes nationaux Sonelgaz (51%), Sonatrach (49%).[3]

3. Présentation du centrale SKT

La centrale électrique en cycle combiné de Terga dans la wilaya d'Ain Témouchent a été mise en exploitation en juin 2012.

D'une puissance de 1200 mégawatts, la centrale en question était à couvrir une large partie des besoins en matière d'énergie électrique de la région de l'oranie comme elle a joué un rôle important dans le cadre de « l'interconnexion de réseaux nationaux d'électricité ».

Les actionnaires de cette centrale sont constitués par les groupes nationaux Sonelgaz (51%) et Sonatrach (49 %).

La centrale fonctionne au gaz naturel et au gasoil (secours) alors que sa gestion est confiée à la société par actions (SPA) « Shariket Kahraba Terga » (SKT).

La centrale a été réalisée en 2008 par le consortium dirigé par Alstom et comprenant la société égyptienne Orascom Construction Industrie pour la partie génie civil et construction, pour un montant de deux milliards de dollars.

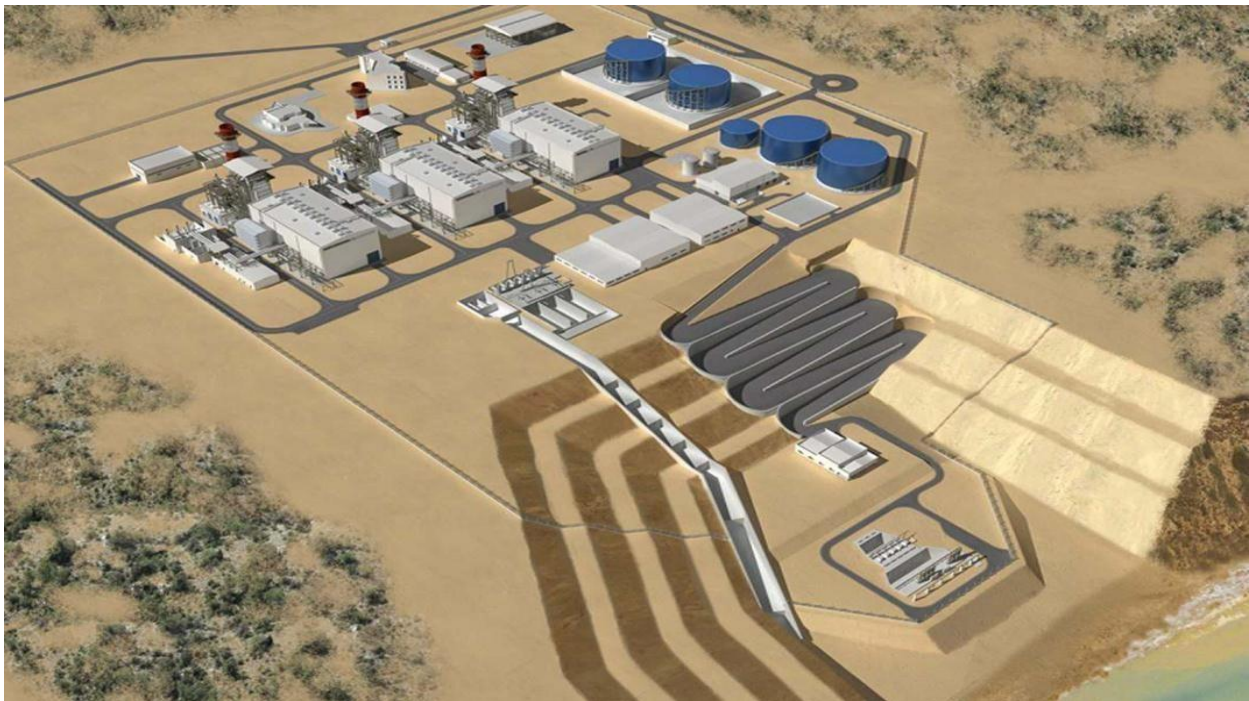


Figure 1.2 : Vue en 3D de la centrale électrique de TERGA

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

3.1. Localisation de la centrale

La centrale électrique SKT est située dans l'ouest de l'Algérie, à la commune d'OULED BOUDJAMAA à 25 Km à Ain Témouchent.

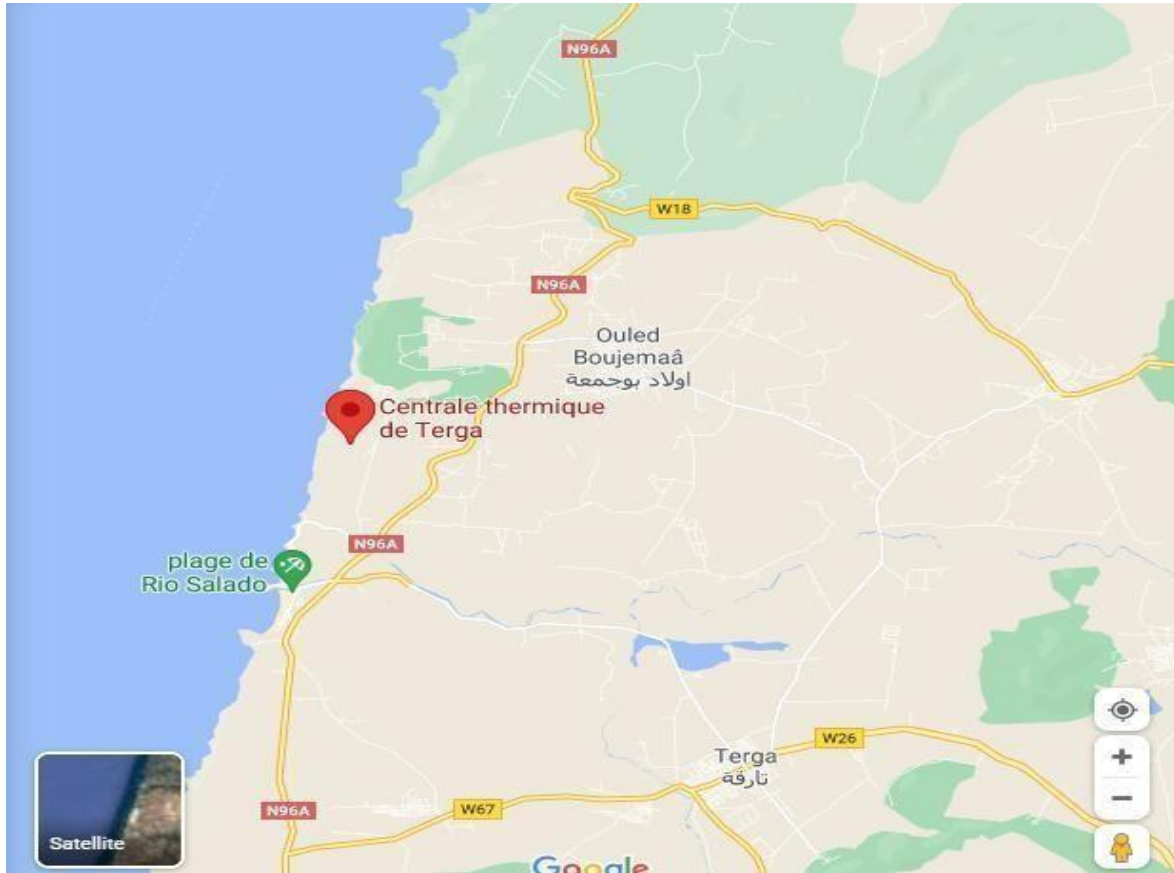


Figure 1.3 : La géographie de centrale TERGA.

3.2. Objectif de la centrale

Le rôle principal de cette centrale est de produire de l'énergie électrique à partir de la combustion du gaz naturel, elle est chargée dans le cadre national d'alimenter avec d'autres centrales en parallèle un réseau interconnecté qui part de l'est à l'ouest en passant par le centre, l'exploitation de ce réseau est assurée par le dispatching, situé au niveau D'ALGER la charge avec une fréquence de 50HZ.

La centrale de TERGA participe dans ce réseau avec une puissance de (1200MW), en exploitant (3GROUPEs).

La centrale électrique à cycle combiné « 3 x 400 MW » se compose de trois unités mono-arbre. Chaque unité se compose d' :

- Une turbine à gaz type GT 26 équipée d'un système de combustion séquentielle à pré-mélange pauvre et à faibles émissions de Nox.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

- Un cycle eau / vapeur à trois niveaux de pression et resurchauffe avec chaudière de récupération
- Une turbine à vapeur (TV) deux corps à trois niveaux de pression et resurchauffe
- Un alternateur refroidi à l'Hydrogène, commun aux deux turbines

3.3. Alimentation de la centrale

L'alimentation de la centrale se fait en trois parties : en gaz, en électricité et en eau de mer.

En gaz :

Méthane CH₄ ramenée de HASSI RMEL transitant par différents de pompage jusqu'à Med gaz ensuite va alimenter la centrale.

En électricité :

Auto alimentée, elle prend son énergie de ces groupes, si ces derniers sont à l'arrêt, la centrale reçoit son besoin d'énergie du réseau par l'intermédiaire de ces transformateurs principaux.

Alimentation en eau de mer :

Eau de mer par un poste de traitement d'eau produit une eau dessalée, ensuite par un poste de déminéralisation.

3.4. Principe de fonctionnement de la centrale

3.4.1. La production d'énergie électrique

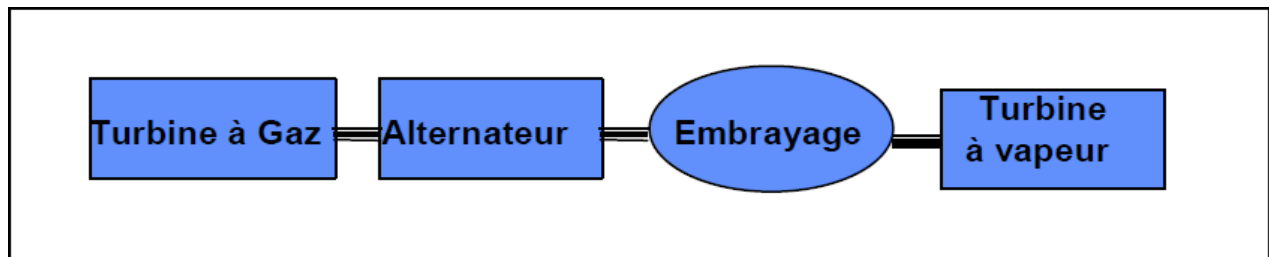


Figure 1.4 : Schéma de la ligne d'arbre.

La puissance nette garantie d'une tranche (NEOG) en cycle combiné, basée sur les conditions nominales de fonctionnement est définie de manière suivante :

- $NEOG_{GN, Tranche} = 374\ 840\ kW$ pour une marche au gaz naturel
- $NEOG_{FO, Tranche} = 369\ 475\ kW$ pour une marche au fioul

La consommation spécifique nette de chaleur garantie (NHRG) d'une tranche en cycle combiné est définie de manière suivante :

- $NHRG_{GN, Tranche} = 6342\ kJ/kWh$ pour une marche au gaz naturel
- $NHRG_{FO, Tranche} = 7156\ kJ/kWh$ pour une marche au fioul

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

La puissance électrique fournie au réseau par un courant triphasé 50 HZ à et 400 kV de tension nominale côté Haute Tension du transformateur élévateur, à la sous-station de Terga. Le facteur de puissance est choisi par l'opérateur entre 0.80 et 0.91, celui-ci étant mesuré aux bornes de l'alternateur.

La production de la centrale est réglée en contrôlant la charge de la turbine à gaz en fonction des exigences de production générale de la centrale.

3.4.2 Composants et systèmes majeurs.

La centrale de Terga est composée de trois Blocs à une seule ligne d'arbre.

La ligne d'arbre comprend la turbine à gaz entraînant le turboalternateur via un accouplement rigide. La turbine à vapeur est accouplée via un embrayage auto-commutable synchrone sur l'autre côté de l'alternateur. Cette disposition permet de démarrer et d'arrêter la turbine à vapeur indépendamment de la turbine à gaz, alors que la turbine à gaz est déjà en fonctionnement.

3.4.2.1. Turbine à gaz

La turbine à gaz de type GT26 d'Alstom comprend un rotor constitué d'un étage turbine « haute pression », de 4 étages turbine « basse pression », de 22 étages compresseurs, et deux chambres de combustion annulaires (les brûleurs EV et SEV), appliquant le principe de combustion séquentielle.

La turbine à gaz comprime l'air ambiant qui s'enflamme en présence de gaz naturel pressurisé. Dès que le mélange combustible/air se consume, les gaz chauds se détendent à travers une turbine, laquelle est reliée à un alternateur pour la production d'électricité. L'échappement de la turbine est relié à la chaudière de récupération HRSG pour la fabrication de vapeur. La vapeur est envoyée à un groupe turboalternateur pour accroître la production d'électricité.

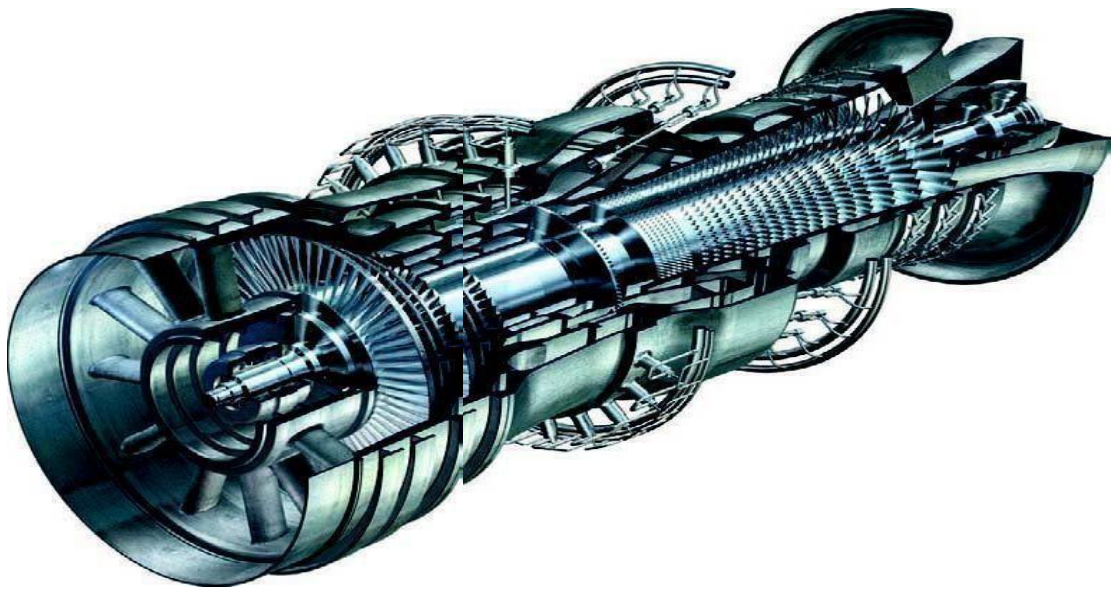


Figure 1.5 : Turbine à gaz.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

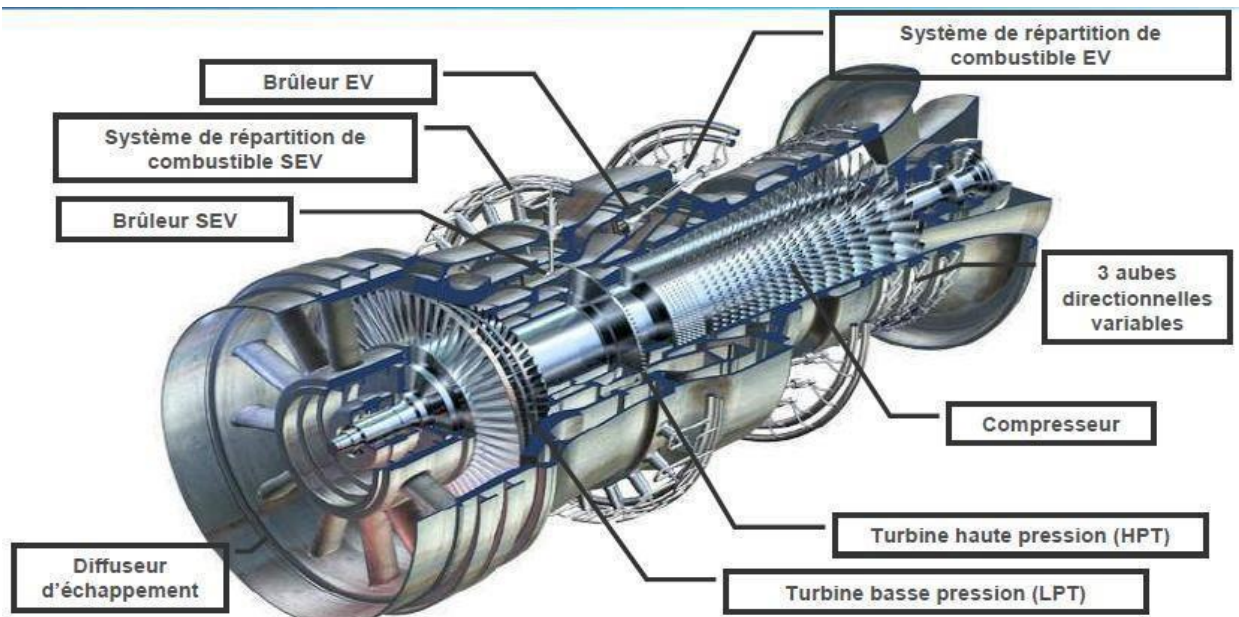


Figure 1.6 : Les composants de la turbine à gaz

3.4.2.2. Alternateur

L'alternateur Alstom (type 50WT21H-120) est entraîné à la fois par la turbine à gaz et par la turbine à vapeur. La puissance est produite à une tension de 20kV.

L'alternateur, à trois phases et deux pôles synchrones, est refroidi à l'hydrogène.

L'hydrogène est ensuite refroidi dans des échangeurs à eau se trouvant dans l'enceinte de l'alternateur.

3.4.2.3. Embrayage auto-commutable synchrone entre la TV et l'Alternateur

L'embrayage permet de connecter la TV à l'alternateur, alors que celui-ci est déjà entraîné par la TG :

- L'embrayage s'engage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient positif ; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à dépasser celle de l'alternateur.
- L'embrayage se désengage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient négatif ; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à passer en dessous de celle de l'alternateur.

Aucun système de régulation n'est nécessaire pour l'embrayage

3.4.2.4. Turbine à Vapeur

La Turbine à vapeur, possède deux corps, trois pressions, et une resurchauffe.

Le premier corps est l'étage haut pression (HP) et le deuxième corps de la turbine se compose des étages moyens pression (MP) et basse pression (BP). Le corps MP/BP est à double flux.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

La vapeur vive HP, régulée par une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle, entre dans le corps HP et se détend jusqu'à la pression de la vapeur à resurchauffer.

La vapeur à resurchauffer est mélangée avec la vapeur MP produite par la chaudière de récupération avant d'être resurchauffée dans la chaudière de récupération.

La vapeur BP entre dans la turbine à travers une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle. La vapeur issue du corps échappement BP de la turbine est envoyée au condenseur.

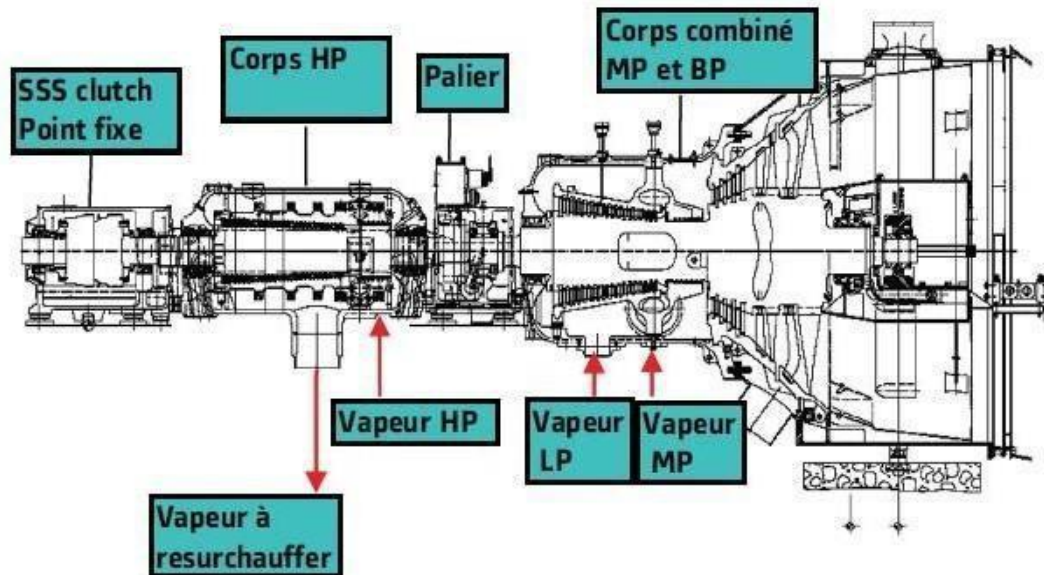


Figure 1.7 : Les composants de la turbine à vapeur

3.4.3. Chaudière de récupération et réfrigérants d'air TG

3.4.3.1. Chaudière de récupération

La chaudière de récupération est de design horizontal. Elle fonctionne en mode de circulation naturelle pour les trois niveaux de pression BP, MP, et HP. La chaleur, contenue dans les gaz d'échappement de la turbine à gaz, sert de source de chaleur pour produire la vapeur (vapeur réchauffée, vapeur surchauffée HP, MP, et BP)

Les pompes alimentaires HP/MP alimentent la chaudière de récupération. L'eau alimentaire BP est extraite en aval du deuxième rang économiseur MP/BP. L'eau alimentaire HP, MP et BP est réchauffée dans les économiseurs et stockée dans les ballons respectifs (HP, MP et BP). Chaque niveau de ballon est régulé par une vanne de contrôle.

La vapeur saturée est produite dans les évaporateurs HP, MP, et BP.

La vapeur HP provient de la surchauffeur à plusieurs étages HP, la vapeur MP du resurchauffeur, via la surchauffeur MP, la vapeur BP est également surchauffée. En sortie de la chaudière de

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

récupération, les vapeurs HP et MP sont désurchauffées avec l'eau alimentaire extraite des économiseurs HP et MP respectivement.

De l'eau extraite de l'économiseur HP alimente les réfrigérants d'air TG. Il est possible de réguler la température de l'eau alimentaire en amont des réfrigérants, dans une certaine plage, grâce à une extraction en amont du premier économiseur HP si nécessaire (une vanne manuelle de contrôle ajustée durant la mise en service est prévue à cet effet).

Une extraction en aval de l'économiseur MP alimente en eau un préchauffeur de gaz combustible afin d'augmenter sa température à l'entrée de la TG d'environ 15°C à 150°C, ceci afin d'améliorer le rendement global du cycle combiné.

L'eau sortant du préchauffeur de gaz est renvoyée à la bache alimentaire.

Le ballon de purges chaudière recueille les purges de la chaudière de récupération et des réfrigérants d'air TG. Le ballon de reprise des purges externes recueille les purges de la vapeur à resurchauffer, la vapeur surchauffée et la vapeur resurchauffée.

Les purges continuent des ballons HP, MP et BP sont amené au ballon d'éclatement chaudière. Après séparation, la vapeur va à la bache alimentaire et les condensats sont envoyés au ballon de purges chaudière.

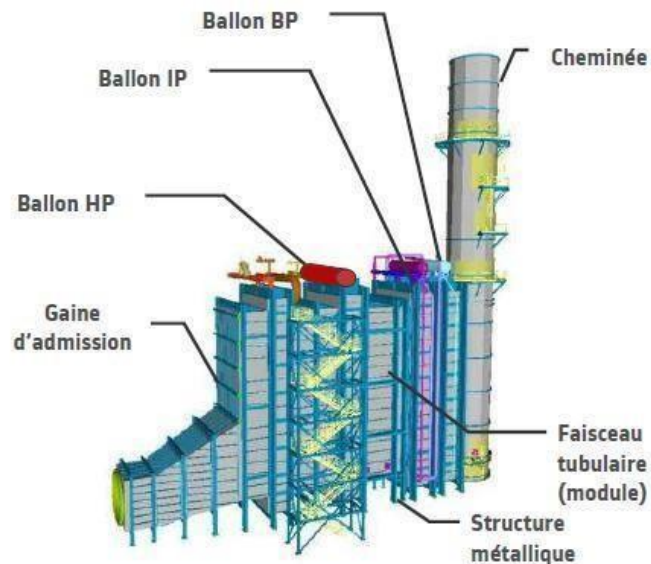


Figure 1.8 : Chaudière de récupération

3.4.3.2. Réfrigérants d'air TG

Un réfrigérant HP et un réfrigérant BP sont requis pour le refroidissement de l'air de la TG. Les réfrigérants sont des échangeurs de type hélicon à une seule passe (sans recirculation). Ils sont alimentés en eau HP et la vapeur produite est envoyée dans le système de vapeur HP de la chaudière de récupération.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

3.4.4. Cycle Eau / Vapeur

3.4.4.1. Condenseur

L'installation est de design axial refroidi à l'eau de mer. Le condenseur est constitué de deux faisceaux double passe. Afin d'opérer le condenseur avec un seul demi condenseur, les boîtes à eau sont divisées. Du fait de l'augmentation de la pression à l'échappement de la TV, la puissance produite est dans ce cas réduite.

Les gaz incondensables côté vapeur sont extraits de chaque faisceau de tube à l'endroit le plus froid, la pression partielle de vapeur y est plus basse. La vapeur condensée est envoyée dans le puits du condenseur, qui sert ainsi de capacité de stockage.

Le ballon d'éclatement des purges est raccordé au condenseur et recueille les purges internes de la turbine à vapeur. La phase vapeur est renvoyée au condenseur et les condensats sont renvoyés au puits du condenseur.

3.4.4.2. Pompes d'extraction des condensats

Les pompes principales d'extraction (2x100%) sont de type vertical. En fonctionnement normal, une pompe est en service. Le deuxième reste en secours.

La pompe de secours est mise en marche automatiquement si la pompe en fonctionnement est défaillante ou si le contournement de la turbine vapeur est en marche à charge élevée.

3.4.4.3. Système de mise sous vide du Condenseur (Côté Vapeur)

Le système de mise sous vide se compose d'un éjecteur de démarrage 1x100 % et de deux éjecteurs de maintien 2x100%.

Les éjecteurs évacuent la vapeur côté condenseur pendant le démarrage et extraient les gaz non-condensables pendant le fonctionnement des réfrigérants d'air du condenseur.

La vapeur motrice pour les éjecteurs est prise de la ligne de vapeur à resurchauffer et les incondensables extraits sont envoyés à l'atmosphère.

Une vanne de détente régule la pression de la vapeur à l'entrée de l'éjecteur de démarrage et une deuxième vanne de contrôle réduit la pression de vapeur à l'entrée des éjecteurs de service.

3.4.4.4. Bâche alimentaire / Dégazeur

Une Bâche alimentaire munie d'un dégazeur stocke l'eau alimentaire pour la chaudière de récupération, préchauffe et dégaze l'eau d'extraction.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

En fonctionnement normal au gaz, le préchauffage de l'eau alimentaire est assuré par le système de préchauffage de l'eau alimentaire. En fonctionnement à basse charge ou au gasoil, le préchauffage utilise la vapeur à resurchauffer.

3.4.4.5. Pompes alimentaires

Les deux (2x100%) pompes alimentaires HP de type horizontal munies d'extraction pour l'eau alimentaire MP/BP 2x100% sont à plusieurs-étages, et possèdent des filtres à l'aspiration et des vannes de débit minimum. En fonctionnement normal, une pompe est en service. Le deuxième reste en secours. La pompe de secours est mise en marche automatiquement en cas de défaillance de la pompe en service.

3.4.4.6. Pompes de préchauffage eau alimentaire

L'eau alimentaire est pompée par deux pompes de recirculation (2x50%) et passe dans l'échangeur de préchauffage de la chaudière de récupération puis retourne dans la bêche alimentaire pour chauffer cette dernière à la température demandée.

Chaque pompe de recirculation est pourvue d'un dispositif de débit minimum vers la bêche. La vapeur de resurchauffe, si nécessaire, est prise sur la ligne de vapeur à resurchauffer. La vanne de régulation de pression de cette alimentation permet de réguler la pression du dégazeur et en conséquence la température de l'eau alimentaire. Cette méthode de régulation de la température de la bêche alimentaire est répandue, fiable, et efficace dans une large gamme de température

3.4.4.7. Systèmes de contournement vapeur TV

Afin de faciliter le démarrage et les transitoires, la turbine à vapeur est équipée d'un by-pass HP, d'un by-pass MP et d'un by-pass BP.

Quand la turbine ne peut pas accepter la totalité de la vapeur HP, le by-pass HP dirige la vapeur surchauffée vers le circuit MP (vapeur à resurchauffer) via une vanne de détente et de désurchauffe alimentée par un soutirage en aval des pompes d'eau alimentaire. Ceci permet un refroidissement des resurchauffeurs HP de la chaudière de récupération

Les by-pass MP et BP dirigent la vapeur directement au condenseur à travers des diffuseurs, la vapeur étant désurchauffée par l'eau d'extraction.

Ces by-pass permettent un fonctionnement indépendant de la chaudière lorsque la turbine déclenche ou n'est pas disponible. Ils permettent également le conditionnement de la vapeur pour le démarrage TV.

L'installation pouvant être démarrée sans système d'étanchéité d'alimentation en vapeur auxiliaire, le circuit de vapeur surchauffée est également équipé d'une vanne d'échappement régulatrice pour évacuer la vapeur directement dans l'atmosphère lors du démarrage.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

Chaque contournement vapeur est capable de traiter 100% du débit nominal de la vapeur vive à 100% de la pression nominale de la vapeur vive.

3.4.4.8. Système d'étanchéité de la Turbine à vapeur

Le système d'étanchéité de vapeur de la TV empêche l'air d'être aspiré dans les parties sous vide de la turbine, et la vapeur de la turbine de s'échapper. Les côtés pression et aspiration du système d'étanchéité vapeur sont connectés pour les trois sections de la turbine vapeur.

3.4.4.9. Ballon de récupération des purges à l'atmosphère

Le ballon de récupération des purges à l'atmosphère recueille les purges externes à la turbine à vapeur. Après séparation la vapeur est envoyée à l'atmosphère et les condensats sont renvoyés au système de traitement des effluents.

3.4.5. Production d'eau dessalée

Le poste de traitement d'eau produit une eau dessalée. Ce poste se compose d'une unité de dessalement de type flash multi étagé (MSF pour Multi Stage Flash). L'eau produite est recueillie dans les réservoirs de stockage d'eau dessalée.

L'installation comprend 2 unités de dessalement communes aux trois tranches de la centrale fonctionnant selon le principe de la distillation par détentes successives et produisant 960 m³/jour d'eau dessalée chacune. L'eau dessalée produite sera stockée dans deux réservoirs à la pression atmosphériques d'une capacité de 17500 m³ chacun.

3.4.5. Station de production d'hydrogène

L'installation est commune aux trois unités et comprend :

- Un électrolyseur
- Un groupe de lavage et de refroidissement
- Un gazomètre
- Deux compresseurs avec sécheurs
- Les tuyauteries, pompes et accessoires
- Les équipements électriques
- Les équipements de contrôle commande

L'électrolyseur est équipé :

- D'un bloc de cellules divisé en deux chambres pour séparer l'H₂ produit à la cathode de l'O₂ se dégageant à l'anode.
- De séparateurs de gaz l'un pour l'H₂ et l'autre pour l'O₂ pour la séparation du gaz de l'électrolyte.

Un système de refroidissement est prévu afin de récupérer la vapeur saturée contenant de la potasse caustique, entraînée avec les gaz, les condensats engendrés retournes vers l'électrolyseur.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

Un système de lavage est nécessaire pour éliminer les traces de potasse contenues dans le gaz. Un gazomètre sert au stockage de l'hydrogène et sert de tampon entre l'électrolyseur et l'installation de compression.

3.4.6. Le système du contrôle qualité et injection chimique

3.4.6.1. Le poste échantillonnage de cycle eau-vapeur

Il y'a un système de contrôle qualité pour le cycle eau-vapeur. Pour assurer une longue durée de fonctionnement de la chaudière de récupération il faut assurer un bon contrôle des paramètres physico-chimiques.

Dans ce cas le constructeur a installé un système de prendre les échantillons d'une façon continue et faire des analyses instantanées des différents endroits du cycle eau-vapeur. Le système de contrôle qualité c'est le poste échantillonnage équipé avec le différent échantillon et des analyseurs automatiques comme suite :

- Analyseur de silice
- Analyseur du sodium
- Analyseur d'oxygène
- Analyseur de la conductivité

3.4.7. Poste dosage chimique

Afin de minimiser le phénomène de la corrosion pour notre chaudière haute pression le constructeur a installé le poste dosage chimique contient les équipements suivants :

- Un système d'injection du carbo-hydrazine pour éliminer l'oxygène.
- Un système d'injection d'ammoniaque pour augmenter le PH jusqu'au 9.2 afin de limiter la corrosion.
- Un système d'injection du phosphate tri-sodique pour augmenter le PH au niveau de la chaudière haute pression afin limité la corrosion.

3.4.8. Traitement des rejets de la centrale

3.4.8.1. Station de traitement des eaux usées 40 H.E

Le système est une station d'épuration des eaux usées domestiques, localisée près de l'atelier. Cette installation d'épuration du type à boues activées, est conçue pour une charge dérivant de 40 H.E (équivalent habitant), sera réalisée en fibre de verre. Les eaux arrivent à la station de traitement par gravité et filtrée, il y'a l'injection de l'air afin d'améliorer la dégradation bactérienne de la matière organique, les eaux traitées sont évacuées vers le rejet et la boue récupérée s'éliminer avec camion vers l'extérieur.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

3.4.8.2. Séparateurs eau/huile

Le séparateur à hydrocarbures traite un débit de 10 l/s pour des Liquides légers de densité est inférieur à 0.85 et comprend : un compartiment filtration ; un compartiment séparateur. Il assure le prétraitement des eaux polluées en hydrocarbures légers par coalescence sur des matériaux filtrants en polyuréthane réticulé.

3.4.8.3. Contrôle des rejets atmosphériques

Ce système nous permet d'analyser les rejets atmosphériques après la combustion de la turbine à gaz et donne les différents résultats comme les NO_x , SO_x , CO_2 , la poussière et les différents gaz toxiques. Ce système fonctionne avec un chromatographe de type FID (détecteur à flamme ionisé), il donne les analyses d'une façon périodique et on compare avec la norme.

Ces analyses nous permettent de connaître l'état de fonctionnement de la turbine à gaz.

3.4.9 Procédures de sécurité de TG et TV :

3.4.9.1 Turbine à gaz :

a) Trip TG

Un déclenchement de la TG provoque une fermeture immédiate de toutes les vannes d'arrêt combustibles de la TG et de toutes les mesures pour assurer un arrêt sécurisé.

b) Baisse de charge rapide et déclenchement TG (PLST)

Un PLST est une baisse de charge rapide de protection suivi d'un déclenchement de la TG. La charge de la TG est réduite avec un gradient de charge défini et en atteignant la vitesse nominale sans charge toutes les vannes d'arrêt de combustible de la TG se ferment immédiatement.

Le déclenchement se produit, quand il est évident, que le déclenchement responsable ne disparaît pas durant la baisse de charge. Alors, une fermeture rapide des vannes d'arrêt du combustible est exécutée immédiatement après que la vitesse nominale sans charge soit atteinte. Un PLST peut être activé par critères internes TG ou depuis les systèmes externes.

c) Baisse de charge rapide TG (PLS)

Un PLS est une baisse de charge rapide de protection. La charge de la TG est réduite avec le même gradient de charge que le PLST, mais la TG restera à vitesse nominale sans charge pendant plusieurs minutes avant la fermeture rapide de toutes vannes de combustibles de TG.

Le but d'un PLS est d'un part d'atteindre des conditions stables de température et d'autre part de mettre dans les limites sûres les paramètres de processus provoquant le mauvais fonctionnement en réduisant la charge de la TG aussi vite que possible et en laissant la TG à vitesse nominale sans charge pendant plusieurs minutes.

Un PLS peut être activé par critères internes TG ou depuis les systèmes externes.

Chapitre 1 : Présentation de la centrale SKT

d) Mise à l'arrêt d'urgence des brûleurs SEV

Les TG ont la possibilité d'un déclenchement interne des brûleurs SEV uniquement en arrêtant les vannes de combustible de brûleur SEV. La TG sera par conséquent délestée jusqu'au fonctionnement nominal sur les brûleurs EV uniquement.

3.4.9.2. Turbine à vapeur :

a) Déclenchement Turbine à Vapeur

Un déclenchement de la turbine à vapeur signifie la fermeture de toutes les vannes d'arrêt et des vannes de contrôle de la turbine à vapeur. Instantanément, les vannes de contournement s'ouvrent et la vapeur HP est déversée dans la ligne de vapeur à resurchauffer, la vapeur resurchauffée et la vapeur BP dans le condenseur.

L'opérateur doit décider si la turbine à gaz continue de fonctionner avec la même charge ou si la TG doit réduire sa charge.

Nul autre système n'est affecté par un déclenchement de la turbine à vapeur. UN déclenchement de la turbine à vapeur peut être activé par des critères TV ou du fait de système extérieur à la TV.

b) Système de contournement de vapeur

Un déclenchement du système de contournement de vapeur est réalisé par une réénergisassions de la vanne solénoïde correspondante.

Les vannes d'arrêt et les vannes de contrôle du système de contournement de vapeur se ferment rapidement. [4]

Conclusion

Présentant cette usine SKT, le but de cette étude est de déterminer les risques associés aux machines, outils, produits et le processus de mise en œuvre.

Il explique toutes les différentes étapes de productions de l'électricité et le fonctionnement pour mieux identifier les risques à objet d'appliquer tous les moyens technique et organisationnelle pour limiter la probabilité d'occurrence et de réduire les conséquences.

Dans le chapitre suivant nous allons parler théoriquement sur la gestion des risques et plus précisément sur les méthodes d'analyse des risques.

CHAPITRE 2

Les Méthodes d'analyse des risques



Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

I. Introduction

L'analyse des risques est une émanation de la nouvelle approche de la législation en matière de sécurité et de santé au travail. Autrefois, la réglementation consistait en un recueil de prescriptions techniques très précises : on imposait la façon dont un appareil devait être construit et dans de nombreux cas aussi comment il fallait l'utiliser pour garantir la sécurité et la santé des travailleurs.

Une telle façon de réglementer offrait l'avantage d'être très claire, chacun savait ce qu'il devait faire pour respecter la réglementation. D'un autre côté, celle-ci présentait l'inconvénient d'être très rigide et garder la réglementation à niveau était donc impossible dans la pratique.

Ces derniers temps, la science et les techniques ont évolué si vite qu'il n'est plus possible d'adapter la réglementation rapidement, du moins s'il s'agit d'une réglementation qui impose des moyens.

Le risque peut dès lors être défini comme la probabilité de ne pas atteindre l'objectif de maintien du bien-être au travail et l'analyse des risques comme un examen destiné à voir quelles mesures doivent être prises pour pouvoir réaliser les objectifs.

Cette nouvelle approche présente l'avantage d'une réglementation qui reste actuelle et de laisser une marge de manœuvre pour résoudre de façon créative les problèmes de bien-être au travail.

Ces règles ne sont toutefois pas obligatoires : on est libre de les utiliser, le but principal restant la réalisation des objectifs. Sur cette base, l'employeur va pouvoir procéder à une analyse des risques et mettre en place un système dynamique de gestion des risques.

Ainsi donc, après avoir introduit la notion de système dynamique de gestion des risques, la brochure approfondit l'analyse des risques.

Lors de la mise en œuvre d'une telle analyse, différentes méthodes peuvent être utilisées pour détecter les dangers, déterminer les facteurs de risque et évaluer les risques.

Ces méthodes sont expliquées succinctement en indiquant pour quoi elles peuvent être utilisées et quelles sont leurs limites. La brochure examine également au moyen d'un exemple concret comment le concept de l'analyse des risques peut être appliqué dans la pratique et comment on peut choisir des mesures de prévention concrètes.

L'analyse et l'évaluation des risques font partie du processus global de gestion des risques qui apparaît à la figure 4 plus bas, tirée de la norme ISO 31000 :2009 (les numéros entre parenthèses font référence à des paragraphes de la norme).

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

II. Définition

L'analyse des risques comprend l'identification et l'analyse systématiques et permanentes des dangers et des facteurs de risque dans le processus de travail et les conditions de travail spécifiques de l'entreprise, du chantier ou du chantier de construction. Par conséquent, cette définition de l'analyse des risques a un sens très large et ne peut se limiter à l'application de certaines méthodes pour analyser les risques observés.

III. Objectif des méthodes d'analyse des risques

Les méthodes d'analyse des risques ont pour objectif de :

- A- Comprendre le degré de danger (risques et conséquences) de l'installation.
- B- Réduire les risques techniques pour :

- Assurer et améliorer :
 - La protection de l'exploitant
 - La protection de l'environnement et de populations
 - La qualité de la production
 - La fiabilité de l'outil
- Se conformer à la réglementation.
- Faire des investissements appropriés au niveau des risques.

IV. Analyse structurelle et fonctionnelle du système

1. Analyse fonctionnelle du système

Le but de l'analyse fonctionnelle est de caractériser la fonction du système. Nous Afin d'identifier les composants du système, leurs rôles et contraintes chirurgie. Répertoire les différentes configurations que le système peut adopter (Mode de fonctionnement normal, mode d'urgence, mode de maintenance spécifique la prévention,). Expliquez les fonctions que le système doit fournir pour Définissez les événements suspects comme sujet de recherche de sécurité.

Les méthodes d'analyse fonctionnelle permettent :

- ✓ De décrire le besoin d'un utilisateur en termes de fonctions, en faisant abstraction des solutions pouvant les réaliser. A chaque fonction sont attribués des critères d'appréciation et leurs niveaux. Les niveaux des critères d'appréciation sont les caractéristiques quantitatives de chaque fonction du produit. Pour chaque critère d'appréciation, on peut définir une flexibilité, c'est-à-dire un ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler un niveau recherché ;

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

- ✓ De décrire les choix technologiques que l'on impose au concepteur, en termes de contraintes. Les contraintes peuvent venir de l'environnement, de la technologie, du marché, de la situation et des choix de l'entreprise ou de l'organisme ;
- ✓ De s'assurer, pour chaque fonction, de sa bonne expression en termes d'objectifs et de sa stabilité dans le temps. C'est le but du contrôle de validité ;
- ✓ De décrire le produit envisagé comme solution, en termes de fonctions de service et en termes de fonctions techniques ou de conception
- ✓ D'initialiser l'optimisation du produit aussi bien du point de vue coût que du point de vue fiabilité. .[5]

2. Analyse structurelle du système

Pour garantir ces objectifs fonctionnels de haut niveau, le processus nécessite un ensemble de Systèmes interdépendants ou interactifs. Chaque système fournit un ou plusieurs Fonction définie.

Dans la description de la structure, on s'intéresse à la forme physique du système : fournir Fondamentalement, tous les blocs de construction, quelle que soit leur fonction. .[5]

V. Description des méthodes d'analyse prévisionnelle des risques

1. Distinction entre méthodes qualitatives et quantitatives

Une **analyse quantitative** consiste à caractériser numériquement le système à analyser, en déterminant par exemple le taux de défaillance, la probabilité d'occurrence d'une défaillance, les coûts des conséquences, ...

Contrairement à une **analyse quantitative**, une analyse qualitative ne consiste pas à quantifier mais à donner une appréciation. On cherchera à déterminer avec une analyse qualitative quelles occurrences sont possibles ; par exemple une défaillance pourra avoir Une probabilité d'occurrence très faible, faible, moyenne ou forte.

A l'heure actuelle, le **raisonnement qualitatif** permet de combler certaines insuffisances des méthodes numériques dans des domaines où les connaissances sont peu formalisées ou difficilement quantifiables. Par contre, la substitution du qualitatif au numérique n'est pas souhaitable, la communauté du raisonnement qualitatif conçoit clairement son apport en complément et non en opposition aux méthodes quantitatives.

2. Distinction entre méthodes inductives et déductives

Les **méthodes inductives** de diagnostic correspondent à une approche "montante" où l'on identifie toutes les combinaisons d'événements élémentaires possibles qui peuvent entraîner la réalisation d'un événement unique indésirable : la défaillance.

Pour les **méthodes déductives**, la démarche est inversée puisque l'on part de l'événement indésirable, la défaillance, et l'on recherche ensuite par une approche descendante toutes les causes possibles.

3. Distinction entre méthodes statiques et dynamiques

Une **méthode dynamique** permet de prendre en compte l'évolution de la configuration des composants du système au cours du temps, alors qu'une **méthode statique** étudie un système à différents instants de son cycle de vie, c'est-à-dire pour différents états possibles, sans pour autant s'intéresser aux transitions entre ces états. .[6]

VI. Le processus d'analyse et d'évaluation des risques

La démarche d'appréciation des risques est composée de trois parties à exécuter de manière itérative :

- L'identification des risques ;
- L'analyse des risques ;
- L'évaluation des risques.

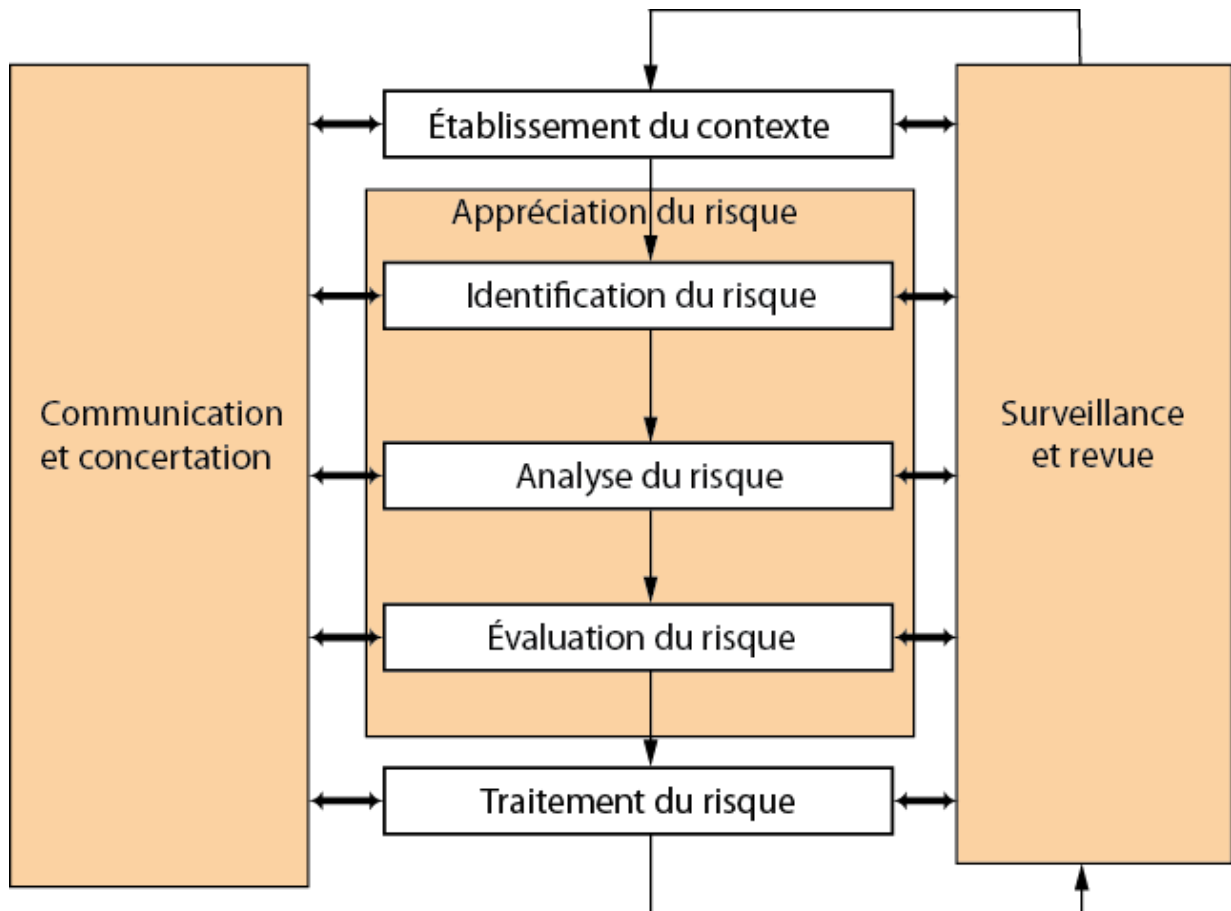


Figure 2.1 : L'appréciation des risques dans le processus global de gestion des risques

Cette démarche d'identification, d'analyse et d'évaluation des risques s'inscrit comme étant la pierre angulaire du processus global de gestion des risques ; sans une bonne connaissance des

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

Risques, il est difficile de mettre en œuvre des mesures adéquates afin d'éviter leur occurrence ou bien de gérer les effets lorsque ceux-ci se matérialisent (traitement des risques). Ces mesures présentées sous le nom de « barrières de sécurité » sont présentées plus en détail à la sous-section La gestion et le traitement des risques.

Pour améliorer l'efficacité et l'objectivité d'une analyse de risques ainsi que pour faciliter la comparaison avec d'autres analyses de risque, il est souhaitable de suivre un certain nombre de règles générales. Il est également souhaitable d'effectuer le processus d'analyse de risque conformément à une séquence définie d'étapes telle que schématisée à la figure. Le processus détaillé d'appréciation des risques est composé de 12 étapes distinctes :

1. Définir les objectifs et la portée de l'étude
2. Choisir la méthode d'analyse la plus appropriée
3. Constituer une équipe d'analyse multidisciplinaire
4. Récolter et préparer l'information requise
5. Définir les critères d'analyse
6. Identifier les dangers
7. Analyser les risques
8. Évaluer l'acceptabilité des risques
9. Recommander des barrières de sécurité additionnelles (réduction des risques)
10. Évaluer le risque résiduel
11. Documenter l'analyse
12. Mettre en œuvre les recommandations

Dans les paragraphes qui suivent, chacune des étapes du processus est présentée d'une façon générale. Peu importe quelle méthode spécifique est utilisée pour faire l'analyse, ce processus est applicable.[7]

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

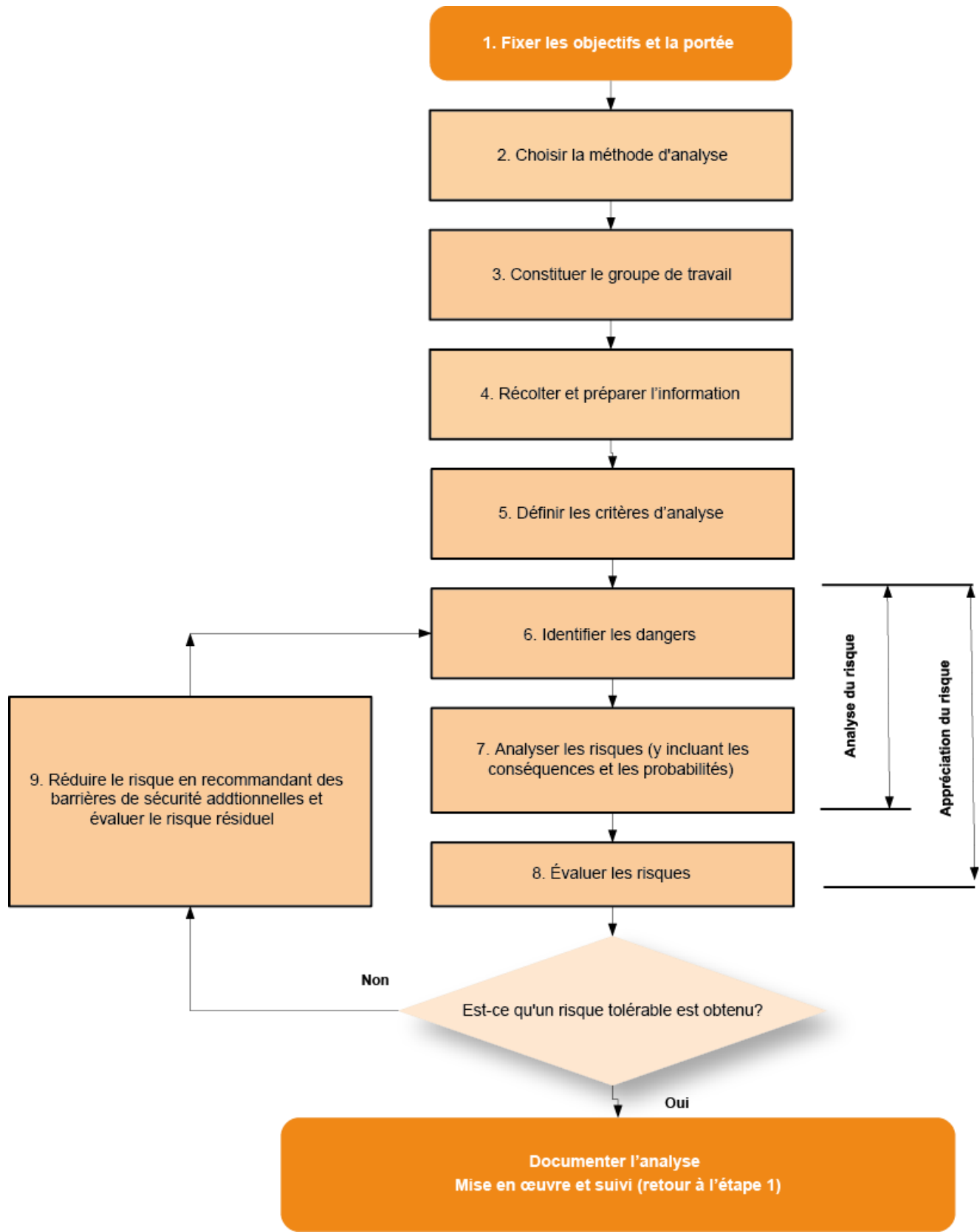


Figure 2.2 : Étapes génériques de l'appréciation des risques.[7]

VII. Critères pour sélectionner la méthode d'analyse la plus appropriée

1. Critères de sélection

De manière générale, une méthode appropriée a les caractéristiques suivantes :

- Elle est scientifiquement défendable et applicable au système considéré.
- Les résultats obtenus se présentent sous une forme permettant une meilleure compréhension de la nature des risques et de la manière dont ils peuvent être contrôlés.
- Elle peut être utilisée par divers analystes de telle sorte qu'elle soit retraceable, reproductible et vérifiable.

Le choix des méthodes est justifié en tenant compte de leur pertinence et de leur convenance. En cas de doute quant à leur pertinence et convenance, il est recommandé d'utiliser d'autres méthodes et de comparer les résultats obtenus. Lorsqu'il s'agit d'intégrer les résultats de diverses études, il faut que les méthodologies et les données obtenues soient compatibles. Lorsque la décision d'effectuer une analyse de risque est prise et que les objectifs et le domaine d'application ont été définis, il est recommandé de choisir la ou les méthodes sur la base de facteurs applicables, tels que :

- La phase de développement du système. Il est d'usage d'avoir recours à des méthodes moins détaillées au début du développement du système et de raffiner ces méthodes au fur et à mesure de la disponibilité de nouvelles informations.
- Les objectifs de l'étude. Les objectifs de l'analyse ont un effet direct sur les méthodes utilisées. Par exemple, si une étude comparative est effectuée entre différentes options, il peut être acceptable d'utiliser des modèles d'analyse des conséquences assez grossiers pour les parties du système qui ne sont pas affectées par les différentes options.
- Le type de système et de danger analysé.
- Le niveau potentiel de sévérité. Le niveau de profondeur de l'analyse doit refléter la perception initiale des conséquences (même s'il peut être nécessaire de modifier cette perception après la réalisation d'une évaluation préliminaire).
- Les besoins en ressources humaines et matérielles ainsi que le degré de compétence nécessaire. Lorsqu'une méthode simple (satisfaisant aux objectifs et à la portée de l'analyse) est correctement mise en œuvre, elle fournit des meilleurs résultats qu'une procédure plus sophistiquée d'application médiocre. L'effort d'analyse doit être cohérent avec le niveau de risque potentiel analysé.
- La disponibilité des informations et des données. Certaines méthodes nécessitent plus d'informations et de données que d'autres.
- La modification/mise à jour nécessaire de l'analyse. Il est admis que l'analyse puisse nécessiter des modifications/mises à jour futures et, qu'à cet égard, certaines méthodes soient plus faciles que d'autres à modifier.

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

- Toutes prescriptions réglementaires et contractuelles. . [8]

Questions	Réponse a considéré
Quelle est la phase de développement de système ?	<ul style="list-style-type: none"> • Conception préliminaire • Conception détaillée • Construction • Exploitation
Quelle est objectif de l'étude ?	<ul style="list-style-type: none"> • Sélection des mesures de réduction des risques • Comparaison a l'objectif de risque • Comparaison entre solution différents
Quelle sont les types de système et les dangers analyser ?	<ul style="list-style-type: none"> • Système simple • Système complexe • Danger technologique
Quelle est la gravité potentielle des conséquences d'un accident ?	<ul style="list-style-type: none"> • Grand nombre d'issue fatal • Une seule blessure ou issue fatale • Dommages environnementale • Perte financier
Quel est le niveau de ressources disponible pour effectuer l'analyse ?	<ul style="list-style-type: none"> • Temps et expertise limitée • Temps et capacité étendus pour l'obtention d'avis d'experts
Quelles sont les informations disponibles sir le système à analyser ?	<ul style="list-style-type: none"> • Etude conceptuelle • Conception détaillé • Données opérationnelle
Sera-t-il nécessaire de mettre à jours l'étude ?	<ul style="list-style-type: none"> • Activité ponctuelle • Activité continue
Existe-t-il des exigences règlementaire ou contractuelle ?	<ul style="list-style-type: none"> • Non • Choix limités • Pas de choix

Tableau 2.1 : Considérations pour le choix du type d'analyse et de la profondeur de l'étude.[8]

Il existe un grand nombre d'outils dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation. Quelques-uns des outils les plus fréquemment rencontrés dans l'analyse de risque, à l'étape d'identification des dangers, sont présentés ici et discutés à la

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

partie Présentation des principales méthodes d'identification des dangers et d'analyse des risques :

2. Méthodes d'analyse qualitative

- Analyse préliminaire de risque (APR).
- Analyse par liste de contrôle.
- Analyse de risque sur schéma type « Et-si ? ».
- Analyse de risque sur schémas type HAZOP.
- Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).
- Analyse par arbre de panne.
- Analyse par arbre d'événements.
- Analyse par nœud papillon.

3. Méthodes d'analyses quantitatives

- Arbre des Défaillances (Fault Tree Analysis)
- Arbre des événements
- Chaînes Markov

Chacun de ces outils, pris individuellement ou avec d'autres, permet le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse de risques portant sur un procédé ou une installation.

Différentes informations concernant les principales méthodes d'identification des dangers et d'analyse des risques dans le domaine des risques d'accidents technologiques.

VIII. Différentes méthodes d'analyse des risques :

1. Analyse Préliminaire des risques (APR) :

Historique et définition :

L'Analyse Préliminaire des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Elle a ensuite été généralisée à de nombreuses industries après que L'Union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980. [9]

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet ; En ce sens, elle est particulièrement utile dans les situations suivantes :

- Au stade de la conception d'une installation

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

- Dans le cas d'une installation complexe existante, au niveau d'une démarche d'analyse des risques.

+ Objectif :

- Prendre en compte le facteur sécurité dès la phase recherche et conception d'une installation
- Envisager :
 - A priori tous les risques inhérents aux produits, procédés, équipements, implantation ;
 - Leurs causes et conséquences ;
 - Les mesures de maîtrise des risques en place et prévues.
- Estimer pour chacun des risques le niveau de risques (P x G) sans et avec les mesures de protection
- Répertoire les risques nécessitant une analyse complémentaire plus fine (scénarios critiques)

+ Avantages :

- Indispensable pour les installations nouvelles ;
- Evite les erreurs fondamentales de conception ;
- Permet de mettre en évidence les risques principaux ;
- Analyse qualitative, relativement facile à effectuer qui requiert un minimum de personnel.

+ Limites :

- Ne permet pas d'identifier les risques liés à la complexité des systèmes ;
- N'est pas destinée à traiter en détail la matérialisation des scénarios d'accident ;
- Ne détecte que les risques "évidents".

2. HAZOP (hazard and operability study):

+ Historique et définition :

Il y a une cinquantaine d'années, en 1965, la société britannique Imperial Chemical Industries, l'une des plus grosses entreprises de l'industrie chimique au monde, a décidé d'améliorer les performances de ses processus et la sécurité de ses installations. Pour ce faire, la méthode HAZOP a été mise au point. Son objectif est d'identifier l'ensemble des dangers et des risques pouvant menacer un site industriel afin de pouvoir éviter tout événement indésirable. [10]

En 1974, l'industrie chimique vit sa plus grande catastrophe lorsqu'une explosion libère dans l'atmosphère de Flixborough, en Grande-Bretagne, un nuage de 40 tonnes de cyclohexane, qui fait 28 morts et 89 blessés. La méthode HAZOP va alors se répandre dans de nombreuses industries à risques (notamment dans la chimie et la pétrochimie, le nucléaire ou encore les transports).

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

+ Objectif :

- Recherche systématique des causes possibles de dérive de tous les paramètres de fonctionnement d'une installation ;
- Mise en évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien ;
- Etude des conséquences et risques éventuels liés à ces dérives ;
- Proposition des mesures correctives appropriées.

+ Avantages :

- Est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques ;
- Méthode systématique et qualitative qui vient en complément de l'APR. Elle permet l'examen méthodique des risques par un groupe pluridisciplinaire, de déceler les problèmes de sécurité et d'opérabilité ;
- Méthode qui permet d'améliorer le niveau de sécurité des unités neuves ou existantes ;
- Méthode utilisable pour gérer les modifications.

+ Limites :

- Permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances ;
- Méthode lourde à mettre en œuvre sur des installations complètes qui pour être efficace doit être appliquée de manière rigoureuse ;
- Méthode qui ne permet pas d'être sûr d'avoir pris en compte tous les risques ;
- Il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier.

3. Arbre des Défaillances (Fault Tree Analysis):

+ Historique et définition :

L'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine Bell Téléphone et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles. [5]

Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'événements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique....

+ Objectif :

- A partir d'un événement final indésirable, rechercher les combinaisons des différents événements élémentaires ou défaillances qui peuvent y conduire ;
- Réduire la probabilité d'occurrence de cet événement final.

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

+ Avantages :

- Méthode qualitative et semi-quantitative précise qui est le travail d'une équipe pluridisciplinaire ;
- Fait intervenir les combinaisons d'événements ;
- Permet de déterminer les chemins critiques et facilite le choix des actions de préventions.

+ Limites :

- Les événements intermédiaires doivent être indépendants les uns des autres pour que le calcul des probabilités d'occurrence soit correct ;
- Cette méthode ne rend pas compte de l'aspect temporel des scénarios d'événements conduisant à la défaillance ;
- Cette méthode est binaire, un événement peut soit se produire, soit ne pas se produire.

4. Méthode "WHAT IF ?" (Que se passe-t-il si ?) :

+ Définition :

La méthode dite « What if » est une méthode dérivée de l'HAZOP. Elle suit donc globalement la même procédure que HAZOP. La principale différence concerne la génération des dérives des paramètres de fonctionnement. Ces dérives ne sont plus dans ce cas envisagées en tant que combinaison d'un mot clé et d'un paramètre, mais fondées sur une succession de questions de type de la forme : « QUE (What) se passe-t-il SI (IF) tel paramètre ou tel comportement est différent de celui normalement attendu ? ». Il apparaît ainsi que l'efficacité de la méthode « What if » repose en grande partie sur l'expérience des personnes réunies au sein du groupe de travail. Cette méthode paraît donc moins fastidieuse à mener que l'HAZOP mais est réservée à une équipe expérimentée.

+ Objectif :

- S'assurer en dernier recours que le plus grand nombre de risques a été pris en compte ;
- Examiner les aspects sécurité d'une installation en marche normale, en phases de démarrage-arrêt, en situations anormales, lors d'opération de maintenance, ...

+ Avantages :

- Méthode simple et rapide qui permet d'avoir une vue d'ensemble des installations ;
- Méthode non systématique, non structurée et non rigoureuse mais qui permet de traiter toutes les questions spontanées que peuvent se poser les participants ;
- Peu consommatrice de temps.

+ Limites :

- Exige un suivi minutieux des réunions pour s'assurer que tous les problèmes soulevés sont résolus ;
- Emergence d'idées sans aucun a priori.

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

5. Arbre des évènements (Event Tree) :

✚ Historique et définition :

L'analyse par arbre d'évènements a été développée au début des années 1970 pour l'évaluation du risque lié aux centrales nucléaires à eau légère. Particulièrement utilisée dans le domaine du nucléaire, son utilisation s'est étendue à d'autres secteurs d'activité. De par sa complexité proche de celle de l'analyse par arbre des défaillances, cette méthode s'applique préférentiellement sur des sous-systèmes bien déterminés. Elle apporte une aide précieuse pour traiter des systèmes comportant de nombreux dispositifs de sécurité et de leurs interactions. Cette méthode est utilisée dans le domaine de l'analyse après accidents en vue d'expliquer les conséquences observées résultant d'une défaillance du système. [11]

✚ Objectif :

- A partir d'un événement indésirable, rechercher les scénarios possibles d'évolution en événements accidentels ;
- Estimer les probabilités d'occurrence de chacun des scénarios.

✚ Avantages :

- Méthode qui permet d'examiner, à partir d'un événement initiateur, l'enchaînement des évènements pouvant conduire ou non à un accident potentiel.
- Le positionnement de barrières de sécurité (de défense) ou ips permet de :
 - Diminuer la probabilité d'occurrence de l'événement redouté ;
 - Limiter ses effets.

✚ Limites :

- Volume de travail considérable pour les installations complexes : grand nombre de scénarios, d'arbres ;
- Difficultés pour utiliser des probabilités d'occurrence ou des facteurs correctifs "spécifiques" à l'installation étudiée.

6. Analyse des modes des Défaillances, de leur effet - AMDE /et de leur criticité – AMDEC :

✚ Historique :

En anglais est connue sous le sigle FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis) ou FMEA. La méthode a été créée aux états unis dans les années 1960, elle consistait à dresser la liste des composantes d'un produit et à cumuler les informations sur les modes de défaillance, leurs fréquences et leurs conséquences.

La méthode a été mise au point par le NASA et le secteur militaire américain et fut pratiquée en France à partir des années 1960-1970, en premier lieu par les ingénieurs fiabilistes.

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

Depuis 1980, l'industrie a intégré ce type de méthode avec l'analyse d'a fiabilité des systèmes de fabrication. [12]

Définition :

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d'un dispositif puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter au dispositif.

L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production.
- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance.
- Des conséquences des défaillances sur le moyen de production.
- Des moyens de détection pour la prévention et / ou la correction des défaillances.

Cette analyse présente deux aspects ; un aspect qualitatif consiste à recenser les défaillances potentielles et l'autre un aspect quantitatif consiste à estimer le risque associé à ces défaillances potentielles.

- **L'aspect qualitatif** : L'aspect qualitatif de l'étude consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.
- **L'aspect quantitatif** : L'aspect quantitatif consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels.

Principe :

- ❖ Point de départ : décomposition du système en composants.
- ❖ Étape 1 : recensement des modes de défaillance des composants.
- ❖ Étape 2 : effets et conséquences des modes de défaillance des composants.
- ❖ Sortie : risques découlant des défaillances des composants.

Pour avancer dans l'analyse, il nous semble utile de synthétiser le travail AMDEC de la manière suivante : quatre questions nous suffisent pour vous donner une première approche de la logique

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

suivie et pour vous aider à comprendre que l'AMDEC est une façon de penser, une méthode de travail, et non un formulaire à remplir (tableau 2)

Modes de défaillance potentielle	Effets possible	Causes possible	Plan de surveillance (Détection)
Qu'est-ce qui pourrait mal ?	Quels pourraient être les Effets ?	Quelles pourraient Être les causes ?	Comment faire pour Voir ça ?

Tableau 2.2 : Les quatre questions de base de l'AMDEC

But de l'AMDEC :

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production.

Objectifs d'AMDEC :

- Lors de la mise en œuvre et l'utilisation d'un système d'assurance de la fiabilité,
- L'AMDEC joue un rôle primordial. Le caractère méthodologique permet de l'adapter à chaque système en modifiant ou approfondissant certain point en fonction du but à atteindre,
- L'AMDEC n'est pourtant qu'une étape de programme de fiabilisation et de maintenabilité qui requiert un ensemble de méthodes et de moyens complémentaires.

Les types d'AMDEC :

a. AMDEC produit :

L'AMDEC produit est utilisée pour l'aide à la validation des études, cette définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

Elle mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'action corrective sur la conception et préventive sur l'industrialisation.

b. AMDEC processus :

L'AMDEC-processus est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

c. AMDEC Moyen de production :

Elle permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation. Pour un moyen de production en cours d'exploitation, la réalisation d'une

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

AMDEC permet l'analyse de la cause réelle de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production.

✚ La démarche de l'AMDEC :

La démarche générale de l'AMDEC se résume de l'organigramme en Figure suivante :

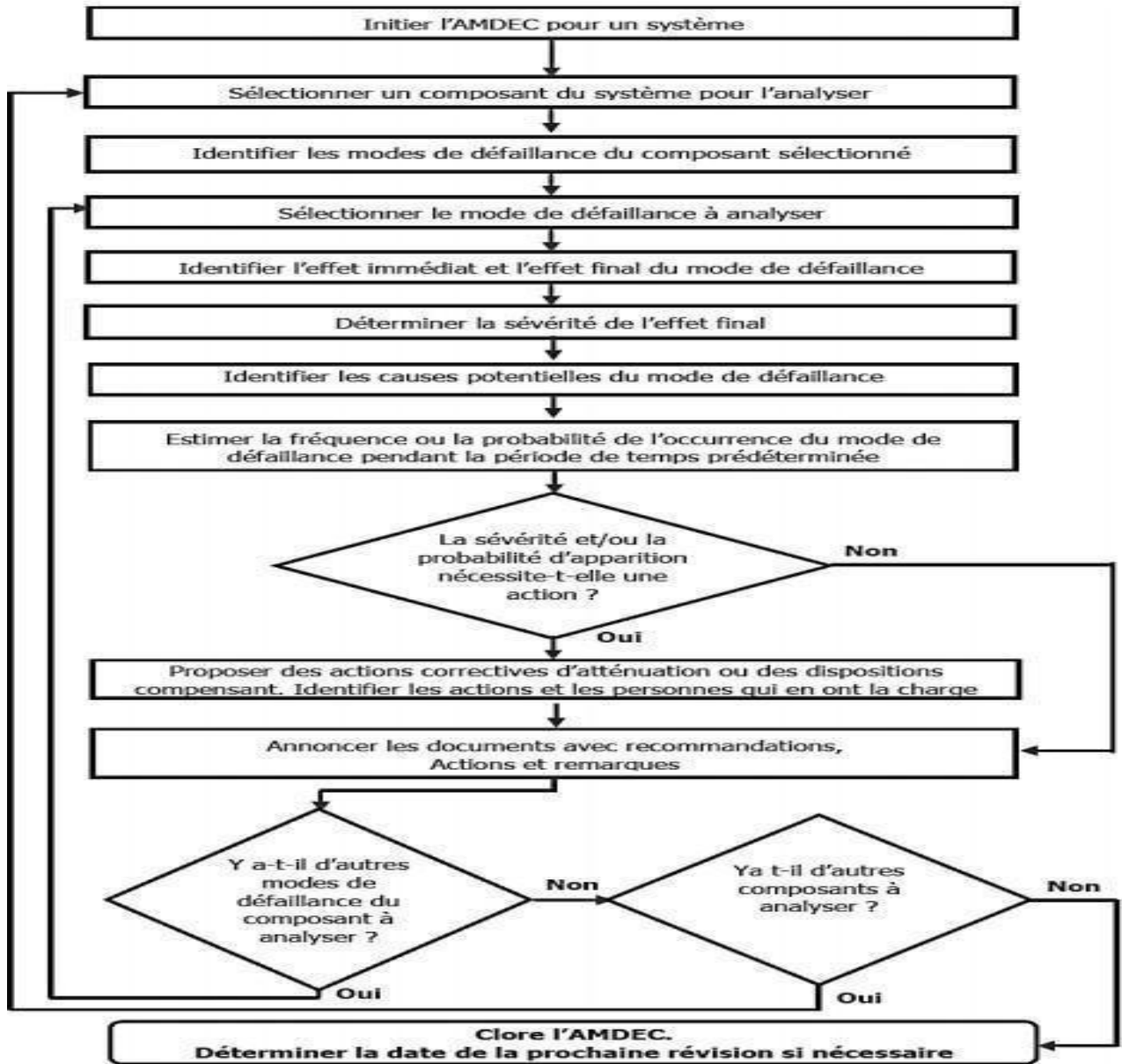


Figure 2.3 : Organigramme de la méthode AMDEC [5]

Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

✚ Cas d'application :

a. AMDEC prévisionnelle :

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (éléments nouveaux, spécifiques ou complexes) dont on connaît mal le comportement.

Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise à plat des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance ; on la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

b. AMDEC opérationnelle :

En période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique, pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle solution installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédures, stocks). Cependant L'AMDEC n'est pas un outil universel. Ainsi la méthode ne permet pas de prendre en compte les combinaisons de plusieurs défaillances. D'autres méthodes peuvent alors être utilisées en complément (arbre de défaillance, méthode de combinaison de pannes...) de plus les conséquences des erreurs humaines sont mal prises en compte. Enfin, L'AMDEC n'est pas adaptée à l'analyse des logiciels.

✚ Avantages et limites :

Avantages :

- Analyse qualitative et quantitative rigoureuse et précise ;
- Intègre différentes notions liées à la sécurité : maintenance, opérabilité, fiabilité ;
- Démarche inverse de l'arbre des défaillances.

Limites :

- Méthode longue et fastidieuse pour systèmes complexes. Toutefois la méthode peut être arrêtée à l'analyse qualitative et porte le nom d'AMDEC ;
- Inadaptée pour système très informatisé ;
- Ne permet pas de détecter les défaillances multiples ;
- Difficultés pour déterminer "à quel niveau ?" Doit s'arrêter l'analyse.

■ Chapitre 2 : Les Méthodes d'analyse des risques

IX. Conclusion :

Nous avons essayé tout au long de ce chapitre de mieux situer la notion d'analyse de risque par rapport aux autres activités du management des risques.

Nous avons d'abord expliqué le processus de gestion des risques, et consacré à la distinction entre les méthodes d'analyse des risques (qualitatives et quantitatives, inductives et déductives, statiques et dynamiques).

Ensuite, nous avons présenté rapidement les principales méthodes d'analyse de risque sachant qu'il existe d'autres méthodes non présentées dans ce mémoire.

Dans le chapitre suivant nous allons parler sur les risques existants dans la centrale et leur prévention, et bien détailler la méthode AMDEC qui sera l'outil de notre étude pratique.

CHAPITRE 3

**Evaluation des risques et application
du AMDEC**



I. Introduction

La prévention des risques comprend toutes les mesures prises pour protéger la santé et la sécurité des salariés, améliorer les conditions de travail et favoriser le bien-être au travail.

A travers des stages pratiques chez SKT, nous mènerons des recherches sur les risques afin de préciser clairement les méthodes de réduction de ces risques.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la mise en pratique de ce que nous avons développé dans le chapitre précédent. Nous choisissons la méthode AMDEC, qui est une recherche fondamentale qui permet d'analyser les modes de défaillance et de les traiter avant qu'ils ne surviennent, dans le but de les éliminer ou de minimiser les risques associés. Pour assurer la sécurité du personnel et des installations, les équipements doivent respecter des règles strictes et éprouvées.

II. Glossaire

Danger : Propriété intrinsèque des produits, des équipements, des procédés...pouvant entraîner un dommage.

Risque : Exposition d'une cible (salarié, entreprise, environnement y compris la population...) à un danger. Le risque est caractérisé par la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (accident) et de la gravité de ses conséquences.

Le risque majeur : est la possibilité d'un évènement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société.

Un risque professionnel : est un évènement dont l'occurrence met en danger des personnes dans le cadre de l'exercice de leur métier.

Risque industriel : est défini comme un évènement accidentel se produisant sur un site industriel mettant en jeu des produits et/ou des procédés dangereux et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, les biens et l'environnement.

La prévention : concerne l'ensemble des mesures pour prévenir un risque, c'est-à-dire pour l'empêcher totalement de survenir, ou, à défaut, pour éviter ses conséquences ou en réduire les effets ou la fréquence.

III. Evaluation des risques dans la centrale

1. Chute en hauteur

Travaux sur charpentes, toitures, tours, plates-formes, échafaudages... qu'ils soient temporaires ou réguliers, Travailler en hauteur peut être une activité dangereuse. La chute de la chute de hauteur est en effet la deuxième raison. Accident de travail mortel après un accident de la circulation. Afin d'éviter les chutes de hauteur, il est nécessaire de Conception d'ouvrages ou d'équipements, postes de travail et modes opératoires

➤ **Situations de travail à risque**

Les chutes peuvent survenir depuis :

- Des toitures, charpentes, terrasses de bâtiments...
- Des moyens d'accès à des zones en surélévation : échelles, escaliers, passerelles...
- Des pylônes ou d'autres équipements de travail (échafaudage, camion-citerne...).

➤ **Risques potentiels :**

- Chutes d'objets
- Chutes de personnes
- Blessures

➤ **Principales causes des accidents :**

- Non port d'équipements adaptés aux travaux en hauteur
- Manque de protections collectives (filets, ligne de vie...)
- Echafaudages non conforme
- Glissade au niveau des passerelles échafaudages)
- Désordre, présence d'obstacles sur les passages

➤ **La démarche de prévention**

- Dès la conception d'un ouvrage ou d'un équipement de travail,
- Dans l'analyse du poste de travail,
- Dans l'analyse du mode opératoire pour les travaux d'installation et de maintenance.

➤ **Mesures préventives :**

- Former et informer les travailleurs sur les risques
- Ne jamais tenter d'atteindre un point inaccessible
- Fixer les harnais de sécurité à la ligne de vie
- Ne pas lancer à distance les outils ou matériels
- Ne jamais porter les outils dans les poches en montant ou descendant l'échelle
- Garder les lieux propres
- Eviter les travaux superposés
- Baliser les lieux de travail

2. Espace Confine

Les espaces confinés sont présents dans de nombreux secteurs d'activité et des milliers de salariés sont concernés. Dans ces espaces, les risques générés par une atmosphère appauvrie en oxygène, toxique ou explosive sont bien réels, et s'ajoutent à d'autres risques graves comme ceux de chute de hauteur ou de noyade. Ces risques sont souvent la cause d'accidents graves ou mortels. La majorité des accidents, souvent graves voire mortels, qui surviennent lors d'interventions en espaces confinés est liée à une atmosphère déficiente en oxygène, à la présence de gaz ou de vapeurs toxiques ou encore à une explosion ou à un incendie

➤ Principales causes des accidents :

- Une analyse des risques inexistante ou insuffisante ;
- Un défaut de communication d'informations entre entreprises utilisatrices et entreprises intervenantes. Certains risques liés au process ou à l'installation peuvent ne pas être connus par les opérateurs qui assurent la maintenance ;
- Des risques non identifiés de réactions chimiques entre substances incompatibles ou de fermentation anaérobie des déchets végétaux, animaux, ménagers, boues...
- Une insuffisance du contrôle d'atmosphère avant et pendant l'intervention ;
- Des consignations ou des mises en sécurité d'installations inadaptées ;
- Des équipements de protection inadaptés ;
- Un manque de communication entre opérateurs ;
- Une insuffisance d'encadrement et de suivi des travaux ;
- Une formation insuffisante du personnel évoluant à proximité de tels espaces ou intervenant dans ces espaces ;
- Une absence de procédures concernant les mesures à prendre en cas d'incident ou d'accident.

➤ Risques Potentiel

- Risque d'asphyxie Atmosphère déficiente en Oxygène (inférieur à 19.5%)
- Atmosphère inflammable
- Atmosphère toxique

➤ Prévention des risques

L'identification et la prévention de ces risques nécessitent :

- Une véritable analyse préalable,
- Une bonne connaissance des procédés mis en œuvre ou des matières que l'on peut trouver dans les espaces confinés ainsi que des réactions chimiques ou biologiques auxquelles ces matières peuvent donner naissance,
- Et enfin une reconnaissance des lieux

Mesures préventives :

- Former et informer les travailleurs sur les risques
- Isoler la capacité
- Vidanger, laver, et inerte si nécessaire avant d'ouvrir la capacité
- Ouvrir les accès dans l'ordre en commençant par le haut ou le bas pour éviter l'effet cheminé

- Ventiler l'espace confiné
- Effectuer un contrôle de l'atmosphère (taux d'O₂ et teneur en produits inflammables)
- Porter un masque à cartouche lors de la pénétration
- La durée d'exposition ne doit pas dépasser 10 minutes

3. Travaux de levage :

L'opération de levage est une activité à risques. Les appareils et engins de levage de charges ou de personnes représentent des risques majeurs pour la sécurité des travailleurs et des usagers sur les sites du travail. Plusieurs types de matériels (grue à tour, nacelles d'élévation, plates-formes élévatrices,) engendrent des risques corporels et matériels ayant souvent pour origine de simples négligences qu'une bonne formation du conducteur, le respect de la réglementation et de quelques règles peuvent éviter.

➤ **Les règles d'utilisation des engins de levage :**

- Choix des engins de levage
- Leur maintenance et vérification
- Leur mise en œuvre
- La formation du personnel en charge d'utiliser ces engins de levage.

➤ **Les risques potentiels :**

- Renversement des engins et de charges.
- Chute de la charge.
- Heurt de personnes durant levage.
- Détachement d'équipements de leur point d'ancrage.

➤ **Les principales causes d'accidents :**

- Rupture mécanique des accessoires de levage.
- Mauvais élingage.
- Mauvaise visibilité durant l'opération de levage.
- Mauvaise maîtrise de la charge,

➤ **Les mesures préventives :**

- Vérifier le bon état des engins de levage
- Vérifier l'état des élingues
- S'assurer de la stabilité de la charge à soulever
- Respecter les poids des charges
- Contrôler les charges à l'aide des cordes
- Ne pas stationner ou passer sous les charges pendant les opérations de levage
- Prévoir une seule personne pour diriger les manœuvres des appareils de levage
- Baliser le lieu de l'opération de levage
- Ne jamais utiliser les engins de manutention (grues, chariots élévateurs...) pour le transport des charges, du personnel ou toutes autres tâches que la manutention
- Former et informer les travailleurs sur les risques liés au levage.

4. Manutention manuelle :

La manutention manuelle est une cause fréquente de blessures au dos, généralement dues à une mauvaise posture. Comme la manipulation mécanique, elle peut causer des contusions, des écrasements et des chutes. De plus, les surfaces angulaires ou rugueuses, les chutes d'objets et les objets projetés sont les principales causes de blessures, déchirures ou écorchures lors de la manipulation manuelle.

➤ **Les risques potentiels :**

- Chutes de personnes et des charges
- Lésions corporelles
- Coupure, écrasement
- Dégradation de l'état de l'objet

➤ **Certains facteurs peuvent aggraver la pénibilité de la manutention manuelle :**

- Facteurs liés à la charge : poids, taille et forme de la charge, charge située en hauteur ou à déposer en hauteur
- Facteurs liés aux locaux de travail : espace de travail exigü, sol encombré, en mauvais état, glissant...
- Facteurs d'ambiance : ambiance froide (entrepôt frigorifique) ou chaude (fonderie), intempéries, bruit
- Facteurs organisationnels : cadence rapide, gestes répétitifs, travail dans l'urgence, travail posté, travail de nuit

➤ **Les mesures préventives :**

- Ne pas soulever seul les objets lourds
- Conserver les bras allongés
- Utiliser la force des jambes non celles des mains
- Eviter les mouvements de torsion du tronc lorsque vous êtes chargés
- Pousser les objets roulants au lieu de les tirer
- Former et informer les travailleurs sur le risque lié à la manutention

5. Manutention mécanique :

La manutention mécanique implique l'utilisation d'équipements de levage, tels que des grues, des chariots élévateurs automoteurs et des ponts roulants....

La manutention mécanique signifie réduire les activités de manutention manuelle lourde, accélérer le flux de marchandises et améliorer les performances logistiques. Mais les opérations effectuées par les caristes ne sont pas sans risques pour eux-mêmes et leurs collègues.

Les équipements de manutention mécanique les plus fréquemment utilisés dans les sites du travail sont les suivants :

- Levage : Ponts-grue, palans.
- Levage et transport : chariots élévateurs.
- Traction : Cabestans, tractels, tirs, pull-lift, etc.
- Éléments auxiliaires : Câbles, cordages, crochets de levage, chaînes, élingues, etc.

- **Les risques potentiels :**
 - Blessures de personnes
 - Heurt avec les engins en mouvement
 - Renversement des engins et des charges
- **Les principales causes d'accidents :**
 - Collisions d'engins ou de dérapages
 - Absence de visibilité sur les zones de circulation des machines et des personnes
 - Incohérence entre le type de machine et la charge transportée
- **Les mesures préventives :**
 - Repérer au préalable le lieu de dépose des charges et l'itinéraire d'accès
 - Respecter la limitation de la vitesse d'engins
 - Prévoir une personne pour diriger les mouvements de l'appareil de levage
 - Ne pas se tenir à proximité des appareils de levage

6. Travail à chaud :

L'utilisation de sources d'inflammation à proximité de matériaux inflammables est appelée « travail à chaud ». Le soudage, le brasage et le coupage sont des exemples de traitement thermique. Les incendies sont généralement causés par l'exécution de tâches "rapides de cinq minutes" dans un endroit qui n'est pas réservé au soudage ou au coupage. L'obtention d'un permis avant d'effectuer des travaux à chaud est une étape d'un plan de gestion des travaux à chaud qui permet de réduire le risque d'incendie associé aux travaux à chaud dans les zones contenant des matériaux inflammables ou combustibles.

- **Les différents types de travaux à chaud :**
 - Le soudage à l'arc électrique
 - Le soudage au chalumeau à gaz
 - Le soudage au chalumeau de bande de bitume lors de travaux d'étanchéité
 - Le coupage
 - Le meulage
 - L'oxycoupage.
- **Les Risques potentiels :**
 - Les risques Etincelles
 - Brûlures par projection de particules
 - Agression des yeux
 - Electrification/Electrocution
 - Intoxication par les fumées
 - Incendie.

➤ Les mesures préventives :

- Contrôler l'atmosphère régulièrement
- Porter des EPI spécifiques
- Présence d'extincteurs dans la zone de travail
- Les tuyaux d'amenée de l'acétylène et de l'oxygène doivent être en bon état et correctement raccordés.
- Ne jamais allumer le chalumeau à l'aide d'un briquet à gaz car vous risquez de le faire exploser dans votre main
- Mise à la terre du poste à souder
- Ne pas laisser sous tension les générateurs non utilisés
- Baliser la zone de travail.
- Ne laissez pas les bouteilles d'oxygène et les bouteilles d'acétylène dans un espace confiné, elles doivent être placées debout sur le sol et à l'écart des sources de chaleur.

7. Les risques majeurs

7.1 Risque incendie

Qu'est-ce qu'un incendie ?

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace contrairement au feu qui est une forme de combustion maîtrisée.

Les trois conditions doivent être réunies simultanément pour qu'une combustion soit possible :

- **Combustible** : matière capable de se consumer (bois, papier, charbon, essence, butane...)
- **Comburant** : corps qui se combinant avec un combustible permet la combustion (oxygène, air...)
- **Source d'énergie** : énergie nécessaire au démarrage de la réaction chimique de combustion

Le développement d'un incendie est extrêmement rapide en présence de combustible car 90 % de l'énergie dégagée par la réaction de combustion va être utilisée à la propagation du phénomène, ceci par 4 modes de transfert :

- **La conduction** : transfert de chaleur au sein d'un même matériau,
- **La convection** : transfert de chaleur par mouvement ascendant d'air réchauffé (fumées, gaz chauds),
- **Le rayonnement** : transfert de chaleur aux matériaux voisins du foyer par rayonnement électromagnétique (infrarouges),
- **Le déplacement de substances déjà en combustion** : projections d'escarbilles incandescentes ou d'étincelles, écoulement d'un liquide enflammé...

7.1.1 Les causes d'un incendie :

Les sources d'inflammation sont de trois ordres :

Energétique :

- Thermique (surface chaud, appareils de chauffage, flamme nue, travaux par point chaud)
- Electrique (étincelle, la non-conformité des installations ou les surcharge électrique)
- Electrostatique (les étincelle peuvent intervenir comme énergie d'activation)
- Mécanique (étincelle d'échauffement.)
- Chimiques (Réactions exothermique, emballement de réaction ...)

Humain :

- Cigarette (l'extrémité d'une cigarette allumée atteint plus de 700°C)
- Négligence
- Malveillance

Naturelle

- La foudre
- Changements climatiques.

7.1.2 Les Conséquences d'un incendie

- L'asphyxie est liée au manque d'oxygène dans l'air.
- L'intoxication est due aux produits de combustion souvent toxiques et/ou corrosifs.
- Les conséquences d'un incendie pour l'entreprise sont souvent économiquement irrémédiables.
- Chômage et/ou en situation d'angoisse pour les travailleurs.

7.1.3 Démarche de prévention du risque

La prévention du risque d'incendie s'inscrit dans la démarche globale de prévention des risques professionnels.

Elle consiste à :

- **Supprimer les causes de déclenchement d'un incendie** (actions notamment sur les produits combustibles et les sources d'inflammation) en mettant en place des mesures à la fois techniques et organisationnelles,
- **Limiter l'importance des conséquences humaines et matérielles**, notamment par une détection efficace permettant d'intervenir à temps pour évacuer les personnes et intervenir avec les moyens internes (extincteur, robinet d'incendie armé – RIA) sur le début d'incendie.
- **Favoriser l'évacuation des personnes et l'intervention des secours.** [13]

7.1.3 Lutte contre incendie

La suppression de l'ensemble des combustibles et/ou des sources d'inflammation étant difficile à mettre en œuvre, il est indispensable de mettre en place des dispositions permettant de réagir rapidement et efficacement face à un début d'incendie et de limiter ses effets.

7.1.3.1 Réservoir d'eau incendie

La fourniture d'eau incendie est assuré par un réservoir contenant de l'eau dessalée pour une protection incendie de 2 heures, correspondant au risque la plus défavorable (risque de feu dans la zone de stockage fioul).

7.1.3.2 Pompes incendie

Ces pompes sont installées dans la station de pompage Incendie :

- **Deux pompes électriques principales**, associées à un moteur moyenne tension et une armoire électrique de contrôle locale ;
- **Une pompe diesel** incendie de secours, associée à un moteur diesel et une armoire électrique de contrôle locale. (L'une des pompes électriques est en fonctionnement et la pompe diesel est mise en attente dans le cas où les deux pompes électriques seraient défectueuses) ;
- **Une pompe jockey**, associée à une armoire électrique de contrôle locale ainsi qu'un ballon de pression sont installés dans la station de pompage incendie.

7.133 Poteaux incendie extérieurs avec armoires et accessoires

Les poteaux incendie seront localisés tout au long de la boucle d'incendie en accord avec les critères suivants :

- Les distances entre chaque poteau incendie sont au maximum de 60m,
- Ils seront équipés de :
 - Poteaux incendie intérieurs

7.134 Système de lutte incendie par extinction à mousse

L'objectif du système JPX est la protection incendie de la zone des réservoirs de fioul :

- Réservoirs de fioul,
- Rétention de ces réservoirs.

7.135 Système de refroidissement des réservoirs fuel

L'objectif de ce système est d'assurer, si besoin, le refroidissement des jupes des réservoirs de fioul en cas d'incendie.

7.136 Concept de protection incendie du Turbine à Gas (TG)

Systèmes d'extinction automatique au CO₂ :

Les systèmes d'extinction au dioxyde de carbone (CO₂) sont utilisés pour protéger une valeur élevée d'équipement, qui serait un système de suppression standard à base d'eau.

Des systèmes d'extinction au CO₂ sont fournis dans les domaines suivants :

- Boîtier GT Thermal Block
- Tunnel de roulement d'extrémité d'échappement GT

Pour les équipements situés dans une enceinte bien scellée (par exemple, GT Thermal Block Compartiment), la conception du système de protection incendie est basée sur une inondation totale concept de concentration.

Le système CO₂ du tunnel à palier d'échappement est conçu comme une application locale système. Le CO₂ est libéré à un taux qui produit la concentration de conception pour assurer la suppression totale de l'incendie. Un rejet prolongé est fourni, au besoin, pour maintenir la concentration de conception pendant la période de temps donnée.

Activation du système CO₂ :

La détection d'incendie dans chaque zone protégée contre le CO₂ est organisée sur deux lignes de détection / alarme distinctes. Le principe de fonctionnement est le suivant.

Dans le cas où une seule ligne d'alarme dans la zone protégée est activée, les événements suivants sont déclenchés simultanément :

- Activation de l'alarme sonore (klaxon avec premier motif sonore d'avertissement)
- Balises clignotantes à l'intérieur de la zone protégée
- Panneaux lumineux d'avertissement « Ne pas entrer » aux points d'entrée de la zone protégée
- « Alarme incendie » commune à l'Unité de contrôle de tir GT. [14]

7.137 Robinets d'Incendie Armés (RIA) :

Un robinet d'incendie armé (R.I.A.) est un équipement de premier secours alimenté en eau, pour la lutte contre l'incendie, utilisable par un personnel qualifié ou non.

Le rôle d'une installation des RIA est de permettre une première intervention d'urgence dans la lutte contre l'incendie, en attendant que des moyens plus puissants soient mis en œuvre.

Les robinets d'incendie armés seront installés dans les bâtiments annexes (Bâtiment administratif, les locaux électriques, la chaudière, . . .).

Ils seront espacés au maximum de 30,5m et équipés de :

- 1 Déclencheur Manuel d'Alarme (DMA),
- 1 armoire métallique avec : 1 seau, 1 hachette, 1 clé de serrage, 1 manomètre de pression, diffuseur, 1 lance à robinet à orifice de 12 millimètres et 1 tuyau semi-rigide d'une longueur de 20 à 30 mètres.

Les robinets d'incendie armés sont désignés par leur diamètre nominal (en mm) qui peut être (DNXX/YY ; XX = diamètre intérieur du tuyau, YY = diamètre orifice de refoulement) :

- Robinet d'incendie armé DN19/6 : on les trouve généralement dans les locaux à risques courants.
 - Pression max de service : 12 bar - Débit : 64 l/mn - Portée jet bâton : 13,5 m
- Robinet d'incendie armé DN25/8 : on les trouve surtout dans les locaux à risques particuliers.
 - Pression max de service : 12 bar - Débit : 70 l/mn - Portée jet bâton : 16 m
- Robinet d'incendie armé DN33/12 : on les trouve sur les installations classées comme sur les sites industriels.
 - Pression max de service : 9 bar - Débit : 150 l/mn - Portée jet bâton : 19 m

7.138 Extincteurs :

Un extincteur est un dispositif d'extinction d'incendie qui peut pulvériser ou diffuser des substances appropriées appelées « agents d'extinction » pour éteindre le début d'un incendie. Une série d'extincteurs portatifs ou mobiles sera fournie. Les extincteurs portables pourront être utilisés à la main pour être orientés vers la base de l'incendie. Les extincteurs mobiles seront montés sur des chariots pour permettre de lutter efficacement sur de larges zones à risque.

7.139 Les agents extincteurs :

L'eau :

Principal agent extincteur, elle peut être utilisée à l'état naturel ou avec l'adjonction d'un additif pour améliorer son pouvoir extincteur.

Mode d'action :

L'eau en jet plein :

- En refroidissement d'installation.
- Pour disperser.

L'eau en jet pulvérisé :

- En refroidissement d'installation,
- Pour abattre des gaz ou vapeurs,
- Avec émulseur pour créer de l'eau additive.

La vapeur :

La vapeur basse pression est utilisée avec la dérive de vapeur pour éteindre les feux de petite surface, elle peut être obtenue avec une lance à eau (pulvérisation d'eau sur la structure chaude).

- La vapeur se substitue à l'oxygène de l'air.
- La vapeur n'a pas d'effet derefroidissement.

La mousse :

La mousse est un agrégat de bulles plus ou moins fines formées par l'ajout de produits émulsionnés pour piéger les gaz dans le film d'eau.

Mode d'action :

- Isolement, étouffement, refroidissement, abaissement de la chaleur rayonnée.

La poudre :

Elle comprend un ou plusieurs éléments principaux auxquels on a ajouté des additifs destinés à améliorer leur caractéristique.

Mode d'action :

- Inhibition et isolement par rapport à l'air.

Le CO₂ :

Le CO₂ est un gaz plus lourd que l'air (d 1,52). Il est incolore, insipide, non toxique, mais suffocant.

Il est également non conducteur de l'électricité et non corrosif.

Mode d'action :

- Il agit par étouffement en prenant la place de l'oxygène dans l'air.

7.13.10 Types d'extincteurs :

a. Extincteurs à eau :

Conçus pour lutter contre un incendie de classe A (bois, papier, tissus).

b. Extincteurs à mousse (eau + additif) :

Utilisables pour des incendies de classe A ou B (liquides inflammables tels que pétrole, huile, solvants ou peintures ...) Les extincteurs de type AFFF (Aqueous Film Forming Foam) permettent d'éviter la reprise de l'incendie.

c. Extincteurs à poudre sèche :

Ils sont capables de couvrir un environnement assez varié et sont utilisables en toute sécurité sur des incendies liés à des équipements électriques. Les extincteurs à poudre éteignent

rapidement les incendies. Ils s'utilisent pour des incendies de classe A, B ou C.

d. Extincteurs au CO₂ :

Les extincteurs au CO₂ s'utilisent pour combattre des incendies de classe B ainsi que des appareils électriques.

Classe	Type de matériaux	Eau	Eau + additif	CO ₂	Poudre Sèche
A	Bois, papier, textiles	√	√		√
B	Liquides inflammables		√	√	√
C	Gaz inflammables				√
D	Métaux combustibles				
E	Risques électriques			√	√

Tableau 3.1 : Classe de feu

7.1.3.11 Système de sécurité incendie (SSI) :

Le système de sécurité incendie comprend tous les équipements utilisés pour la sécurité incendie. Ne collecter que toutes les informations ou commandes liées à la sécurité incendie, les traiter et les exécuter Fonctions requises pour assurer la sécurité des bâtiments ou des installations. [15]

Il comprend obligatoirement :

- Système de détection incendie (SDI).
- Les déclencheurs manuels (DM).
- L'équipement de contrôle et de signalisation (ECS).
- L'alarme (AL).

Objectif du SSI :

La mise en sécurité peut comporter les fonctions suivantes :

- Désenfumage.
- Compartimentage.
- Evacuation.
- Mise à l'arrêt de certaines installations techniques.
- Extinction automatique.

7.1.3.11.1 Système de détection incendie (SDI) :

Un système de détection incendie (SDI) est une unité faisant partie du système de sécurité incendie (SSI). Le système de détection incendie a pour objectif de détecter et de signaler le plus tôt possible l'apparition d'un sinistre afin de réduire le temps nécessaire à la mise en œuvre des mesures de lutte contre l'incendie et de limiter son impact. [15]

a. Détecteur de fumée (DF) :

Il réagit aux particules contenues dans la fumée émise lors d'un incendie et envoie un signal pour qu'une alarme (sirène) puisse être déclenchée très rapidement en cas d'incendie. Cela permet aux personnes présentes d'évacuer de manière ordonnée avant d'être arrêtées par les fumées toxiques.

b. Détecteur Avertisseur Autonome de Fumée (DAAF) :

Il est capable de détecter la présence de fumée, et en même temps de déclencher une alarme suffisamment puissante pour rappeler ou réveiller les occupants de locale afin qu'ils puissent éviter l'incendie.

c. Détecteur optique de fumée :

Il est particulièrement adapté aux feux couvrants les plus courants et prolongés (matelas, poubelles, canapés, etc.).

Détection par la réflexion du faisceau lumineux sur les particules de fumée -La zone de détection maximale est d'environ 60m²

d. Détecteur linéaire de fumée :

Particulièrement adapté aux feux à évolution lente qui produisent beaucoup de fumée. Il est détecté en mesurant l'opacité de la fumée blanche ou noire émise par le faisceau laser à travers le caisson et renvoyée par le réflecteur.

- Couvre une longue distance, évitant ainsi l'utilisation de plusieurs détecteurs.

Distance de détection jusqu'à 100m.

-

e. Détecteur de flamme infrarouge ou ultraviolet :

Particulièrement adapté aux incendies à développement rapide (produits inflammables).

- Détecter le rayonnement infrarouge ou ultraviolet émis par la flamme.

- La zone de détection maximale est d'environ 550m.

f. Détecteur de chaleur thermo vélocimétrique :

Il est particulièrement adapté aux incendies provoquant un développement rapide anormal de la température ou dépassant le seuil (60°C).

- Détecter en mesurant la température ambiante (thermistance associée au microcontrôleur).

- La zone de détection maximale est d'environ 30m²

7.1.3.11.2 Les déclencheurs manuels (DM) :

Appareil qui, à partir d'une action manuelle, émet une information à destination de l'équipement de contrôle et de signalisation du SDI.

Il doit être constitué d'une boîte rouge avec des fenêtres ou des éléments déformables. L'inscription doit être écrite en noir sur fond blanc soit directement sur la vitre, soit sur la partie interne.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations à chaque niveau, près des escaliers et au rez-de-chaussée près des sorties.

Ils doivent :

- Être placés entre 1.30 m à 1.50 m du sol.
- Être non dissimulés par un ventail de porte.
- Ne pas faire une saillie supérieure à 0.10m.

7.1.3.11.3 L'équipement de contrôle et de signalisation (ECS) :

Il s'agit d'un pavé numérique qui permet de localiser avec précision le lieu d'intervention, grâce à l'adresse correspond à un détecteur automatique ou à un déclencheur manuel.

7.13.12 Désenfumage :

Le désenfumage consiste à évacuer une partie de la fumée générée par l'incendie en formant une hauteur d'air libre sous la couche de fumée.

Le but est de :

- ❖ Faciliter l'évacuation des occupants.
- ❖ Limiter la propagation de l'incendie.
- ❖ Permettre l'accès des locaux aux pompiers.

Le désenfumage va consister à contrôler les fumées suivant deux principes :

- ❖ Balayage : Évacuer la fumée et l'air chaud et inhaler de l'air frais, ce qui aidera à réduire la température de la chambre de combustion.
- ❖ Réduisez la pression dans la zone touchée en établissant un niveau de pression avec les locaux adjacents pour empêcher la propagation de la fumée.

Différents types de désenfumage :

On distingue 3 types de désenfumage :

- ❖ Désenfumage des grands volumes ou locaux.
- ❖ Désenfumage des circulations horizontales.
- ❖ Désenfumage des escaliers.

Désenfumage des grands volumes ou locaux :

➤ Désenfumage naturel/naturel :

C'est le plus couramment utilisé. Il est constitué d'ouvertures en toiture et d'ouvertures en façade complétées par des entrées d'air.

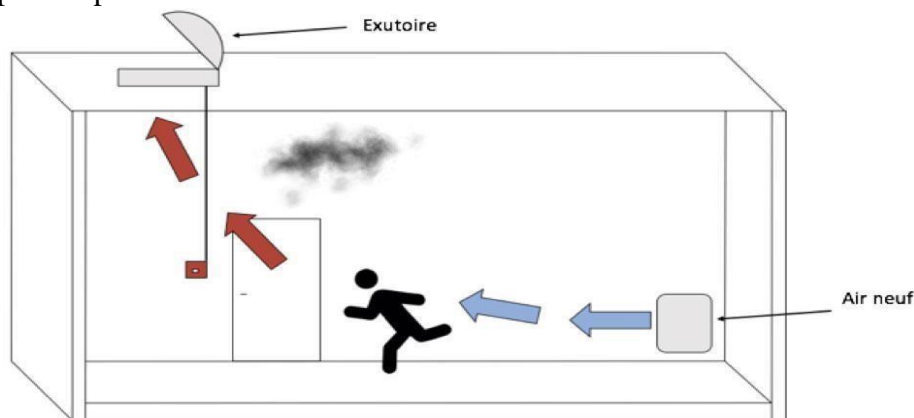


Figure 3.1 : Désenfumage naturel

➤ Désenfumage naturel/mécanique :

C'est généralement le cas lorsqu'il n'est pas possible de fumer naturellement. Associez ensuite l'extracteur mécanique.

➤ Désenfumage mécanique/mécanique :

La disposition est la même que celle du désenfumage naturel/mécanique. L'entrée d'air se fait par soufflage mécanique. Afin de respecter les règles de pression nominale, il faut veiller à souffler un

débit inférieur au débit d'extraction.

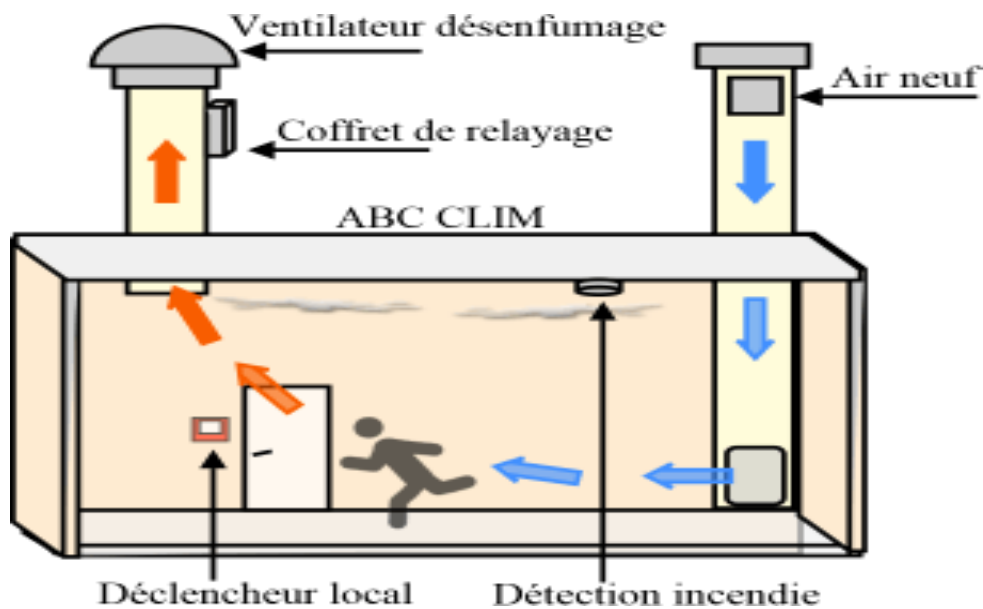


Figure 3.2 : Désenfumage mécanique [16]

7.13.13 Compartimentage :

Le compartimentage est un système de protection incendie. Sa fonction principale est d'empêcher la propagation du feu et de ses fumées toxiques dans le délai imparti.

Les objectifs du compartimentage :

Les objectifs de cloisonnement vont permettre quatre actions primordiales :

- ❖ Faciliter l'évacuation des personnes vers un lieu protégé de l'incendie
- ❖ Simplifier l'accès aux secours
- ❖ Eviter que le feu ne se propage
- ❖ Limiter les dégradations du lieu et des biens matériels.

Les solutions possibles en termes de compartimentage :

De nombreuses solutions sont envisagées dans le compartimentage. Il existe des systèmes de verrouillage simples et fiables, tels que :

- ❖ Les rideaux coupe-feu ou les portes coupe-feu qui peuvent être battantes, coulissantes, vitrées.
- ❖ Les clapets et les volets de désenfumage qui viennent compléter les solutions de compartimentage.

La résistance au feu :

On parle des "degrés" de résistance au feu, qui sont attribués aux éléments selon deux critères :

- ❖ Qualitatif, de l'élément vis-à-vis du feu.
- ❖ Quantitatif, est le temps pendant lequel l'élément va conserver cette propriété qualitative.

- Il existe trois degrés de résistance au feu, du plus « faible » au plus « résistant » :

- Stable au Feu (SF) : Un élément Stable au Feu (SF) possède une Résistance Mécanique (RM).
- Pare Flamme (PF) : Un élément Pare Flamme (PF) possède une Résistance Mécanique (RM) ainsi qu'une Etanchéité aux Flammes, fumées et gaz chauds (EF).
- Coupe-Feu (CF) : Un élément Coupe-Feu (CF) possède une Résistance Mécanique (RM) ainsi qu'une Etanchéité aux Flammes, fumées et gaz chauds (EF) et qu'une Isolation Thermique (IT).

Critères	Classe		
Résistance mécanique	SF	PF	CF
Etanchéité			
Isolation thermique			

Tableau 3.2 : classe des résistances de feu.

Stabilité au feu de divers matériaux :

Matériaux d'origine minérale D'une manière générale, les pierres ne sont pas combustibles. Cependant, lorsqu'elles sont soumises à de fortes variations de température, certaines sont sujettes à la rupture et à l'éclatement.

- Les matériaux cuits : Les matériaux à base d'argile ont une résistance thermique plus élevée après une cuisson à haute température. Cependant, les briques rétréciront, ce qui entraînera l'effondrement du mur chauffant simple face.
- Le fer et l'acier : L'acier gonfle sous l'action de la chaleur et présente une résistance au feu et une stabilité médiocre.
A partir de 200°C, la résistance au feu commence à baisser. Au-dessus de 500° à 800°C, il devient nul. Cette température sera atteinte rapidement en cas d'incendie. La tôle d'acier se déforme et cède sous l'action de la chaleur, entraînant un effondrement complet Ou partie d'un immeuble. Par expansion, la poutre métallique peut déplacer les murs et les planchers.
- Le bois : Le comportement du bois au feu dépend de sa taille, de son type et de Son taux d'humidité. Le bois dur et dense comme le chêne est plus difficile à allumer que le feu Liège, comme le sapin. Le bois de grande section (plus de 60 mm) brûle lentement sans déformation et peut conserver une bonne résistance au feu plus longtemps. [16]

7.2 Risque d'explosion :

Il existe un risque d'explosion dans les installations qui produisent, utilisent ou stockent des gaz, des liquides ou des poussières inflammables dégageant des gaz, des vapeurs, des brouillards (gouttelettes de liquide) ou des poussières susceptibles de former un mélange explosible avec l'air.

En règle générale, les explosions comptent peu dans le nombre total des accidents du travail. Toutefois, leurs conséquences humaines sont lourdes et justifient à elles seules des mesures de prévention et de protection qui peuvent être importantes.

7.2.1 Le phénomène d'explosion :

Une explosion est « la transformation rapide d'un système matériel donnant lieu à une forte émission de gaz, accompagnée éventuellement d'une émission de chaleur importante ». [13]

Six conditions à réunir simultanément pour qu'une explosion ait lieu :

- Présence d'un combustible.
- État particulier du combustible, qui doit être sous forme de gaz, de brouillard ou de poussières en suspension dans l'air.
- Présence d'un comburant.
- Présence d'une source d'inflammation.
- Obtention d'un domaine d'explosivité.
- Confinement suffisant.

Remarque : Le confinement n'est pas une condition indispensable mais représente un facteur aggravant du phénomène d'explosion et des risques associés.

7.2.2 Le domaine d'explosivité :

La plage de concentration de carburant dans l'air, dans laquelle le mélange est susceptible d'exploser en présence d'une source d'inflammation. Le domaine d'explosivité est défini par LIE (limite inférieure d'explosivité) et LSE (limite supérieure d'explosivité).

- Limite inférieure d'explosivité : Limite inférieure d'explosivité (LIE) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières dans l'air est la concentration minimale dans le mélange au-dessus de laquelle celui-ci peut exploser.
- Limite supérieure d'explosivité : Limite supérieure d'explosivité (LSE) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières dans l'air est la concentration maximale dans le mélange au-dessous de laquelle celui-ci peut exploser.

7.2.3 Les conséquences d'une explosion :

Une explosion a pour conséquence d'entraîner une augmentation brutale de pression (effet de souffle) accompagnée de flammes.

Cet effet de souffle a des effets brutaux et dévastateurs sur les bâtiments (bris de glace, effondrement, fragilisation des structures...) et sur l'homme (rupture du tympan, lésions graves aux oreilles et aux poumons, ...):

- A partir de 0.1 bar : des bris de vitre et des dommages aux des structures.
- A partir de 0.2 bar : une rupture du tympan.
- Au-delà de 2 bar : la mort immédiate.

7.2.4 Les atmosphères explosibles (ATEX) :

Une atmosphère explosible (ATEX) est une atmosphère qui pourrait devenir explosive en raison des conditions locales ou/et opérationnelles.

C'est un mélange d'air et de substances inflammables, gaz, vapeur, brouillard ou poussière. Après avoir été enflammé, la combustion se propagera à l'ensemble du mélange non brûlé.

Les conditions pour la présence d'une ATEX :

Deux conditions doivent être réunies pour qu'il y ait explosion :

- 1) Nécessite un comburant et du carburant. Dans le mélange formant ATEX, l'oxygène de l'air est le comburant, et les substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de poussière sont le carburant.
- 2) Le mélange doit être explosif. ATEX explose en fournissant une source d'inflammation, qui peut être une source d'énergie suffisamment importante (telle qu'une étincelle mécanique ou électrique) ou une température suffisamment élevée (telle qu'une surface chaude).

Les conditions d'explosion d'un gaz :

Pour être explosif, le mélange ne doit être ni trop pauvre, ni trop riche en combustible.

Pour être dans son domaine d'explosivité, le mélange avec l'air doit remplir la condition suivante :

- ✓ $LIE < \text{Concentration de la substance inflammable dans le mélange} < LES$

Les conditions d'explosion des vapeurs :

Dans le cas des vapeurs, la température du liquide inflammable doit être suffisante pour émettre assez de vapeurs.

Pour être dans son domaine d'explosivité, le mélange avec l'air doit remplir la condition suivante :

- ✓ $\text{Température de liquide} > \text{Point éclair}$

Point éclair : Température la plus basse à laquelle un liquide ou un solide dégage de la vapeur ayant une concentration tel que lorsque cette vapeur se mélange avec l'air près de la surface du liquide ou du solide, il se forme un mélange inflammable.

Mesures de prévention et de protection :

Le risque d'explosion doit être éliminé chercher en limitant le nombre et le nombre d'occurrences atmosphère explosive et en agissant sur les sources d'inflammation.

Éviter la formation d'une ATEX :

Parmi les différentes mesures que l'on peut adopter, des actions peuvent être retenues concernant :

1) Les combustibles :

- Remplacer le produit combustible par un autre incombustible ou moins combustible.
- Utiliser un liquide combustible à une température d'au moins 15 degrés inférieure à son point d'éclair.
- Maintenir la concentration du combustible hors de son domaine d'explosivité (de préférence en dessous de la LIE) par :
 - Captage des vapeurs ou des poussières par aspiration au plus près de leur source d'émission.
 - Dilution de l'air.
 - Contrôle des concentrations en combustible par la mise en place d'un dispositif de détection et de surveillance vérifié et calibré régulièrement.

2) Le comburant : Mettre dans un état inerte. Introduction gaz inertes (tels que l'azote) proportion suffisante dans une atmosphère pleine de substances combustibles provoquer un appauvrissement en oxygène Cela rend l'inflammation impossible.

3 Chapitre 3 : Evaluation des risques et application d'AMDEC

Supprimer les sources d'inflammation :

Différentes mesures peuvent être mises en œuvre, telles que des :

1) Actions sur le procédé :

- Par refroidissement des réactions chimique, des échauffements dû à la compression des gaz.
- Capture d'éléments métalliques (via séparateur Magnétique) ou grand élément (par le séparateur de boîte de gravité Joint) peut générer une source d'inflammation.

2) Contrôle :

- Par les détecteurs d'élévation de température, de pression...
- Par la thermographie à infrarouge.
- Par le détecteur CO (monoxyde de carbone, dont la présence indique une réaction de combustion).
- Par les systèmes de contrôles de la vitesse de défilement ou de déport des bandes transporteuses, de bourrage, de rotation...

3) Procédures :

- Le mode opératoire d'exécution.
- Les permis de feu pour les travaux par points chauds.
- L'autorisation de travail validée par une personne compétente désignée par l'employeur.
- Port d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés.

4) Actions sur les appareils :

- Utilisation d'outillage anti-étincelant.
- L'établissement de liaisons équipotentielles et mise à la terre des installations pour faciliter Le flux de charge statique et éviter Leur cumul.

Les appareils électriques et non électriques doivent être conformes à la réglementation relative à la conception des appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive.

Limitier les effets d'une explosion d'ATEX :

Les mesures de protection visent à atténuer les effets des explosions, si la formation de l'atmosphère explosive et son inflammation n'ont pu être empêchées.

Différentes mesures peuvent être mises en œuvre, telles que des :

1) Mise en place de systèmes de protection :

- Les événements d'explosion (actions sur le confinement).
- Système d'extinction automatique.
- Les appareils résistant à la surpression d'explosion.
- Systèmes de découplage technique (système qui empêche une explosion de se propager au reste de l'installation) par les arrête-flammes, les écluses rotatives, les vannes à fermeture rapide...

2) Actions sur la configuration des locaux :

- La résistance des matériaux (toiture en matériaux fragiles...).
- La conception et la construction des locaux, en choisissant des matériaux adaptés et résistants au feu.

Mesures organisationnelles, formation, information :

1) Signalisation et signalétique :

Les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se former sont signalés au niveau de leurs accès par le panneau d'avertissement.



Figure 3.3 : panneau d'avertissement zone explosive

2) Formation du personnel :

La formation à la prévention des risques d'explosion d'ATEX est un élément indispensable de la démarche de prévention. Il est essentiel que la formation soit faite par une personne compétente quel que soit leur statut (nouvel embauché, intérimaires, CDD, CDI, prestataire extérieur...). Il est nécessaire que les consignes de sécurité de l'établissement soient établies en prenant en compte la présence des zones ATEX.

3) Formalisation des interventions :

Dans le cadre de la prévention des risques, il est essentiel de formaliser les démarches d'interventions faites aussi bien par du personnel interne que par des entreprises extérieures (bon d'intervention, permis de feu...). Par ailleurs, en amont d'une intervention dans ou à proximité d'une zone ATEX, un plan de prévention est élaboré avec, le cas échéant, la nécessité de rédiger un permis de feu le jour de l'intervention.

Le classement des zones ATEX :

Les zones sont des espaces tridimensionnels délimités et classés en fonction de la fréquence et de la durée d'apparition d'une ATEX. Le classement en zone s'effectue toujours sous la responsabilité du chef d'établissement.

<i>Probabilité d'une ATEX</i>	<i>Haute</i>	<i>Moyen et faible</i>	<i>Très faible</i>	<i>Improbable</i>
<i>Définition</i>	Emplacement où une atmosphère explosive est présente en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.	Emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal	Emplacement où une atmosphère explosive n'est pas susceptible de se présenter fonctionnement normal ou si elle présente néanmoins, n'est que court durée (fonctionnement anormal prévisible)	Emplacement non dangereux
<i>Gaz et vapeur</i>	ZONE 0	ZONE 1	ZONE 2	Hors ZONES

Tableau 3.3 : classement des zones ATEX [18]

7.2.4 Stockage d'hydrogène

L'hydrogène est un gaz incolore, inodore, non toxique et non corrosif susceptible de générer en particulier, un risque d'asphyxie (anoxie), un risque thermique et un risque explosif.

Les mélanges hydrogène / air peuvent, dans certaines conditions s'enflammer sous l'action de sources d'ignition contenant très peu d'énergie : un simple phénomène d'électricité statique par exemple, peut suffire à provoquer une ignition.

Lorsqu'il est stocké en bouteille sous pression, l'hydrogène est identifiable au travers de :

- La tête de l'ogive de couleur rouge (inflammable) ;
- L'étiquette banane sur laquelle figurent les renseignements relatifs au gaz et au producteur.

Risque explosif présenté par l'hydrogène

La Plage d'explosivité de l'hydrogène est très large, si l'on considère que les limites d'inflammabilité sont similaires¹⁶ aux limites d'explosivité.

La vitesse de propagation de la flamme permet de déterminer la nature du régime énergétique de l'explosion :

- Soit la déflagration : le front de flamme se déplace à une vitesse subsonique, les gaz frais sont alors comprimés par l'expansion du volume.
- Soit la détonation : la vitesse de propagation de la flamme est supersonique.

Procédure d'intervention et prévention

- Former et informer les salariés
- Prendre contact avec le responsable sécurité de l'installation pour obtenir des précisions sur l'incident.

- Prendre en compte le risque d'explosion de l'H₂ dans les locaux confinés.
- Interdire les appareils électriques ou électroniques non ATEX dans la zone d'exclusion (téléphones portables, Bip, postes radio...).
- Effectuer des relevés d'explosimétrie (du haut vers le bas de l'installation ou du stockage)
- La surveillance de stockage des bouteilles d'H₂
- Effectuer des relevés de points chauds ou de température à l'aide de moyens adaptés de type caméra thermique ou pyromètre, sur les stockages d'H₂
- La phase de surveillance cesse dès lors que l'on constate que les actions visant aux mesures d'extinction se sont avérées efficaces. [19]

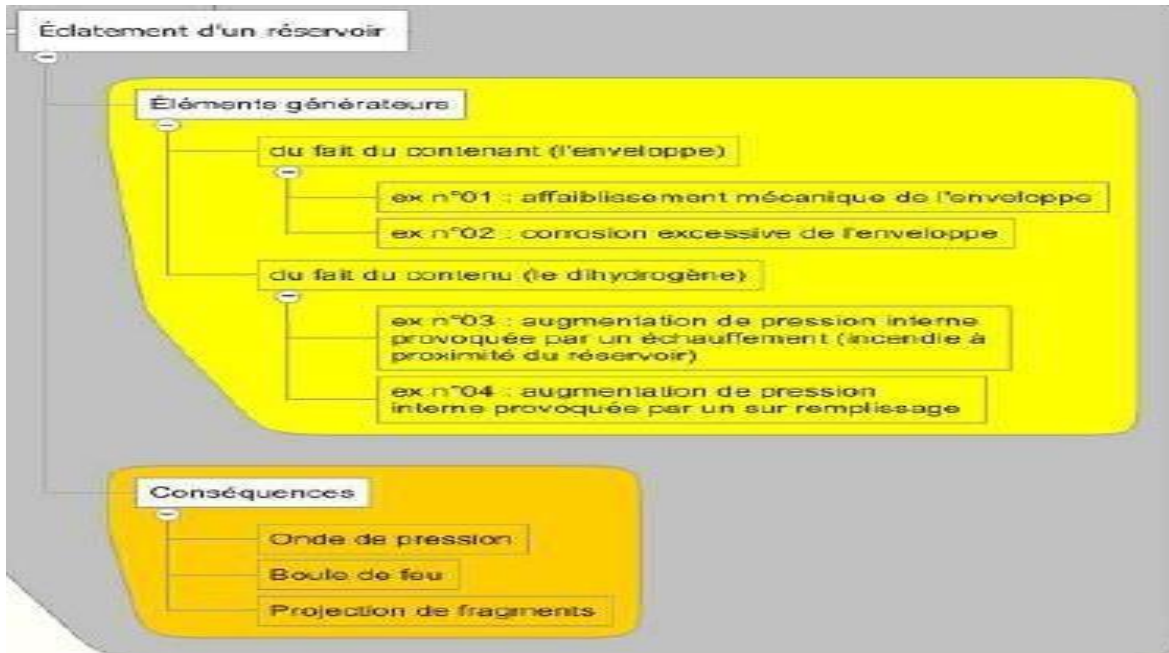


Figure 3.4 : scénario éclatement d'un réservoir [19]

7.3 Risques électriques :

7.3.1. Définition :

C'est la quantité d'électricité accumulée dans le corps humain qui provoque l'électrisation ou l'électrocution.

- L'électrisation : Elle correspond au passage du courant électrique dans le corps humain, elle provoque des lésions par fois grave.
- L'électrocution : Elle dessine la mort immédiate consécutive à l'électrisation.

Le risque électrique peut causer des lésions ou la mort par le choc électrique ou brûlure pouvant résulter. Lorsqu'il traverse le corps humain, le courant électrique peut provoquer des graves effets contraction téτανisation musculaire, paralysé, respiration, brûlure interne et externe, fibrillation cardiaque, mort.

7.3.2 Statistiques d'accidents d'origine électriques :

En Algérie il est difficile d'obtenir des statistiques sur les accidents électriques par manque d'enquêtes, d'études et d'organismes de statistiques développés Mais à travers les statistiques de France présentées dans ce qui suit, on peut se faire une idée sur la situation Qui peut exister en Algérie.

En France. Le nombre d'accidents du travail d'origine électrique est passé de 2793 en 1975 à 771 en 2008. Il en va de même pour les accidents graves dont le nombre recule de 360 en 1975 à 82 en 2008. Cette tendance traduit une plus grande maîtrise des risques, mais l'analyse de gravité rappelle la gravité particulière : les accidents électriques sont 15 fois plus mortels que les accidents ordinaires.

Accidents dus à l'électricité			
Année	AT - arrêt	AT - IP	Décès
2008	771	82	9
2007	838	86	11
2006	834	74	11
2005	802	90	5
2004	865	79	22
2003	837	87	6
2002	915	97	8
2001	876	69	16
2000	888	84	12
1999	861	81	11
1998	896	89	9
1997	906	86	17
1996	916	99	19
1995	930	122	12
1990	1308	177	35
1985	1306	185	42
1980	1883	247	50
1975	2793	360	67
1970	3449	361	?

Tableau 3.4 : historique d'accidents dus à l'électricité[20]

AT – arrêt : accidents du travail avec arrêt

AT – IP : accidents ayant entraîné une incapacité permanente

Secteurs les plus touchés :

En 2008, on comptait 771 accidents d'origine électrique. Les salariés les plus touchés :

- Le secteur du bâtiment et des travaux publics (30 %),
- La métallurgie (17 %),
- Les activités de service et du travail temporaire (16 %),
- L'alimentation (11 %).

Types de contact :

- 75 % des accidents d'origine électrique sont dus à des contacts directs.
- 20 % sont dus à des contacts indirects.
- 5 % non précisés.

Les statistiques de plusieurs années montrent que les pourcentages sont relativement constants.

On note que :

- Plus du tiers des lésions sont de localisations multiples,
- Les yeux, les membres supérieurs, les mains sont les plus touchés,
- 60 % des lésions des brûlures,
- 6 % des lésions sont internes.

7.3.3 Les formes du risque électrique :

7331 Les conducteurs en triphasé :

Le câble de distribution triphasé dans le domaine basse tension est composé de 3 à 5 fils. Trois conducteurs sont utilisés comme fils de phase, et le quatrième et/ou le cinquième sont utilisés comme fils neutres et conducteurs de protection.

Seul le conducteur de protection ne transporte pas normalement l'énergie électrique ; c'est le seul conducteur à ne pas être considéré comme conducteur actif.

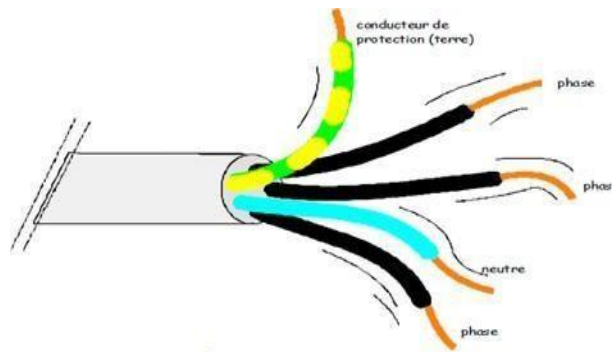


Figure 3.5 : conducteur en triphasé

En BTA, la différence de potentiel entre 2 phases est généralement : $U = 400 \text{ V}$ En BTA, la différence de potentiel entre 1 phase et la neutre est alors $V = 230 \text{ V}$ En BTA, la différence de potentiel entre 1 phase et le conducteur de protection ou la terre est aussi 230 V .

L'origine de l'accident dépend des types de contact entre la personne et l'élément sous tension. Ces types de contact sont de deux sortes :

7332 Contact direct :

C'est le contact d'une personne avec les parties actives des matériels normalement sous tension.

7333 Contact indirect :

C'est le contact d'une personne avec une masse mise accidentellement sous tension suite à un défaut d'isolement et dont le potentiel serait susceptible de dépasser :

- 25 V dans les locaux ou sur des emplacements de travail mouillés,
- 50 V pour les autres locaux ou emplacement de travail



Figure 3.6 : contact indirect



Figure 3.7 : contact direct

7.3.4 Domaines de tensions :

La très grande majorité des accidents ont lieu en basse tension

Domain de tension	Courant alternatif	Courant continue
TBT	$U \leq 50$ volts	$U \leq 120$ volts
BTA	$50 < U \leq 500$ v	$120 < U \leq 750$ v
BTB	$500 < U \leq 1000$ v	$750 < U \leq 1500$ v
HTA	$1000 < U \leq 50$ kv	$1500 < U \leq 75$ kv
HTB	$U > 50$ kv	$U > 75$ kv

Tableau 3.5 : Domaines de tensions.

7.3.5 Les risques majeurs d'accident d'origine électrique :

Il existe trois risques majeurs d'accident d'origine électrique, sont :

A. Le choc électrique :

- Electrisation : Choc électrique sans suite mortelle.
- Electrocution : Choc électrique avec suite mortelle. Ou bien électrisation mortelle.
- Brulure interne : Le choc électrique provoque le passage du courant dans le corps humain, avec échauffement et brûlures des tissus internes par effet Joule.

B. Le court-circuit :

Un court-circuit résulte d'une liaison accidentelle entre deux pièces conductrices présentant entre elles une différence de potentiel. Le courant de court-circuit qui en résulte est dangereux : il peut atteindre, selon l'emplacement où il se produit, une intensité très élevée (50 kA et plus).

Chapitre 3 : Evaluation des risques et application d'AMDEC

- Brulures externes : Le cuivre en fusion est projeté autour du point de court-circuit et provoqué des brulures au niveau de la peau.
- Rayonnements ultra-violets : La flamme du court-circuit émet des rayonnements ultra-violets très néfastes pour l'œil humain.
- Emanations : La chaleur du court-circuit brûle également les matières plastiques qui produisent des émanations, fumées et des gaz toxiques.

C. Autre risque :

Lors des accidents électriques tels que ci-dessus, il peut survenir des conséquences tout aussi graves sans choc électrique.

- 1) Incendie : On dit que 30% des incendies sont causés par l'électricité. Les raisons principales sont :
 - L'échauffement des câbles dû à une surcharge.
 - Le court-circuit entraînant un arc électrique.
 - Un défaut d'isolement conduisant à une circulation anormale du courant entre récepteur et masse ou entre récepteur et terre.
 - Des contacts défectueux (de type connexion mal serrée ou oxydée) entraînant une résistance anormale et un échauffement.
 - La foudre.
 - Une décharge électrostatique.
- 2) Explosion : La chaleur ou le début d'incendie peut engendrer une explosion des produits sensibles. Certains facteurs peuvent aggraver la probabilité d'occurrence du risque d'explosion :
 - Une ventilation insuffisante,
 - Le stockage de matériaux explosifs, inflammables à proximité d'installations électriques,
 - L'empilage des câbles empêchant l'évacuation de la chaleur.
- 3) Chute, chocs : Lors d'un accident électrique, la personne peut avoir une réaction de réflexe incontrôlée, peut se blesser dans un mouvement de recul, peut chuter de sa hauteur ou d'une plateforme. Un décès par chute suite à un incident électrique est classé comme accident électrique.

7.3.6 Les principaux facteurs d'accidents d'origine électrique :

- Un mode opératoire inapproprié ou dangereux.
- Utilisation inappropriée du matériel (appareil portatif, prolongateur ...).
- Non-respect des règles de sécurité lors de la conception ou modification d'une installation électrique.
- Non-respect des distances de sécurité par rapport aux pièces nues sous tension.
- Mauvais état du matériel et des isolants en particulier (détérioration, coupure ...).
- Mauvais état du sol.
- Une formation insuffisante sur l'utilisation des matériels et sur les risques.

7.3.7 Les effets du courant électrique sur le corps humain :

Le corps humain est un conducteur de courant électrique. Lorsque le courant électrique traverse le corps humain, plusieurs effets peuvent se présenter :

Effet thermique :

On admet généralement que les brûlures électriques provoquées par le passage du courant peuvent se manifester pour des intensités relativement faibles, de l'ordre de 10 mA, si le contact est maintenu quelques minutes.

Effet tétanisant :

Lorsque la tension est alternative, les muscles intéressés par le trajet du courant se contractent ; Par exemple, la main est invinciblement serrée sur le conducteur, empêchant ainsi tout relâchement volontaire du sujet sous la tension du générateur.

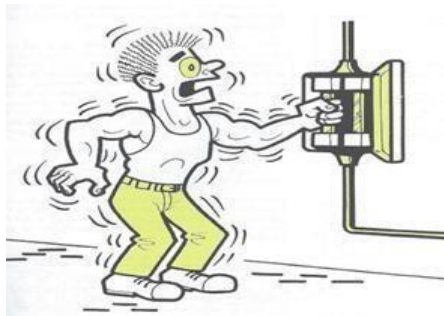


Figure 3. 8 : effet tétanisant

Effet respiratoire et circulatoire :

Si l'intensité du courant traversant le corps humain atteint 20 mA, 60 secondes suffisent pour bloquer la respiration par la contraction du diaphragme et des muscles respiratoires. C'est l'étouffement ou la syncope bleue.

La fibrillation ventriculaire se produit au même ordre de grandeur : elle est causée par une contraction incontrôlée des fibrilles myocardiques. Les battements rapides et désordonnés du cœur ne maintiennent plus le flux sanguin. C'est une syncope cardiaque ou une syncope blanche.



Figure 3.9 : effet respiratoire

Effets du courant alternatif :

<u>Effets du passage du courant alternatif</u>		
Intensité	Perception des effets	Temps
0,5 à 1 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réactions brutales	
10 mA	Contraction des muscles des membres	4 mn 30
20 mA	Début de téτανisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	Paralysie ventilatoire	30 s
40 mA	Fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	Fibrillation ventriculaire	1 s
300 mA	Paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	Fibrillation ventriculaire	100 ms
1 000 mA	Arrêt cardiaque	25 ms
2 000 mA	Centre nerveux atteints	Instantané

Tableau 3.6 : effets du courant alternatif [21]

Effet du courant continu :

EFFETS DU COURANT CONTINU



Figure 10 : effet du courant continu [21]

7.3.8 Les facteurs qui peuvent aggraver les blessures :

Les muscles, le cœur et le cerveau fonctionnent grâce à des signaux électriques très faibles. Par conséquent, leurs fonctions peuvent être perturbées par des courants électriques qui pénètrent accidentellement dans le corps. De plus, le courant électrique génère de la chaleur, qui peut détruire divers tissus du corps. Plusieurs facteurs influent sur la gravité de la blessure.

a. L'intensité du courant électrique :

La gravité des blessures sera proportionnelle à l'intensité du courant électrique qui traverse le corps. L'intensité varie selon la résistance électrique des différents tissus et organes du corps, de l'habillement, etc. et de la tension électrique avec laquelle le corps entre en contact. Plus la résistance est faible, plus l'intensité du courant est élevée. Plus la tension est élevée, plus l'intensité du courant est élevée.

b. Le trajet du courant :

Le trajet du courant dans le corps n'est pas précis. Il varie, entre autres, selon les parties du corps qui entrent en contact avec des composantes sous tension.

c. La durée de passage du courant :

Plus l'exposition au passage de courant est longue, plus les blessures risquent d'être importantes. Pour une même intensité, la durée de passage du courant peut transformer une simple électrisation en une électrocution.

d. La surface de contact :

La résistance électrique diminue avec l'augmentation de la surface de contact avec un élément sous tension. Par exemple, la résistance au contact avec la paume est bien inférieure à la résistance au contact avec le bout des doigts.

e. Les caractéristiques physiologiques de la personne :

Les femmes ressentent généralement les effets d'un courant plus faible que les hommes. D'autre part, les mains moites offrent une résistance électrique plus faible que les mains sèches ou calleuses (peau avec des « cornes »).

À titre indicateur, la résistance (impédance) totale du corps peut varier de 500 Ω à 10 000 Ω selon différents paramètres (peau, trajet du courant, surface de contact, tension de contact).

7.3.9 La prévention du risque électrique :

La prévention des risques électriques s'appuie sur les dispositions réglementaires du Code du travail. Elle concerne la sécurité des installations et équipements électriques dès leur conception. Le but est d'éviter tout contact direct ou indirect avec des pièces sous tension exposées ou des pièces chargées accidentellement. Dans De plus, l'équipement doit être conforme à la réglementation pour protéger les utilisateurs.

a. Protection contre les contacts directs :

Pour prévenir les contacts directs il existe plusieurs moyens :

- Éloignement : La distance d'éloignement dépend de l'environnement (chantier, locaux de production...) et de la valeur de tension.
- Barrière ou enveloppe : Elles constituent un obstacle (écran, caissons, armoires...) avec un degré de protection minimum (IP2X ou IPXXB en basse tension, IP3X ou IPXXC en haute tension) et ne peut être ouvert qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil.
 - Isolation des parties actives : celle-ci recouvre d'un isolant les parties actives des matériels et ne peut être enlevée que par destruction.
 - Très basse tension : celle-ci peut être de type très basse tension de sécurité (TBTS) ou de type très basse tension de protection (TBTP).

b. Protection contre les contacts indirects :

Pour prévenir les contacts indirects il existe plusieurs moyens :

- Mise à la terre des masses avec coupure automatique de l'alimentation.
- Double isolation ou isolation renforcée.
- Très basse tension comme pour la protection contre les contacts directs.

c. Protection contre les surintensités :

La surintensité est le risque accru de courant circulant dans les conducteurs ou absorbé par les récepteurs (moteurs, radiateurs, etc.). Il existe deux types de surintensités :

- Les surcharges qui résultent de l'augmentation de la charge,
- Les courts-circuits qui résultent de contacts d'impédance quasi nulle entre des éléments conducteurs portés à des potentiels différents.

Il y a des disjoncteurs, des relais thermiques ou des fusibles dans le circuit, qui peuvent déconnecter le circuit lorsque le courant dépasse, réduisant ainsi le risque. Déterminer la valeur donnée du temps.

7.3.10 Travail sous tension :

Les travaux sous tension comprennent l'exécution en toute sécurité des opérations électriques, de la maintenance à la modification des circuits qui restent sous tension.

Exemples de travail au voisinage de parties sous tension :

- Nettoyer les installations à courant fort dans les zones voisines.
 - Mise en place ou suppression d'écrans d'origine avec emplacement de l'exécutant dans la zone de voisinage.
 - Travaux sur des lignes de mesure, de réglage et de commande propres à l'exploitation ainsi que sur des circuits de mesure dans la zone de voisinage.
 - Vérifications dans la zone de voisinage.
 - Mesures dans la zone de voisinage.
- Les risques potentiels :
- Electrisation /Douleurs.
 - Electrocuton.
 - Brûlures directes du corps humain.
 - Brûlures ou asphyxie suite un incendie.
 - Chutes de personnes suite à une électrisation.
- Les mesures préventives :
- L'intervention sur un équipement électrique ne se fait qu'après son isolement et sa consignation.
 - La consignation électrique avec une condamnation à l'aide d'un cadenas est obligatoire équipement.
 - Contrôler l'absence de tension avant d'intervenir sur une installation ou Réaliser correctement la mise à la terre.
 - L'éclairage à l'intérieur des capacités doit être de type ADF la tension électrique doit être au plus 24 Volts.
 - Les prises et connexions doivent être en bon état.
 - Former et informer les travailleurs sur les risques des travaux sous tensions.

7.3.11 Les équipements de protection et de sécurité :

Les équipements de protection et de sécurité sont essentiels pour l'exécution en toute sécurité détaches afin de protéger la sécurité des personnes face aux risques potentiels.

a. Les équipements de protection individuelle (EPI) :

Les équipements de protection individuelle (EPI) font partie intégrante de la sécurité électrique. Ils sont définis par le code du travail comme des « dispositifs ou moyens portés par une personne en vue de la protéger contre les risques susceptibles de menacer sa santé et sa sécurité ».

Conditions d'utilisation :

Les EPI doivent :

- Être conformes aux prescriptions de la réglementation et aux normes quand elles existent.
- Faire l'objet du marquage de conformité CE.
- Compatibles entre eux si la situation de travail nécessite l'utilisation combinée de plusieurs EPI, et conserver la même efficacité de chaque équipement.
- Changés après dépassement de la date limite d'utilisation ou détérioration.
- Accompagnés d'une notice d'utilisation, ainsi que d'un certificat de conformité.

➤ Le casque isolant et antichoc :

Il doit être utilisé chaque fois qu'il y a risque de chute d'objets ou de heurt, ou risque de contact électrique au niveau de la tête (travaux lors d'opérations électriques aériennes, locaux exigus ou tranchées).

➤ Les gants isolants :

Les gants isolants ont pour but de protéger les mains contre les risques de contact direct avec des pièces nues sous tension.

Si le travail à effectuer présente des risques de rayures, déchirures ou perforations, il est nécessaire de les recouvrir de gants de protection mécanique.

➤ L'écran facial anti-UV :

L'écran facial a pour but de protéger les yeux contre les projections de particules solides, les arcs électriques, des courts-circuits et les émissions d'ultra-violet (UV).

Il est obligatoire pour toutes les opérations comportant un risque d'accident oculaire (travaux au voisinage, mesurages, etc.).

➤ Les chaussures ou les bottes isolantes de sécurité :

Ces chaussures ont pour but d'isoler l'opérateur du sol afin qu'il ne soit pas traversé par un courant électrique venant d'un retour à la terre par les pieds, en cas de contact direct ou indirect.

➤ Le vêtement de protection isolant :

Ce vêtement a pour but d'isoler l'opérateur en cas de contact direct ou indirect avec le courant électrique

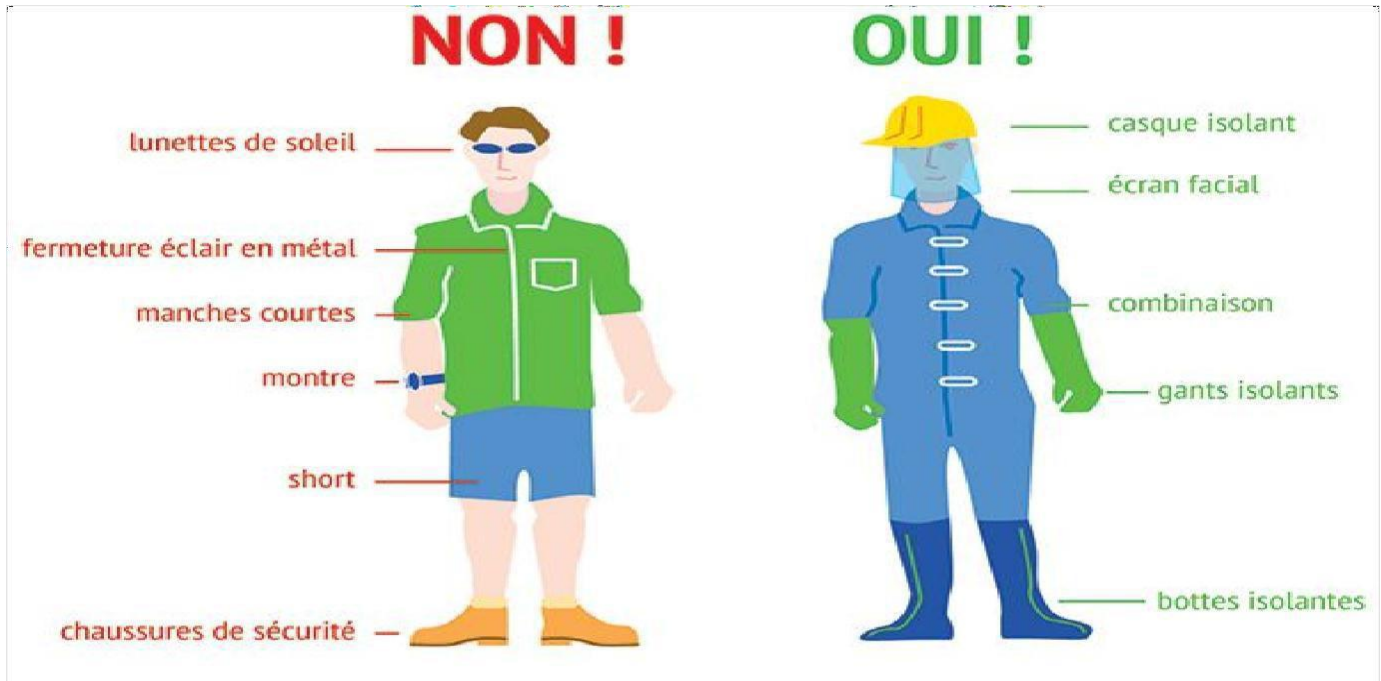


Figure 3.11 : les équipements de protection individuelle [22]

b. Les équipements individuels de sécurité (EIS) :

➤ Le tapis isolant :

Lorsqu'une isolation par rapport à la terre est requise, les tapis isolants sont un complément indispensable aux chaussures à semelles isolées.



Figure 3.12: tapis isolant

➤ Le tabouret et l'échelle isolants :

Un tabouret isolant ou une échelle isolante a pour but d'isoler l'opérateur du sol afin qu'il ne soit pas traversé par un courant électrique venant d'un retour à la terre par les pieds, en cas de contact direct ou indirect.



➤ Les perches isolantes :

Ils sont conçus pour isoler l'opérateur des pièces sous tension exposées. Ils permettent l'opérateur respecte la distance de sécurité entre la structure sur laquelle il opère.



➤ Les outils à mains isolants et isolés :

Les outils à main isolés sont conçus pour empêcher les utilisateurs de toucher les pièces conductrices et limiter la formation d'arcs.

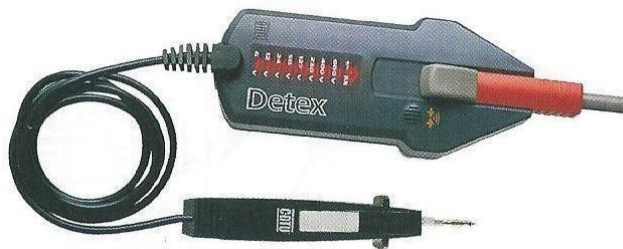


➤ Le vérificateur d'absence de tension (VAT) :

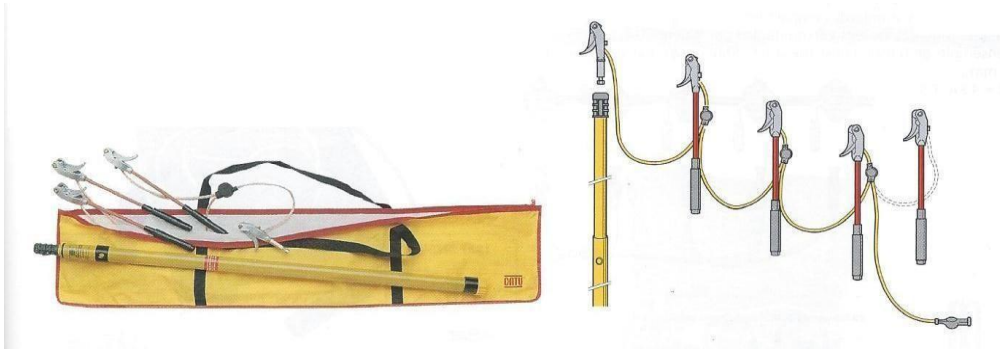
C'est un détecteur de tension conçu spécifiquement pour vérifier l'absence de tension. Il est obligatoire de vérifier son bon fonctionnement.

Il faut vérifier son bon fonctionnement immédiatement avant et après chaque opération. Il est interdit d'utiliser un appareil de mesurage pour réaliser une vérification d'absence de tension.

➤ L'équipement de mise à la terre et en court-circuit :



L'équipement de la mise à la terre et en court-circuit est conçu pour protéger l'opérateur contre l'éventuel retour de la tension (exemple : source de secours), l'électrisation par courants capacitifs ou inductifs.

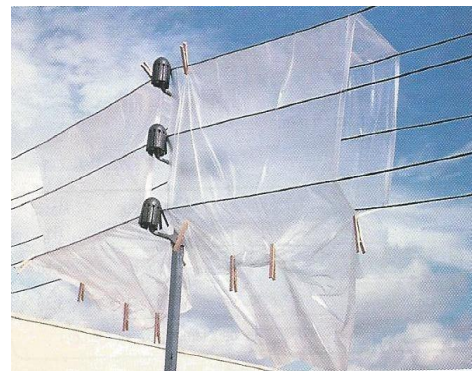


c. Les équipements de protection collective (EPC) :

Les équipements de protection collective (EPC) sont des dispositifs techniques qui isolent un danger des personnes potentielles exposées à ce même danger. Le recours à un EPC protège toute personne se trouvant à proximité du danger.

➤ Nappes isolantes :

La nappe isolante est conçue pour protéger l'opérateur lors l'intervention près d'une zone à risque électrique.



➤ Balisage de la zone de travail :

Les balises de sécurité comprennent des dispositifs utilisés pour avertir que la zone ou l'équipement est dangereux. Afin d'éviter tout accident, des balises de sécurité doivent être placés pour indiquer et délimiter la zone dangereuse, même si elle n'est que temporaire.



IV. APPLICATION DE LA METHODE AMDEC :

La figure ci-dessus présente la décomposition fonctionnelle de l'installation électrique étudiée.

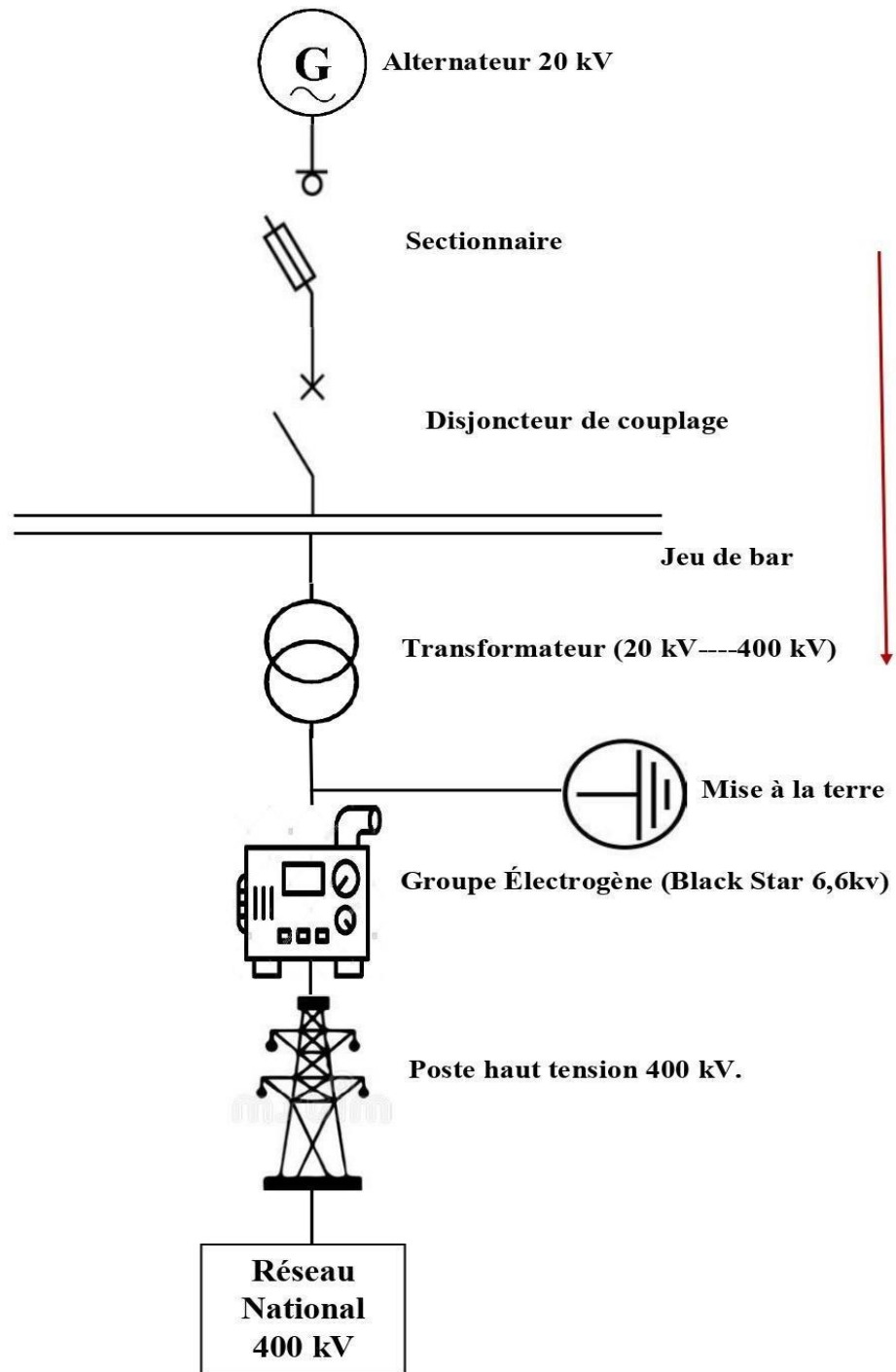


Figure 3.13 : Analyse fonctionnelle de l'installation électrique

1. Critère de choix de la méthode AMDEC

Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise méthode, et chaque méthode a ses propres avantages et inconvénients. Par conséquent, la méthode spécifique est généralement plus ou moins adaptée à l'environnement matériel recherché et au but recherché.

Durant notre stage à la centrale SKT sur les installations électriques au poste nous avons constaté que plusieurs composantes électriques peuvent être la cause d'un accident d'origine électrique et nous trouvons que l'AMDEC est la méthode la plus adéquate et précise pour ce cas, car elle permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (probabilité d'occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

2. Etude de la criticité :

Il s'agit là de la partie quantitative de l'étude, On doit noter :

- **La gravité** des effets associés chaque mode de défaillance (on parle de facteur '**G**' ou parfois '**S**', pour l'anglais severity) ;
- **La fréquence** d'apparition de chaque mode de défaillance – elle découle des causes (On parle de facteur '**F**' ou parfois '**O**', pour l'anglais occurrence) ;
- **La probabilité** de ne pas détecter le mode de défaillance (on parle de facteur '**D**') La criticité Ces définit alors comme le produit des trois facteurs :

$$C = F * G * D$$

		Niveau de Gravité			
		Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
	Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
Fréquence	Probable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
	Occasionnel	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable	Inacceptable
	Rare	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable
	Improbable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable
	Invraisemblable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle

Tableau 3.7 : Evaluation de la criticité

2.1 L'indice de non-défectabilité (Probabilité) :

Rien n'est pire qu'une défaillance inopinée : on n'a pas pu anticiper, s'organiser ; les risques d'accidents corporels sont élevés ; les temps d'arrêt induits sont élevés.

Il vaut toujours mieux détecter une cause de défaillance, sinon on détectera un effet. Si ni l'un ni l'autre ne sont possibles, mettre en place un système d'alerte (par exemple : les plaquettes de freins usées qui allument un voyant sur le tableau de bord d'une automobile).

Vous retrouverez ci-dessous une table en 4 niveaux, toujours pour les défaillances d'un moyen de production.

Facteur D		Probabilité que la cause ne soit pas détectée, ou que le mode de défaillance atteigne l'utilisateur du moyen.
Note	Niveau de Détection	
1	Détection assurée	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
2	Détection possible	La cause ou le mode de défaillance sont détectables, mais le risque de ne pas être perçu existe.
3	Détection aléatoire	La cause ou le mode de défaillance sont difficilement détectables, ou les éléments de détection sont peu exploitables.
4	Non détectable	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise.

Tableau 3.8 : évaluation de la non-détection

2.2 Indice de fréquence

L'estimation de la fréquence d'une défaillance n'est pas facile - surtout lorsqu'on travaille à la conception d'un outil. On pourra s'appuyer sur des statistiques (si l'on possède un historique), sur des informations apportées par un fournisseur, ou sur une fréquence d'exposition au risque.

Vous trouverez ci-dessous une table en 4 niveaux, toujours pour les défaillances d'un moyen de production. Comme la table ci-dessus.

Facteur F		Fréquence d'apparition de la défaillance, ou probabilité que la cause se produise et qu'elle entraîne le mode de défaillance
Note	Niveau de fréquence	
1	Pratiquement inexistant	Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation. Au plus, 1 défaut dans la durée de vie du moyen de production.
2	Rare	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (à titre indicatif : un défaut par an) où Composant d'une technologie nouvelle pour laquelle toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel réellement exploité.
3	Occasionnel	Défaillance apparue occasionnellement sur du matériel similaire existant en exploitation. (À titre indicatif : 1 défaut par trimestre.)
4	Fréquent	Défaillance apparue fréquemment sur un composant connu ou sur du matériel similaire en exploitation. (À titre indicatif : 1 défaut par mois.)

Tableau 3.9 : Evaluation de la fréquence

2.3 L'indice de gravité :

La gravité d'une défaillance peut revêtir plusieurs aspects : la sécurité de l'utilisateur, la perte de fonctionnalité.

Vous trouverez ci-dessous une table en 5 niveaux, utilisée pour les défaillances d'un moyen de production, chaque groupe de travail peut adapter à son besoin, son environnement, sa problématique.

Facteur G		Critères d'évaluation		
Note	Niveau de gravité	Durée arrêt (Min)	Impact sur la qualité Produit	Impact sur le matériel
1	Mineur	≤20		Défaillance mineure, matériel Intact
2	Moyen	20 à 60		Défaillance moyenne, matériel rapidement réparable
3	Majeur	60 à 240	Non-conformité, constatée et corrigée au poste de travail	Défaillance importante,
4	Catastrophique	≥240	Non-conformité détectée par le client aval, en interne	Défaillance grave, dommage matériel important, matériel lentement réparable
5	Sécurité /Qualité		Non-conformité du produit	Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention

Tableau 3.10 : Evaluation de la gravité

3. LES TABLEAUX D'APPLICATION DE LA METHODE :

Tableau 3.11 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur lesystème	Détection	Indices nominoux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Alernateur 20 kv	Transformatio l'énergie mécanique à Électrique	Ventilation Défaillante	Le colmatage des grilles d'entrée	Sur échauffement Réduit la durée de vie	Détecteur de température Inspection Visuelle	3	3	3	27	Maintenance Et Vérification périodique des grilles d'entrée et d'évacuation d'air	2	2	3	12
		Défaillance mécanique	Fonctionnement Heurt des roulements à Billes	Nuisances	Inspection Visuelle	2	3	3	18	Remplaceme-nt des roulements et vérification périodique	2	2	3	12

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est ventilation défaillante.
Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être maintenance et vérification périodique des grilles d'entrée et d'évacuation d'air.

Tableau 3.12 : Analyse de modes de défaillance et leurs effets et leur criticité

						Indices nominaux				Actions Corrective	Indice finaux			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	F	G	D	C		F	G	D	C
Sectionneur	Ouvre et ferme le circuit	N'ouvre pas	Blocage mécanique	-Fusible non protéger lors son changement -le circuit est défaillant d'UN blocage ouvert	Pendant la mise en œuvre	2	4	2	16	Maintenance périodique	1	4	2	8
		Ne ferme pas	Blocage mécanique L'arc électrique	-Fusible non protéger lors son changement -le circuit est défaillant d'un blocage ouvert Coupure électrique		3	4	2	24		Maintenance périodique Changement les éléments isolant par des éléments conducteur anti arc habilitation Changement de fusible	2	3	2

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est l'arc électrique.

Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être la maintenance périodique, changement des éléments isolants par des éléments conducteur anti arc habitation, changement de fusible

Tableau 3.13 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Disjoncteur de couplage	Couper le circuit en cas de surcharge électrique ou d'un incident Protection contre Surcharge, court-circuit, surtension	Pas de réponse	Cause mécanique Cause magnétique Perturbation d'huile Pas courant excessif	Explosion Pas de projection de système Incendie Coupure de l'électricité En cas de court-circuite déclenche pas	Détecteur de température	3	3	3	27	Programme d'entretien préventif standard	2	2	3	12

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est pas de courant excessif.
Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être l'entretien préventif standard

Tableau 3.14 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

						Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause s	Effets sur le système	Détection	F	G	D	C		F	G	D	C
Jeu de barres	Branche les lignes entre eux	Le rapprochement entre les lignes	Echauffement refroidissement Problème de fabrication	Une surtension lors de démarrage de transformateur	Détecteur de température	3	3	3	27	Maintenance Et vérification périodique	2	2	3	12
		Défaillance structurelle	Mécanique Magnétique	Sur Echauffement		3	3	3	27		Maintenance Et vérification périodique	2	2	3

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est Défaillance structurelle et le rapprochement entre les lignes Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être Maintenance Et vérification périodique

Tableau 3.15 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices Finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Transformateur (20kv 400kv)	Transforme-la tension d'alimentation 20kv---400kv	Courant absorbé exigé en marche	Court-circuit dans le stator	Explosion	Détection de fumée	3	4	3	36	Vérifier l'isolement entre phase et stator	2	3	2	12
		Ventilation défaillante	Cause mécanique	Sur échauffement	Détecteur de température Inspections visuelles	3	3	2	18	Maintenance mécanique	2	2	2	8
		Fuit d'huile	Joints dégradée	Sur échauffement	Détecteur de température Inspections visuelles	3	3	2	18	Maintenance mécanique Inspections périodique	2	2	2	8

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est Courant absorbé exigé en marche
Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être vérification périodique d'isolement entre phase et stator

Tableau 3.16 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Mise à la terre	Absorption des charges statiques Vers la terre	Rupture du câble	Absence de contrôle Mauvais contact Mauvais serrage Choc mécanique	Incendie	Par appareil de détection ou Visuel	2	4	2	16	Vérification périodique	2	2	2	8

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est l'absence de contrôle.
Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être la vérification périodique

Tableau 3.17 : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

						Indices nominaux				Actions correctives	Indices Finaux			
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	F	G	D	C		F	G	D	C
Groupe électrogène diesel black start 6.6kv	L'alimentation électrique de transformateur principale	Moteur ne démarre pas	Le réseau n'est pas sous tension Manque de carburant	Incendie	Détecteur de fume	3	4	2	24	Vérification de la tension du réseau Pendant le Manoeuvre	2	3	2	12
		Fusible ne fonctionne pas	Erreur humaine	Effet thermique	Détecteur de température	2	4	2	16	Changement de fusible	2	2	2	8
		Le générateur ne produit pas de courant	Le circuit inducteur est coupe Cause mécanique Armoire électrique pas sous tension	Incendie		3	3	2	18	Changement d'alternateur	2	3	2	12

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est le réseau n'est pas sous tension. Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être vérification de la tension du réseau pendant le manœuvre.,

Tableau 3.18: Analyse des modes de défaillance et leurs effets et de leurs criticités

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices Finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Poste haute tension 400kv	Démarrage de centrale	Défaut Triphasé	Cour circuit entre trois phases sans mise à la terre	Incendie Echauffement	Tension et courants mesurée	3	4	3	36	Vérification périodique	2	2	3	12
		Défaut biphasé	Court-circuit de deux phases où une phase et le neutre avec/ou sans mise à La terre		Détecteur de température Détecteur de fumée									
		Défaut monophasé	Court-circuit entre une phase et la mise à la terre où une phase et le neutre											
		Défaut D'isolement	Dégradation de la protection du câble	Incendie	Détecteur de fumée Détecteur de température									

Interprétation :

Après cette étude on a conclu que la cause de défaillance ayant la plus grosse criticité est défaut d'isolement. Les mesures correctives mises en œuvre peuvent être vérification périodique Changement les éléments isolants.

4. RESULTA D'APPLICATION DE L'AMDEC :

Avant l'application :

Elément	Mode de défaillance	Criticité
Alternateur 20kv	Ventilation défaillante	27
	Défaillance Mécanique	18
Sectionneur	Ne s'ouvre pas	16
	Ne ferme pas	24
Disjoncteur de Couplage	Pas de réponse	27
Jeu de barre	Le rapprochement entre eux	27
	Défaillance structurelle	27
Transformateur (20 kV---- 400 kV)	Courant absorbé exigé en marche	36
	Ventilation défaillante	18
	Fuit d'huile	18
Mise à la terre	Rupture du câble	16
Groupe électrogène diesel black star	Moteur ne démarre pas	24
	Fusible ne fonctionne pas	16
	Le générateur ne produit pas du courant	18
Poste haut tension	Défaut triphasé	36
	Défaut biphasé	
	Défaut monophasé	
	Défaut d'isolement	27




	Risque indésirable
	Risque acceptable sous
	Risque inacceptable

Tableau 3.19 : Résulta d'application de L'AMDEC Avant l'application

Après l'application :

Elément	Mode de défaillance	Criticité
Alternateur 20kv	Ventilation défaillante	12
	Défaillance mécanique	12
Sectionneur	Ne s'ouvre pas	8
	Ne ferme pas	12
Disjoncteur de Couplage	Pas de réponse	12
Jeu de barre	Le rapprochement entre eux	12
	Défaillance structurelle	12
Transformateur (20 kV ---- 400 kV)	Courant absorbé exigé en marche	12
	Ventilation défaillante	8
	Fuit d'huile	8
Mise à la terre	Rupture du câble	8
Groupe électrogène diesel black star	Moteur ne démarre pas	12
	Fusible ne fonctionne pas	8
	Le générateur ne produit pas du courant	12
Poste haut tension	Défaut triphasé	12
	Défaut biphasé	
	Défaut monophasé	12
	Défaut d'isolement	



Risque acceptable

Tableau 3.20 : Résultats d'application de L'AMDEC après l'application

Histogramme des statistiques de la criticité avant l'application de l'AMDEC

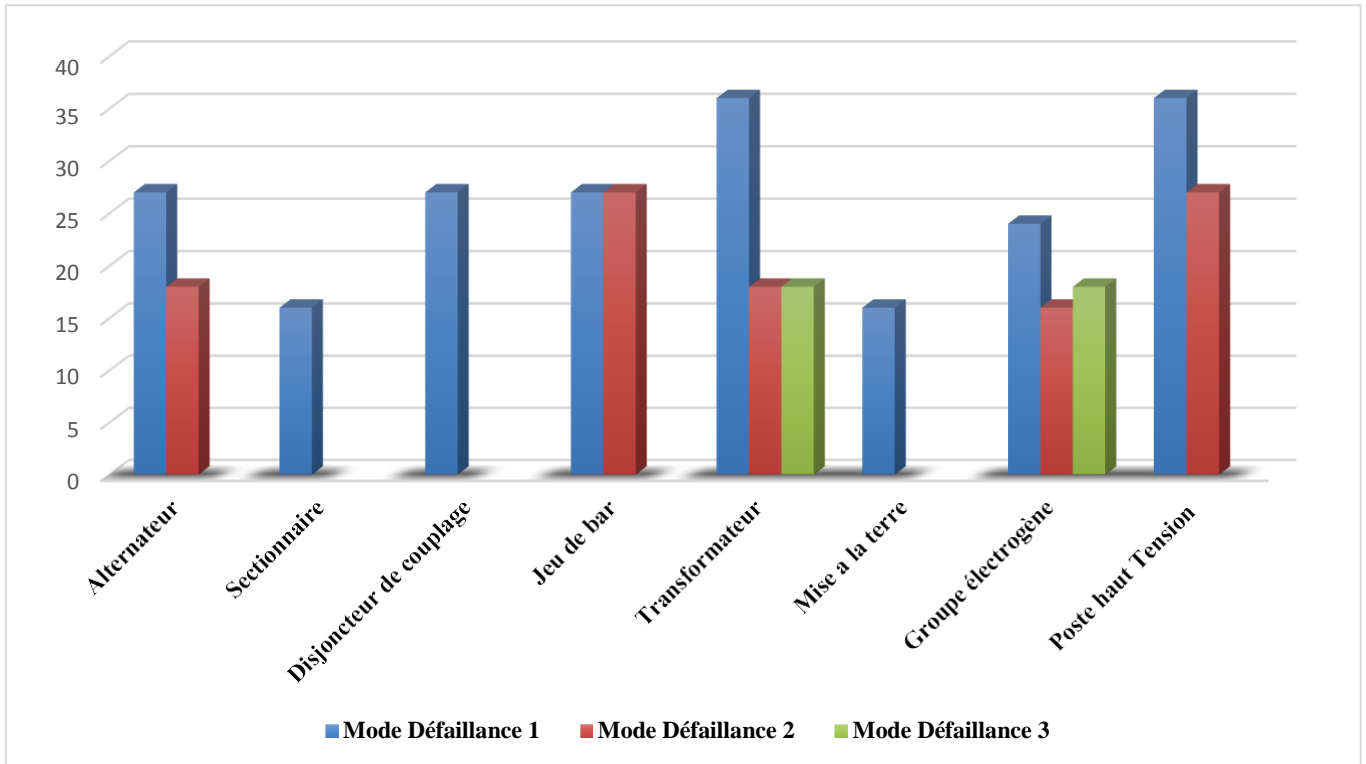


Figure 3.14 : Histogramme des statistiques de la criticité avant l'application de l'AMDEC

Histogramme des statistiques de la criticité après l'application de l'AMDEC :

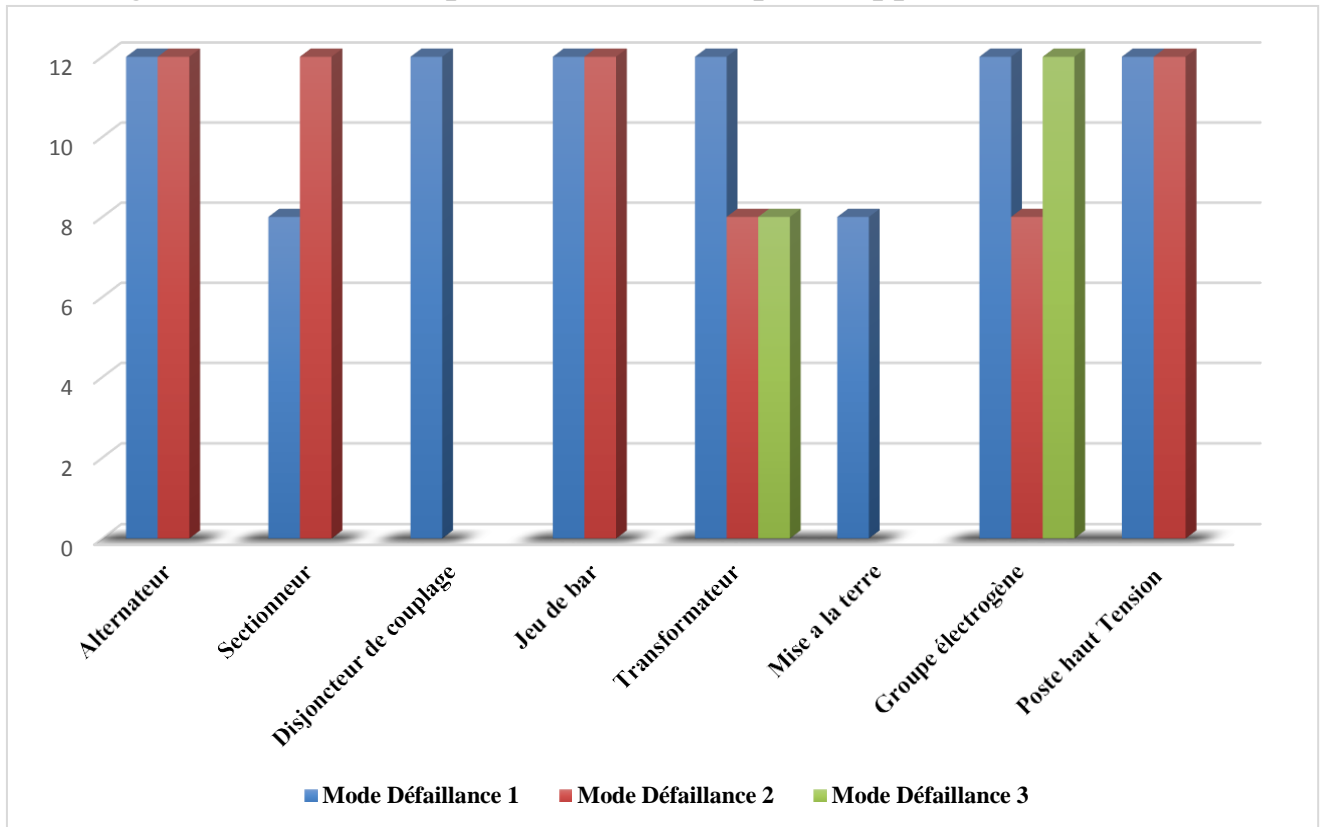


Figure 3.15 : Histogramme des statistiques de la criticité après l'application de l'AMDEC

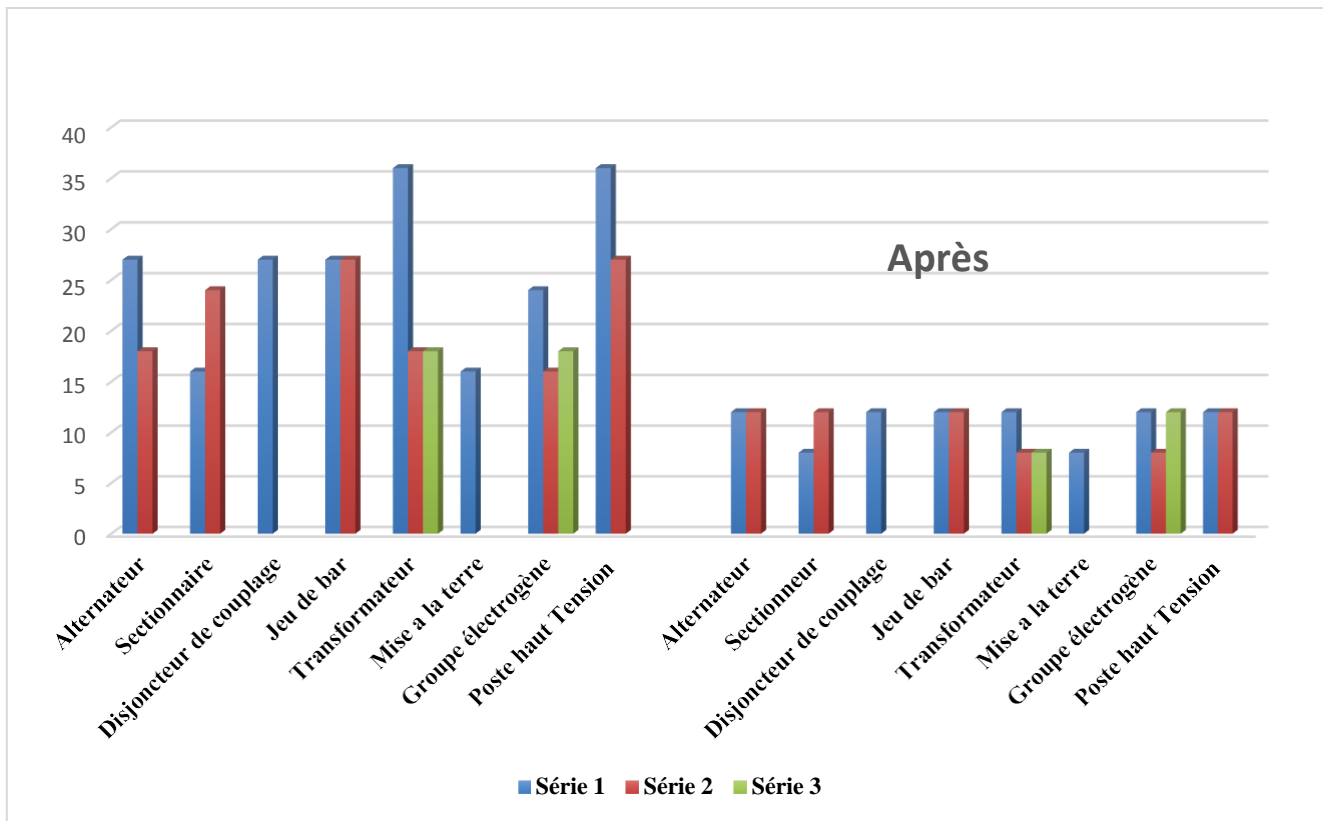


Figure 3.16 : Histogramme de comparaison de criticité avant et après l'application

Une fois les actions est mises en place la criticité est recalculée. Toutes ces actions permettent donc de réduire la fréquence des pannes tout en optimisant la fréquence des interventions préventives.

***A la fin de cette étude, on peut sortir avec les recommandations suivantes :**

Il faut respecter les instructions de la maintenance systématique telles que les remplacements des pièces défectueuses selon les périodicités recommandées par le constructeur.

- Refaire l'étude AMDEC systématiquement.
- Former le personnel de service maintenance à l'AMDEC.
- Tenir un stock de sécurité des pièces de rechange de 1ère nécessité.
- Former les techniciens maintenance sur l'équipement de faciliter la détection des anomalies.

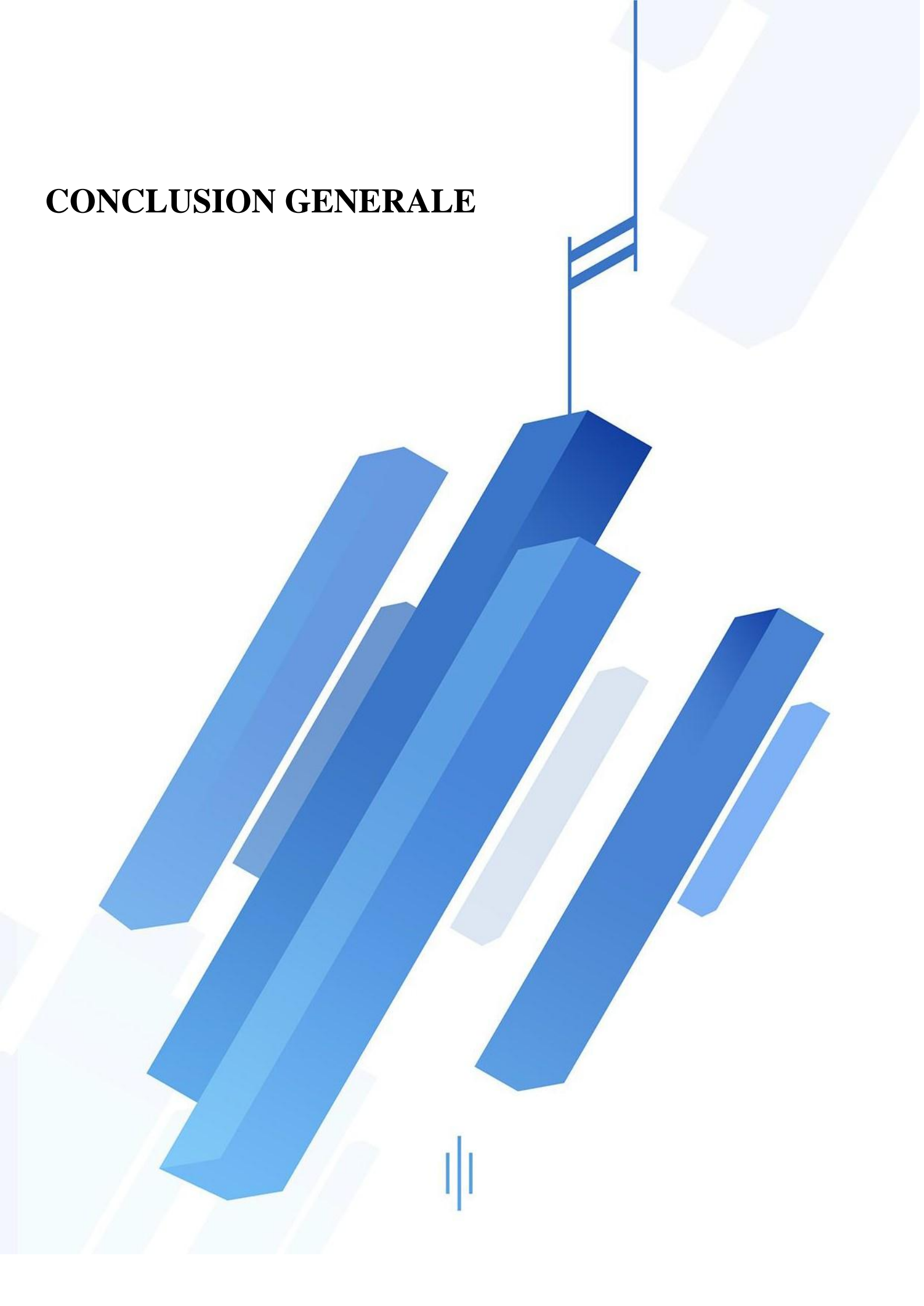
V. CONCLUSION

Nous avons essayé tout au long de ce chapitre d'évaluer les risques existants dans le central SKT, et proposé les mesures préventives adéquats pour réduire la probabilité d'occurrence des risques et leurs gravités.

La méthode AMDEC a pour objectifs d'analyse des défaillances et des risques prévisionnels sur un équipement ou un système afin d'améliorer sa sécurité et sa fiabilité. Elle permet de diminuer les taux des pannes et de réparation des défauts.

Les mesures que nous avons effectuées sein du l'unité central SKT, ainsi que les analyses qui ont suivi sont en accord avec la théorie. Ceci est confirmé par le fait que nous avons pu déterminer l'origine des non conformités et les défauts de fonctionnement des éléments qui en sont la cause. La prévention des risques est la seule astuce pour qu'un accident ne revienne pas autre fois, ainsi que la mise en compte d'analyse des accidents avec des supérieures méthodes d'analyse et groupes de travail connaitre bien sa responsabilité.

CONCLUSION GENERALE



Conclusion générale

Le travail présenté fait l'objet de l'étude de la prévention des risques professionnels au sein de la centrale SKT de Terga dans la wilaya d'Aïn Témouchent.

Le stage qui nous a permis d'améliorer nos connaissances dans le milieu professionnel et d'avoir une idée générale sur la centrale SKT ses politiques et ses objectifs, ainsi que notre intégration dans le monde professionnel.

L'analyse de l'environnement du site, des équipements et utilités a permis d'identifier les potentiels de dangers liés aux installations de la centrale.

L'analyse détaillée des risques permet de décrire les moyens techniques et organisationnels mis en œuvre pour limiter la possibilité d'occurrence et d'en réduire les conséquences, et de préciser la cohérence et l'organisation des moyens d'intervention disponibles pour les installations et sur le site, c'est les barrières de prévention, les barrières de protection.

L'objectif de la méthode AMDEC est d'analyser les défaillances d'un équipement ou d'un système et de prévoir les risques afin d'améliorer sa sécurité et sa fiabilité. Elle peut réduire le taux des pannes et le taux de réparation des défauts.

L'analyse des risques par la méthode AMDEC a permis de démontrer que les risques générés par la production d'électricité dans la centrale SKT de Terga sont acceptables de par les barrières de prévention et de protection mises en place.

REFERENCES

- [1] www.sonelgaz.dz/fr/category/qui-sommes-nous
- [2] www.sonelgaz.dz/fr/category/historique
- [3] www.aps.dz
- [4] Documentation du principe de fonctionnement générale du SKT
- [5] M. Guetarni Islam Hadj Mohamed, Thèse de Doctorat LMD-Analyse quantitative des risques, 06 Mai 2019
- [6] http://www.unit.eu/cours/cyberriques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_30.html
- [7] http://gpp.oiq.qc.ca/Le_processus_d_analyse_et_d_evaluation_des_risques.htm
- [8] http://gpp.oiq.qc.ca/Criteres_pour_selectionner_la_methode_d_analyse_la_plus_appropriee.htm
- [9] Villmer, Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, 1988
- [10] Michel ROYER, ECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR l'expertise technique et scientifique HAZOP : une méthode d'analyse des risques - Présentation et contexte, 01/03/2012
- [11] Institut français du pétrole, 2005 ENSPM Formation industrie- IFP training. Sécurité des systèmes – analyse des risques. PDF
- [12] Malik MEGDICHE. Sûreté de fonctionnement des réseaux de distribution en présence de production décentralisée. Sciences de l'ingénieur. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2004
- [13] www.inrs.com
- [14] Documentation de système anti incendie de SKT
- [15] www.formationssiap.fr
- [16] www.stihle-freres.fr
- [17] www.fivo.fr/compartimentage-en-securite-incendie
- [18] www.ineris.fr
- [19] nio-risque-hydrogene-18-juin-2013.PDF
- [20] prevention_des_risques_electriques.PDF
- [21] www.cdg62.fr/index.php/prevention/hygiene-et-securite-au-travail/11-prevention/309-le-risque-electrique

[22] www.habilitation-electrique.org