

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LARECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie des procédés

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de **Master en Hygiène et sécurité industrielle**

Spécialité : **Hygiène et sécurité industrielle**

Thème :

Evaluation des risques selon la méthode AMDEC
Etude de cas de la chaudière de la centrale
de production d'électricité CAP-DJINET

Réaliser par :

OULD BAHA Farid

MEKDAS Ahmed

Encadreur:

Mme KORSO Saliha

Soutenu le 03/07/2023 devant le jury :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
AKSAS Hamouche	MCA	Président
KIHAL Nafika	MAA	Examineur
KORSO Saliha	MAA	Encadreur

Promotion 2022/2023

Remerciements

*Ce mémoire a été réalisé à Université M'Hamed Bougera Faculté des Technologie
département de Génie des procédés.*

*Tout d'abord, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le
Courage et la patience durant toutes ces années d'études, et que grâce à lui ce
Travail a pu être réalisé.*

*Merci à nos parents d'avoir su nous écouter et nous motiver, nos amis(es), qui
ont été là pendant les périodes de doute et de stress.*

Nous remercierons particulièrement notre promoteur

***Mem.KORSO. S** pour son aide précieuse, ses conseil set pour le temps
qu'il nous a consacré tout au long de ce travail.*

Nous remercions particulièrement notre encadreur de stage

***Mr.HAOUCHINE Hocine et AIT AILA Hamiche pour sa disponibilité, ses
conseils et pour l'aide qu'il nous aapporté non seulement sur le plan travail mais
aussi sur le plan moral, nous remercierions aussi toute personne ayant contribués de
près ou de loin à***

L'accomplissement de ce modeste travail.

Nous tenons aussi à exprimer nous vifs remerciements aux membres de jury pour avoir

Accepté d'examiner ce travail et d'évaluer le contenu de ce mémoire de thèse de master

Dédicace

À ma chère mère

*Ma raison d'être, ma raison de
vivre, la lanterne Qui éclaire mon
chemin.*

A mon cher père

En signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude.

Pour tous les soutiens

Et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.

A mes chères sœurs

*Aucun mot, ni aucun signe ne pourront
d'écrire votre Implication dans mon
épanouissement.*

À Mes amis

À mes enseignants

À toute personne que j'aime et qui m'aime

Je dédie ce travail

Ould Baha Farid

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes chers parents, Mes sœurs et leurs enfants.

À toutes mes connaissances qui m'aime

À tous mes chères amies et surtout B.Abdelhak , B.Yazid , B.Hamid , D.Amine,

M.Hichem ,O.Saleh et O.Abdelghani

Mekdas Ahmed

Résumé

Une des phases les plus significatives dans l'identification des défaillances dans une machine quelconque est la méthode d'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité. L'élément que nous avons étudié est La chaudière au niveau de la centrale de production d'électricité de CAP-DJINET.

L'objectif de cette évaluation était d'identifier les défaillances potentielles de la chaudière, d'analyser leurs effets et de déterminer leur criticité.

Avant d'entamer notre étude, nous avons décrit d'une manière exhaustive quelques définitions de base sur les risques et aussi sur la méthode AMDEC et sur l'organisme d'accueil.

Abstract

One of the most significant phases in the identification of failures in any machine is the Failure Mode, Effect and Criticality Analysis method. The element we studied is the boiler of the CAP-DJINET power station.

The objective of this evaluation was to identify potential boiler failures, analyze their effects and determine their criticality.

Before we began our study, we described in a comprehensive way some basic definition of risks and the FMECA and 'host organization' method.

ملخص

من اهم الطرق في تحديد أنماط الفشل في أي آلة هي طريقة تحليل نمط الفشل والتأثير بالنسبة للحرجية. العنصر الذي قمنا بدراسته هو غلاية في محطة توليد الكهرباء بكاب جنات.

كان الهدف من هذا الدراسة هو تحديد حالات فشل الغلاية المحتملة وتحليل اثارها وحرجيتها.

قبل ان نبدأ دراستنا وصفا بطريقة شاملة بعض التعريفات الاساسية للمخاطر وكذا طريقة تقييم الفشل وقمنا كذلك بتعريف شركة انتاج الكهرباء لكاب جنات.

SOMMAIRE

<i>Remerciements</i>	I
<i>Dédicace</i>	II
<i>Dédicace</i>	III
Résumé	IV
Liste des figures	V
Liste d'abréviation.....	VI
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les risques	3
Section 1 : Les risques	4
I-Introduction	4
II- Quelques définitions de base sur les risques	4
II-1-Definition :	4
III-Classification des risques	5
IV-1-Les risques naturels	6
IV-2-Les risques technologiques	11
IV-3-Les risques sanitaires et environnementaux.....	16
Section2 : Gestion des risques.....	19
I-Définition	19
II-L 'importance de la gestion des risques	19
II-1-Prévention des pertes :	19
II-2-Prise de décisions éclairées :	19
II-3-Amélioration de la performance :	19
II-4-Préparation aux crises	19
III-La démarche de la gestion des risques.....	20
III-1-Identification des risques	20
III-2-Évaluation des risques	20
III-4-Analyse des risques	20
III-5-Planification des mesures de gestion des risques	20
III-6-Mise en œuvre des mesures de gestion des risques	21
III-7-Surveillance et réévaluation continue.....	21
Section 3 : L 'évaluation des risques	21
I-Définition de l'évaluation des risques	21
II-L 'importance d'évaluation des risques	22

III-L 'objectif d'évaluation des risques.....	22
IV-La démarche d'évaluation	23
IV-1-Préparer l'évaluation des risques	23
IV-2-Identifier les risques	23
IV-3-Classer les risques	23
IV-4-Proposer des actions de prévention.	23
V-Méthode d'évaluation des risques.....	25
V-1-Analyse préliminaire des risques (APR).....	25
V-2-L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).....	25
V-3-La méthode (HAZOP)	25
V-4-Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE)	25
V-5-Méthode de l'Arbre des Causes.....	26
V-6-Méthode de l'Arbre des Conséquences	26
VI-Critères de choix d'une méthode d'analyse.....	26
VII--Conclusion	27
Chapitre II : La méthode AMDEC	28
Section 1 : Présentation de la méthode AMDEC	29
I-Introduction :	29
II-L'historique de l'AMDEC :	30
III-Les définitions de base :.....	30
IV-Buts et objectives :	30
SECTION 2 : LES TYPES ET LES ETAPES DE L'AMDEC	31
I-Types d'AMDEC :	31
I-1-L'AMDEC-organisation :.....	31
I-2-L'AMDEC-produit ou l'AMDEC-projet :	31
I-3-L'AMDEC-processus:.....	31
I-4-L'AMDEC-moyen :	31
I-5-L'AMDEC-service :.....	31
I-6-L'AMDEC-sécurité :.....	31
II-Les étapes de la méthode AMDEC :.....	32
Étape 1 : Constituer un groupe de travail [□]	33
Étape 2 : Faire une analyse fonctionnelle du procédé.....	34
Étape 3 : Faire l'analyse des défaillances potentielles.....	35
Étape4 : Évaluer ces défaillances et déterminer leur criticité.....	37
Étape5 : Définir et planifier des actions	37
III-La grille AMDEC :.....	38
IV-Grille de cotation :	39

SECTION 3 : L'AMDEC et les outils de la qualité totale.....	41
I-L'AMDEC et l'Arbre des causes (FTA)	41
II-L'AMDEC et le Contrôle statistique des procédés (CSP)	41
III- L'AMDEC et les normes ISO 9000	41
IV-L'AMDEC et le Système anti-erreur (Poka-Yoké).....	42
V- Conclusion	43
Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au niveau de la central de production d'électricité CAP-DJINET	44
Section 1 : présentation de l'organisme d'accueil la centrale électrique CAP-DJINET	45
I-Introduction	45
II- Généralités sur la centrale thermique.....	45
II-1- Avantages.....	45
II-2- Inconvénients.....	45
III-Présentation de la centrale thermique (CAP-DJINET).....	46
III-1-Mise en service des groupes.....	47
III-2- Ateliers principaux de la centrale	48
III-3- Etapes de réalisation de la centrale.....	48
III-4-Travaux de génie civil	48
III-5-Montage mécanique.....	48
III-6-Montage électrique	48
IV- Organigramme de la centrale	50
V- Description des différents composants de la centrale	51
V-1-La turbine.....	51
V-2- La chaudière : (générateur de vapeur)	55
VI-2- Le condenseur :	60
V-3- Les pompes	62
V-4-Réchauffeurs	63
V-6-Bâche alimentaire :	65
V-7- Les Réfrigérants :	66
V-8- Alternateur :	67
VI- Les différents circuits du cycle eau et vapeur :	67
VI-1- Le circuit d'extraction (RM) :	67
VI-2- Le circuit d'alimentation (RL) :	67
VI-3- Le circuit (RA) :	68
VI-4--Le circuit de condensation (RC):	68
VII- Les différents circuits auxiliaires de la centrale :	68
VII-1- Station de l'eau de mer :	68

VII-2- Système traitement des eaux :	69
VII-3- Un poste de dépotage et transfert fuel :	70
VII-4- vacuation de l'énergie :	70
VII-5- Commande et contrôle:	71
VII-6- Système de surveillance, d'alarme et d'analyse.....	71
VII-7- Salle de commande centralisée:	71
VIII- Fonctionnement d'une tranche de production :	72
Section 2 : : Application de la méthode AMDEC sur le system Chaudière.....	76
I-Description de system chaudière	76
I-1- Introduction	76
I-2- La chaudière	76
II-Application de la méthode AMDEC sur les composants de la chaudière.....	81
II-1- Ventilateur de soufflage (NG21/22D001).....	81
II-2- Ventilateur de recyclage (NS)	82
II-3- Réchauffeur d'air rotatif (NH10).....	85
II-3- Porte de visite	87
II-4- Vannes d'arrêt d'urgence des Brulures	88
II-5- Robinet motorisé a soupape d'arrêt (RB30S005).....	89
Section 3 : Présentation de Tableau AMDEC	90
I- Grille de cotation	90
I-1- La criticité.....	90
I-2- La détection	91
I-3- La fréquence	91
I-4- La gravité.....	91
II- Tableau AMDEC sue les composant de chaudière.....	92
III- Classification et matrice de criticité :	95
IV- Interprétation des résultats	96
V- Recommandations générales	96
V-1 Technique.....	96
V-2- Organisationnel:	97
V-3 Humaine.....	97
VI- Conclusion	97
Conclusion générale	99
Bibliographie.....	100

Liste des figures

Figure1 :L'appréciation des risques dans le processus globale gestion des risques	24
Figure 2 :Les étapes du la méthode AMDEC	33
Figure3 :AMDEC famille des causes de défaillance.....	36
Figure 4 :Etapes de la combustion	46
Figure 5 :Central thermique de CAP- DJINET.....	47
Figure 6 :Plan de masse du central.....	49
Figure 7 : Organigramme du central	50
Figure 8 : Corps Bp	52
Figure 9 :Corps MP	53
Figure 10 :Corps HP.....	54
Figure 11 : Construction général d'un condenseur par surface	60
Figure 12 :Vue de face d'un réchauffeur.....	64
Figure 13 : Bâche alimentaire	65
Figure 14 :Acheminement d'eau de mer de refroidissement.....	69
Figure 15 :Salle de commande.....	72
Figure 16 :Schéma d'une tranche thermique.....	75
Figure 17 :Photo réelle de la chaudière	80
Figure18 :Ventilateur de soufflage.....	81
Figure 19 :Désalignement de l'accouplement pièce moteur ventilateur	82
Figure 20 :ventilateur de recyclage	83
Figure 21 Défaut de roulement de moteur ventilateur	84
Figure 22 : Schéma d'un Réchauffeur d'air rotatif.....	85
Figure 23 :Schéma montrant l'emplacement des défaillances.....	86
Figure24 :Porte visite qui présente un dégagement de chaleur de l'ordre de 197 °C	87
Figure 25 :Schéma des vannes de bruleur de chaudière	88
Figure :26 Schéma d'une vanne motorisé a soupape d'arrêt.....	89

Listes des tableaux

Tableau 1 : Classification des risques	5
Tableau 2 :la méthode	38
Tableau 3 : Exemple d'une grille d'évaluation	40
Tableau 4 : Exemple d'une matrice de criticité (Noté de 1a4).	40
Tableau 5 : Caractéristique de la turbine	52
Tableau 6 : Caractéristiques du générateur de vapeur*.....	55
Tableau 7 :Les dimensions du générateur de vapeur	56
Tableau 8 : Caractéristiques de l'économiseur.....	57
Tableau 9 :Caractéristiques du ballon chaudière.....	57
Tableau 10 : Caractéristiques des colonnes de descente et tubes écrans	58
Tableau 11 : Caractéristique de la surchauffeur.....	58
Tableau 12 : Caractéristiques du resurchauffeur.....	59
Tableau 13 : Caractéristiques du désurchauffeur	59
Tableau 14 : Caractéristiques du condenseur	61
Tableau 15 : Caractéristiques pompes d'extraction	62
Tableau 16 : Caractéristiques des pompes d'alimentation	63
Tableau 17 : Caractéristiques de la bêche alimentaire	66
Tableau 18 : Caractéristiques d'alternateur.....	67
Tableau 19 : Niveau de cotation de détection, fréquence et gravité.....	90
Tableau 20 :AMDEC sur les composants de la chaudière	92
Tableau 21 : Niveau de la criticité	95
Tableau 22 : Matrice de criticité	95

Liste des abréviations

AMDEC :	Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leur Criticité
AMDE :	Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets
AFNOR :	Association Française de Normalisation
AdD :	Arbre de Défaillances
FMEA :	Failure Modes, their Effects Analysis
FMECA:	Failure Modes, their Effects and Criticality Analysis
SdF	Sureté de Fonctionnement
C :	Criticité.
G :	Gravité.
F :	Fréquence
D :	Non-détection.

Introduction Générale

I-Introduction générale

Le secteur de production d'électricité de CAP-DJINET présente des pannes fréquentes et leurs causes sont souvent de plusieurs origines (électrique, mécanique, hydraulique, etc...). Ces pannes sont intempestives, aléatoires et donc imprévisibles et difficiles à diagnostiquer. Ce problème a un impact sur le bon déroulement de l'activité de l'entreprise causant des arrêts répétés du processus de production d'électricité.

L'objectif de ce projet consiste à étudier le système chaudière de la centrale de production d'électricité CAP-DJINET pour identifier les causes des défaillances et rechercher des solutions pour réduire leurs criticités et proposer les mesures de maintenance de prévention et de protection par l'application de la méthode AMDEC sur le système chaudière.

Et pour cela on a proposé la problématique suivante :

Quelle est la procédure à appliquer pour la lutte contre les différentes défaillances et comment doit-on minimiser leurs gravités ? Et on a aussi proposé les questions intermédiaires suivantes :

1. Que signifie les risques ?
2. De quoi consiste la méthode AMDEC ?
3. Quelles sont les étapes clés pour appliquer la méthode AMDEC sur la chaudière de la centrale de production d'électricité de CAP-DJINET ?

Et pour répondre à ces questions intermédiaires on a proposé les hypothèses suivantes :

1. Le risque est généralement défini comme la possibilité que quelque chose de négatif se produise.
2. La méthode AMDEC est une approche structurée utilisée pour évaluer et gérer les risques de défaillance dans un système, un processus ou un produit.
3. Pour appliquer la méthode AMDEC sur la chaudière au niveau de la centrale de production d'électricité CAP-DJINET il faut comprendre la structuration de notre organe et les défaillances les plus fréquentes.

Notre travail s'articule en trois chapitres.

- **Le premier chapitre** : Généralité sur les risques

- **Le deuxième chapitre** : Généralité sur L'AMDEC et son application aux installations industrielles.

- **Le troisième chapitre** : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au niveau de la centrale de production d'électricité CAP-DJINET.

Chapitre I : Généralités sur les risques

Section 1 : Les risques

I-Introduction

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

II- Quelques définitions de base sur les risques

II-1-Definition

Il est important de différencier les notions de DANGER, de RISQUE et de FACTEURS DE RISQUES.

Le risque n'est pas un danger : il en est la conséquence s'il y a exposition au danger.

DANGER : Un danger est une propriété ou une capacité d'un objet, d'une personne, d'un processus... pouvant entraîner des conséquences néfastes, aussi appelés dommages. Un danger est donc une source possible d'accident.

RISQUE : Le risque est la probabilité que les conséquences néfastes, les dommages, se matérialisent effectivement. Un danger ne devient un risque que lorsqu'il y a exposition et donc, possibilité de conséquences néfastes.

EXPOSITION : Dans le présent contexte, quand on parle d'exposition, il s'agit de contact entre le danger et une personne, pouvant dès lors entraîner un dommage. Sans exposition, pas de possibilité de dommage. Le risque est donc la probabilité que quelqu'un soit atteint par un danger.

FACTEURS DE RISQUES : Les facteurs de risques sont des éléments qui peuvent augmenter ou diminuer la probabilité de survenance d'un accident ou la gravité d'un événement. Les risques complètent l'équation : ^[1]

$$\mathbf{RISQUE = DANGER \times EXPOSITION.}$$

[1] INRS (Institut National de Recherche et de la Sécurité) – France2015 Le 28/02/2023 à 15 :00h.

III-Classification des risques

Tableau 1 : Classification des risques

Catégorie de risque		Risque
Risques naturels		inondations
		feux de forêt
		mouvements de terrain
		avalanches
		séismes
		volcans
		cyclones, tempêtes
Risques technologiques		risques industriels
		risques de ruptures de barrage
		risques de transports de matières dangereuses
		risques nucléaires
Risques urbains	Risques bâtimentaires	menace de ruines
		risques diffus (chantiers, matériaux...)
	Risques de réseaux	transports
		communication
		énergie (gaz, électricité, eau...)
	Risques de société	menaces pour la tranquillité publique, la sécurité des personnes
		menaces pour la sécurité des biens
		risques diffus (manifestations, fêtes, grèves...)
		conflits, attentats
Risques sanitaires et environnementaux		toxicité, pollutions
		insalubrité, épidémies, maladies
		risques alimentaires

Source : DESS "Gestion des Risques". Université de Poitiers. 1998-1999 France.

Parmi cette liste, les risques considérés par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement sont exclusivement les risques naturels et les risques technologiques – à ceci près que la prise en charge des risques de tempêtes et de cyclones n'est effective que pour les départements et territoires d'outre-mer. Cette considération n'empêche pas la profusion de réglementations, contrats et plans d'action pour les autres types de risques comme nous le verrons plus loin. Pour mémoire, on notera enfin que le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement classe de manières différentes les risques.

Il distingue en effet trois catégories de risques majeurs (les risques naturels, les risques technologiques, les risques de transport collectif) et deux catégories de risques "autres" (les risques de la vie quotidienne, les risques liés aux conflits).

Dans les lignes qui suivent, nous allons donner des éclaircissements sur l'ensemble des risques évoqués. ^[1]

[1] <http://www.prim.net/home.htm> – Les Risques majeurs Le28/02/2023 à 15 :00h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

IV-Types des risques

IV-1-Les risques naturels

IV-1-1-Les inondations

➤ Définition

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau variables elle est provoquée par des pluies importantes. ^[1]

➤ Les causes des inondations

Une inondation peut être le fait :

- ✓ Soit de ruissellements localisés lors d'épisodes orageux ;
- ✓ Soit de stagnations en plaine, suite à des pluies étalées et durables ;
- ✓ Soit de débordements de fleuves ou de rivières en crue ;
- ✓ Soit de remontées de nappes phréatiques. ^[2]

IV-1-2-Les feux de forêt

➤ Définition

Les feux de forêts sont des incendies qui se déclarent et se propagent sur une surface d'au moins 1 hectare de forêt, de maquis, ou de garrigue. ^[3]

➤ Les causes des feux de forêt

Pour se déclencher et progresser, le feu a besoin des trois conditions suivantes :

- ✓ Une source de chaleur (flamme, étincelle) : très souvent, l'homme est à l'origine des feux : de forêts par imprudence (travaux agricoles et forestiers, cigarettes, barbecues, dépôts d'ordures...) accident ou malveillance.
- ✓ Un apport d'oxygène : le vent active la combustion.

[1] <http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htm> LE 28/02/2023 a 17 :00h.

[2] http://www.ac-rouen.fr/rectorat/profession_rme/une.htm LE 28/02/2023 a 17:30h.

[3] <http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/index.htm> Le28/02/2023a 18:00h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

- ✓ Un combustible (végétation) : le risque de feu est davantage lié à l'état de la forêt (sécheresse, disposition des différentes strates, état d'entretien, densité, relief...) qu'à l'essence forestière elle-même (chênes, conifères...).[1]

IV-1-3-Les mouvements de terrain

➤ Définition

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol ; il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques. Il est dû à des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et de l'homme.[2]

Les mouvements de terrain peuvent se traduire par des chutes de blocs, des éboulements en masse ou des glissements de terrain.

➤ Les causes de mouvement de terrains

- ✓ Mouvements de terrain peuvent être successifs :
- ❖ En plaine :
 - ✓ Un affaissement plus ou moins brutal de cavités souterraines naturelles ou artificielles (mines, carrières...),
 - ✓ Des phénomènes de gonflement ou de retrait liés aux changements d'humidité de sols argileux (à l'origine de fissurations du bâti)
 - ✓ Un tassement des sols compressibles (vase, tourbe, argile...) par surexploitation ;
- ❖ En montagne :
 - ✓ Des glissements de terrain par rupture d'un versant instable,
 - ✓ Des écroulements et chutes de blocs,
 - ✓ Des coulées boueuses et torrentielles ;
- ❖ Sur le littoral :
 - ✓ Des glissements ou écroulements sur les côtes à falaises, Une érosion sur les côtes basses sableuses.[3]

[1] <http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/index.htm> Le 12/03/2023a 11:00h.

[2] http://www.ac-rouen.fr/rectorat/profession_rme/une.htm 12/03/2023a 11:00h.

[3] <http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.ht> 12/03/2023a 11:00h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

IV-1-4-Les avalanches

➤ Définition

On distingue trois types d'avalanches:

Les avalanches de poudreuses : elles sont le résultat de dévalement de couches épaisses et peu cohérentes de neige issues de fortes précipitations neigeuses ;

Les avalanches de type "plaque à vent" : il s'agit de neiges plus ou moins récentes qui forment un manteau "mille feuilles" pouvant être emporté par le simple passage d'un skieur ; Les avalanches de neige humide : elles proviennent du redoux et de la fonte des neiges du printemps, les pluies infiltrent le manteau neigeux provoquant ainsi des coulées de neige dans des couloirs.^[1]

IV-1-5-Les menaces de la neige

- ✓ D'une manière plus générale, la neige provoque des nuisances sur plusieurs plans bien distincts :
- ✓ La viabilité hivernale : la neige menace la praticabilité des routes ;
- ✓ La surcharge imposée : la neige peut causer des dégâts aux bâtiments et au : équipements divers en provoquant une surcharge ;
- ✓ Les avalanches.
- ✓ Les entités menacées se répartissent en 4 catégories :
- ✓ Les lieux : habités,
- ✓ Les voies de communication,
- ✓ Les domaines skiabiles,
- ✓ Les aménagements industriels (barrages, lignes électriques, etc.).^[2]

IV-1-6-Les séismes

➤ Définition

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol ou en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmis au : bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.^[3]

[1] AUGEREAU J.-F. & PEREIRA A. : La prévision des avalanches demeure une science inexacte. Quotidien Le Monde. 27 octobre 1999.

[2] BERNIER J. : Les conditions du dialogue entre l'homme d'étude et le décideur en situation de risque. 15 décembre 1999.

[3] <http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htm> .Le 25/02/2023.

Chapitre I : Généralités sur les risques

➤ **Caractéristiques des séismes**

Un séisme est caractérisé par :

- ✓ Son foyer (hypocentre) : c'est le point de départ du séisme, c'est à dire la région de la faille d'où partent les ondes sismiques (à plusieurs kilomètres en profondeur) ;
- ✓ Sa magnitude (Échelle de Richter de 1 à 9) : unique pour un même séisme, elle mesure l'énergie libérée par celui-ci ;
- ✓ Son intensité : variable selon le lieu : en fonction, par exemple, de la distance par rapport au foyer ou de la nature du sol, elle mesure les dégâts provoqués en un lieu donné
- ✓ La fréquence et la durée des vibrations : ces deux paramètres ont une incidence fondamentale sur les effets en surface ;
- ✓ La faille provoquée (verticale ou inclinée) : elle peut se propager en surface.^[1]

IV-1-7-Les volcans

➤ **Définition**

Un volcan est une ouverture mettant en relation la surface du globe avec les profondeurs, permettant à des matériaux terrestres de venir s'épancher en surface (sous forme de laves, gaz...).

Ce phénomène est intermittent, les phases d'émission alternant avec des phases de sommeil qui peuvent être très longues (jusqu'à plusieurs centaines d'années) : le volcan est dit vivant.

Un volcan est considéré comme éteint si le temps écoulé depuis sa dernière éruption est très supérieur à la moyenne des périodes de sommeil passées : cela ne veut pas dire qu'il ne puisse se réveiller un jour.

➤ **Les différents types d'éruptions volcaniques**

Il existe plusieurs sortes d'éruptions :

- ✓ **Les éruptions magmatiques** : le magma, roche fondue contenant des gaz. Dissous, monte à la surface où il se sépare en lave et en gaz,
- ✓ **Les éruptions phréatiques** : libération soudaine d'une grande quantité de vapeur d'eau, à pression et température élevées, provoquant l'éjection de matériau : de toutes tailles (blocs et poussières),

[1] <http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htmLe25/02/2023>

Chapitre I : Généralités sur les risques

- ✓ **Les éruptions phréato magmatiques** : elles sont dues à la rencontre du magma ascendant avec une nappe phréatique ou une eau superficielle (lac, cours d'eau...) – le magma sort en même temps que l'eau,
- ✓ **Les lahars** : coulées boueuses volcaniques,
- ✓ Les éruptions gazeuses carboniques. ^[1]

IV-1-8-Les tempêtes

➤ **Définition**

Les tempêtes constituent une catégorie de vents violents, mesurés par l'échelle de "Saffir-Simpson". Physiquement, elles sont le résultat de l'interaction :

D'une petite perturbation véhiculée au sein d'un courant de vent violent et glacé,

Et d'un tourbillon de la basse atmosphère alimenté en eau et en chaleur par l'océan.

Sur le littoral, une tempête peut se manifester – en plus des effets dus au : vents violents eux-mêmes – par un effet de destruction par les vagues des ouvrages de protection (digues) et des bâtiments proches du front de mer, ainsi que par un effet d'inondation par accumulation des eaux et éventuellement remontée d'eau dans les réseaux pluviaux. ^[2]

➤ **Les paramètres pertinents dans l'étude des tempêtes**

Parmi les paramètres pertinents dans l'étude des tempêtes on distingue :

- ✓ La chute de pression barométrique,
- ✓ L'orientation des vents (vents venant de la mer),
- ✓ La valeur du coefficient de marée. ^[3]

[1] <http://www.environnement.gouv.fr/Le25/02/2023>

[2] http://www.environnement.gouv.fr/LE_01/03/2023_a_12_00h

[3] http://www.ac-rouen.fr/rectorat/profession_rme/une.htm LE 01/03/2023 a 12 :00h

IV-2-Les risques technologiques

IV-2 -1-Les risques industriels

➤ Définition

Le risque industriel peut se définir comme tout événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement.

Sont donc concernées toutes les activités nécessitant des quantités d'énergie ou de produits suffisamment importantes pour qu'en cas de dysfonctionnement,

La libération intempestive de ces énergies ou produits ait des conséquences au-delà de l'enceinte de l'usine.

Afin d'en limiter la survenue et les conséquences, les établissements les plus dangereux sont soumis à une réglementation stricte et à des contrôles réguliers.^[1]

➤ Les manifestations du risque industriel

Certaines entreprises peuvent avoir des problèmes, en raison des produits qu'elles fabriquent ou entreposent, comme suit :

❖ Un risque d'incendie (effet de chaleur) :

Ce risque peut entraîner brûlures et asphyxie, suite à l'inflammation des produits :

- ✓ Soit au contact d'autres produits,
- ✓ Soit au contact d'une flamme ou d'un point chaud.

❖ Un risque d'explosion (projectiles et effet de souffle) :

Ce risque peut entraîner des traumatismes directs ou par l'onde de choc ; il est dû :

- ✓ Soit à la libération brutale de gaz,
- ✓ Soit au mélange de certains produits,
- ✓ Soit à la présence de produits explosifs.

[1] <http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/inde:.htm> LE 03/03/2023 a 15 :00 h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

❖ Un risque de pollution :

- ✓ De l'air (nuage toxique) : c'est le risque le plus grave pour les populations éloignées du site ;
- ✓ Du sol ou de l'eau.

La toxicité des produits dangereux peut se révéler par inhalation (en les respirant), par ingestion (en les avalants) ou par contact (en les touchant).

Parfois, plusieurs de ces risques sont combinés pour une même usine. ^[1]

IV-2-2-Les ruptures de barrage

➤ Définition d'un barrage

Un barrage est un ouvrage naturel ou artificiel, généralement établi en travers d'une vallée, transformant en réservoir d'eau un site naturel approprié. Si la hauteur est supérieure ou égale à 20 m et la retenue d'eau supérieure à 15 millions de m³, il est appelé "grand barrage".

Les barrages servent principalement à la régulation des cours d'eau, à l'alimentation en eau des villes, à l'irrigation des cultures, au soutien d'étiage, à la production d'énergie électrique et au tourisme et aux loisirs. ^[2]

➤ Le risque de rupture de barrage

Le risque de rupture brusque et imprévue est aujourd'hui extrêmement faible ; la situation de rupture pourrait plutôt venir de l'évolution plus ou moins rapide d'une dégradation de l'ouvrage. Une rupture progressive laisserait le temps de mettre en place les procédures d'alerte et de secours des populations.

En revanche, une rupture partielle ou totale brusque produirait une onde de submersion très destructrice dont les caractéristiques (hauteur, vitesse, horaire de passage...) ont été étudiées en tout point de la vallée. Dans cette zone et plus particulièrement dans la zone "du quart d'heure" (zone dans laquelle l'onde mettrait moins d'un quart d'heure pour arriver), des plans de secours et d'alerte ont été établis dès le projet de construction du barrage.

Il convient enfin de noter que les séismes n'ont jamais provoqué de dégâts sérieux sur des barrages, qu'ils soient en remblai ou en maçonnerie ; cette observation s'est à nouveau confirmée lors des récents séismes d'Arménie en 1988 et de Californie en 1989.

[1] <http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htm> LE 03/03/2023a 15 :00h.

[2] <http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/inde:.htm> LE04/03/2023 a 09 :00h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

Les facteurs menaçant l'ouvrage sont :

- ✓ Les accidents géologiques dont le poids de l'eau retenue en est parfois la cause (ex. : glissements de terrain),
- ✓ La perturbation du fonctionnement de la rivière (crues moins fréquentes surprenant les riverains),
- ✓ La libération potentielle de la quantité d'eau retenue. ^[1]

IV-2-3-Les transports de matières dangereuses

➤ Définition

Le risque de transport de matières dangereuses est consécutif à un accident se produisant lors du transport, par voie routière, ferroviaire, aérienne, d'eau ou par canalisation, de matières dangereuses. Il peut entraîner des conséquences graves pour la population, les biens ou l'environnement.

Les produits dangereux sont nombreux ; ils peuvent être inflammables, toxiques, explosifs, corrosifs ou radioactifs. ^[2]

➤ La manifestation des accidents de T.M.D.

Les principaux dangers liés au : T.M.D. sont :

- ✓ **L'explosion** occasionnée par un choc avec étincelle, par le mélange de produits avec des risques de traumatisme direct ou par l'onde de choc,
- ✓ **L'incendie** à la suite d'un choc, d'un échauffement ou d'une fuite avec des risques de brûlures et d'asphyxie,
- ✓ **La dispersion** dans l'air (nuage toxique), l'eau et le sol de produits dangereux avec risques d'intoxication par inhalation, par ingestion ou par contact, sans oublier les risques pour l'environnement (animaux et végétaux) du fait de la pollution du sol ou de l'eau (contamination).

Ces manifestations peuvent être associées. ^[3]

[1] GARCON R. : Prévention des risques de dysfonctionnement des barrages hydro-électriques des Alpes. 1er décembre 1999

[2].<http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htm> Le 04/03/2023 à 11 :00h

[3] <http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/index.htm> Le 04/03/2023 à 11 :00h

Chapitre I : Généralités sur les risques

IV-2-4-Les risques nucléaires

➤ Définition

Le risque nucléaire est un événement accidentel mettant en jeu des matières radioactives (classiquement dans une centrale nucléaire), avec des risques d'irradiation ou de contamination pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement. Le risque nucléaire majeur est la fusion du cœur du réacteur d'une centrale nucléaire. ^[1]

➤ Caractéristiques du risque nucléaire

En cas d'accident majeur, les risques sont de deux ordres :

Risques d'irradiation par une source radioactive : en France, ce risque ne concerne que le personnel de la centrale ;

Risque de contamination par les poussières radioactives dans l'air respiré (nuage) ou déposées sur le sol (aliments frais, objets).

Les conséquences pour l'individu sont fonction de la dose absorbée (durée d'exposition, proximité de la source radioactive...). On se protège de l'irradiation par des écrans (plomb, métal) et de la contamination par le confinement. ^[2]

IV-2-5-Les risques bâtiment aires

Il peut s'agir de menaces de ruines ou de risques plus diffus tels que les risques d'amiante, de feux de bâtiments, de rejets toxiques, de sols pollués, etc...Actuellement, les villes se reconstruisent sur elles-mêmes plus qu'elles ne s'étendent. Les problèmes d'aménagement sont essentiellement posés par les terrains les moins chers – en particulier les friches urbaines (classiquement résultant d'usines laissées à l'abandon). Leur conversion est coûteuse : démolition, dépollution, redécoupage des îlots, création d'équipements, etc. De tels terrains, qu'ils soient à l'abandon ou en cours de réhabilitation présentent des menaces pour les parcelles avoisinantes. ^[3]

[1,2]<http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/index.htm> LE04/03/2023 a 11 ;00h.

[3] WALTER J. : Les friches urbaines s'avèrent difficiles à reconquérir. Revue Géomètre. Janvier 1998, p.15

Chapitre I : Généralités sur les risques

IV-2-6-Les risques de réseaux

L'exploitation de réseau : techniques (eau, électricité, gaz) en milieu urbain pose plusieurs problèmes de sécurité liés au confinement, au : interactions avec l'environnement et les populations, à la prévention, etc.

Les risques induits peuvent être directement dus à des défauts de conception et d'implantation, ou à des défaillances dans la maintenance et l'exploitation.

Par ailleurs, l'indisponibilité provisoire d'un réseau (d'énergie, de transport ou de communication) est susceptible de paralyser les parties du territoire dont le fonctionnement est tributaire de ce réseau.

Les dommages en chaîne provoqués par ces perturbations sont souvent du même ordre de grandeur que les dommages occasionnés directement par l'action physique du phénomène. [1]

Les risques de réseaux sont plus amplement traités dans le chapitre qui leur est consacré à la fin de cet ouvrage. [1]

IV-2-7-Les risques "de société"

Les problèmes liés au : sociétés urbaines modernes sont hélas nombreux. Sur la base des faits constatés (c'est-à-dire soumis au parquet), les services de police recensent depuis 1972 par villes et par départements les débordements divisés en 5 catégories :

- ✓ Atteintes au : biens (en pratique, les 2/3 des faits) ;
- ✓ Violences et atteintes au : personnes ;
- ✓ Atteintes à la paix publique (destructions, incendies...) ;
- ✓ Infractions à la législation sur les stupéfiants ; Autres...
- ✓ La délinquance recoupe l'ensemble de ces actes. Elle se distingue des autres risques précédemment abordés par son caractère intentionnel. L'insécurité engendrée dans les villes se définit au travers de 4 niveaux :
- ✓ La représentation : "représenter" l'insécurité est le moyen d'en faire une préoccupation ;
- ✓ La perception liée à l'environnement quotidien de l'individu : la pression, l'exposition et la vulnérabilité au phénomène jaugent la délinquance telle qu'elle est ressentie par les populations
- ✓ La victimation déclarée : elle est mesurée par des enquêtes et permet de mieux cerner la délinquance [2]

[1] TARDY A. : Approche systémique pour l'analyse des risques liés au : infrastructures souterraines urbaines. 31 janvier 2000

[2] CHALUMEAU E. : Analyse spatiale de la délinquance dans les diagnostics locaux de sécurité. IHESI : Institut des Hautes Études de la Sécurité Intérieure

IV-3-Les risques sanitaires et environnementaux

IV-3-1-Les risques de toxicité et de pollutions

➤ **L'ampleur des risques de pollution**

La pollution et la toxicité ont déjà été abordées à l'occasion des risques technologiques industriels. Nous avons pris le parti d'évoquer à nouveau ce problème à propos des risques sanitaires et environnementaux afin de donner un éclairage du point de vue de la victime : l'homme. De fait, les populations nuisibles à l'homme et à l'environnement ne sont pas uniquement industrielles ou nucléaires. Elles peuvent aussi être :

- ✓ Domestiques,
- ✓ Urbaine : lavages, commerces, artisanats, bâtiments scolaires, hôpitaux, eau : de pluie...,
- ✓ Ruissellement autoroutier en rase campagne, travaux, déversements accidentels, entretien, salage, déversements habituels (pneus, zinc, cadmium, hydrocarbures, oxydes d'azote, plomb...),
- ✓ Agricoles, etc. ^[1]

➤ **Les types de pollution**

Généralement, on distingue 3 types de pollution :

- ✓ **Physique** : matières en suspension,
- ✓ **Chimique** : substances en solution,
- ✓ **Thermique** : accroissement de la température dû à des circuits de refroidissement (exemple : centrales énergétiques),

Auxquels nous avons ajouté la pollution par le bruit ou "pollution phonique" (cf. Remarque en fin de partie). ^[2]

Quels qu'en soient les types, les pollutions conduisent parfois à l'évacuation de plusieurs milliers de personnes ou à de lourds programmes de réhabilitation de sites pollués. Citons – pour clore le sujet – les problèmes de pollutions induites qui transfèrent la pollution d'un site à un autre : "C'est un peu l'aventure bien connue du sapeur Camembert qui ayant creusé un trou pour y mettre des ordures, puis un deuxième trou pour y mettre la terre du premier, se trouve devant un problème insoluble... du moins

[1] LEROY J.-B. : La pollution des eaux. Que Sais-je ? N°983, Éditions PUF. 128 pp

[2] Jean-François GLEYZE Janvier 2002

Chapitre I : Généralités sur les risques

à son échelon.” Par exemple, une mise en décharge peut provoquer des infiltrations dans le sol, et à terme, la présence de substances organiques et de substances toxiques dans les nappes phréatiques.

➤ **La gestion des risques de pollution**

Ces types de risques bien définis appellent une gestion raisonnée de l’espace, des milieux : et des peuplements. Ce n’est pourtant pas chose aisée, et ce à tous les niveaux – par exemple pour le risque de pollution atmosphérique.

- ✓ Physiquement : la pollution atmosphérique est définie par rapport au : risques qu’elle induit (et non à un niveau physico-chimique),
- ✓ Causalement : l’aléa anthropique (émissions de gaz carbonique) est bien plus déterminant que l’aléa naturel (conditions climatiques),
- ✓ Politiquement : d’une part au niveau des délais d’intervention (le temps est “concevable” mais dépasse les délais électoraux), d’autre part au niveau de l’ampleur de l’action à mener (la politique doit être planétaire),
- ✓ Spatialement : il n’existe pas de territoire pertinent pour l’étude – à la différence de l’eau, l’air n’a pas de frontières et l’approche spatiale du phénomène consiste à considérer un emboîtement d’échelles.^[1]

➤ **Remarque concernant le risque induit par le bruit**

L’évocation du bruit peut paraître saugrenue dans ce paragraphe parmi les pollutions physique, chimique et thermique. Cependant, les nuisances occasionnées par le bruit sont de plus en plus maux supportés par les citoyens, et étant donnée l’ampleur du phénomène, on parle volontiers de “pollution par le bruit”. Celle-ci est aujourd’hui la source de “pollution” dont souffrent le plus les Algériens. ^[2]

IV-3-2-Les risques d’épidémies et de maladies

La prise en compte de tels risques est sans doute à la mesure des menaces qu’ils représentent mais aussi de l’émotion qu’ils suscitent.

De tels risques regroupent non seulement les maladies et problèmes sanitaires des dernières décennies (vache folle, V.I.H., amiante, hépatite...) mais également les controverses autour de risques potentiels

[1,2] ROUSSEL I. : La difficile territorialisation du risque lié à la pollution atmosphérique. Actes du colloque international Risques et territoires. ENTPE, Vaulx-en-Velin. 2001.

Chapitre I : Généralités sur les risques

(telles les manipulations génétiques). La tendance actuelle est à la prise en compte exhaustive de tous les événements indésirables pouvant affecter la santé des individus, que cela concerne les systèmes de soins ou l'alimentation (cf. paragraphe suivant).

L'étude des risques de maladies appelle une connaissance scientifique et médicale pointue des mécanismes mis en jeu mais également une appréhension de la perception sociale du risque, qui implique en partie les processus de contamination, transmission et prévention autour de la maladie. ^[1]

IV-3-3 Les risques alimentaires

Le danger sous-jacent aux risques alimentaires est la présence d'un agent biologique, chimique ou physique ayant un potentiel de provoquer des effets néfastes pour la santé (risque sanitaire) ou la qualité (risque technologique) dans un aliment ou un groupe d'aliments. ^[2]

[1,2] MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ : Risques et sécurité sanitaires. Appel d'offres lancé conjointement par l'INSERM – programme de recherche en santé publique, le CNRS – programme "Santé et Société" – et la Mire (mission recherche du ministère). 1999, 6 pp

Section2 : Gestion des risques

I-Définition

La gestion des risques est un processus systématique et continu visant à identifier, évaluer et contrôler les risques auxquels une organisation est exposée. Elle vise à anticiper et à minimiser les conséquences négatives des événements incertains sur les objectifs et les activités d'une organisation. ^[1]

II-L 'importance de la gestion des risques

II-1-Prévention des pertes

La gestion des risques permet d'identifier et d'évaluer les risques potentiels auxquels une organisation est confrontée. En prenant des mesures pour atténuer ces risques, on peut prévenir les pertes financières, matérielles ou humaines.

II-2-Prise de décisions éclairées

Une gestion efficace des risques fournit des informations précieuses pour la prise de décisions éclairées. Elle permet de comprendre les conséquences potentielles d'une décision, d'évaluer les avantages et les inconvénients, et d'adopter des mesures appropriées pour gérer les risques associés.

II-3-Amélioration de la performance

En identifiant les risques et en mettant en œuvre des mesures d'atténuation appropriées, la gestion des risques peut contribuer à améliorer la performance globale d'une organisation. Elle permet d'optimiser l'utilisation des ressources, de réduire les perturbations et d'accroître l'efficacité opérationnelle.

II-4-Préparation aux crises

Les crises peuvent survenir à tout moment, La gestion des risques aide à préparer les organisations à faire face à de telles crises en établissant des plans d'urgence, en formant le personnel et en mettant en place des mécanismes de réponse appropriés. ^[2]

[1,2] www.OpenAI.com LE 16/04/2023 à 14 :00h.

III-La démarche de la gestion des risques

III-1-Identification des risques

La première étape consiste à identifier tous les risques potentiels auxquels l'organisation est confrontée. Cela peut être fait en effectuant des analyses approfondies des processus, des activités et de l'environnement de l'organisation, en utilisant des techniques telles que les listes de vérification, les entretiens, les observations et l'examen des données historiques. L'objectif est d'obtenir une vision complète des risques internes et externes qui pourraient avoir un impact sur les objectifs de l'organisation. ^[1]

III-2-Évaluation des risques

Une fois les risques identifiés, ils doivent être évalués pour déterminer leur probabilité d'occurrence et leur impact potentiel sur l'organisation. Cette évaluation peut être réalisée en utilisant des méthodes qualitatives (par exemple, matrice de probabilité-impact) ou quantitatives (par exemple, analyse statistique, modélisation des risques). L'évaluation des risques permet de hiérarchiser les risques en fonction de leur gravité et de leur priorité pour la gestion. ^[2]

III-4-Analyse des risques

Après l'évaluation, une analyse plus approfondie des risques les plus importants peut être effectuée. Cela implique d'identifier les causes sous-jacentes des risques, de comprendre les scénarios possibles d'occurrence des risques et d'évaluer les vulnérabilités de l'organisation face à ces risques. L'analyse des risques permet d'obtenir une compréhension approfondie des facteurs contribuant aux risques et aide à développer des stratégies de gestion appropriées. ^[3]

III-5-Planification des mesures de gestion des risques

Sur la base de l'analyse des risques, des mesures de gestion appropriées doivent être planifiées. Cela peut inclure l'identification de mesures de prévention pour réduire la probabilité d'occurrence des risques, de mesures de protection pour atténuer l'impact des risques, de mesures de transfert de risques par le biais d'assurances ou de contrats, et de mesures de rétention des risques lorsque leur impact est acceptable pour l'organisation. La planification doit également prendre en compte les ressources nécessaires, les responsabilités et les échéanciers. ^[4]

[1,2,3,4] www.OpenAI.com LE 16/04/2023 à 14 :00h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

III-6-Mise en œuvre des mesures de gestion des risques

Une fois les mesures de gestion définies, elles doivent être mises en œuvre de manière efficace. Cela implique de communiquer clairement les mesures aux parties prenantes concernées, d'allouer les ressources nécessaires, de former le personnel, de mettre en place les contrôles et les procédures nécessaires, et de suivre leur application. ^[1]

III-7-Surveillance et réévaluation continue

La gestion des risques est un processus continu. Les mesures de gestion doivent être régulièrement surveillées pour s'assurer de leur efficacité et de leur adaptation aux évolutions des risques.

En résumé, la gestion des risques est essentielle pour prévenir les pertes, prendre des décisions éclairées, protéger la réputation, se conformer aux réglementations, améliorer la performance et se préparer aux crises. Elle permet aux organisations de mieux gérer l'incertitude et d'assurer leur viabilité à long terme. ^[2]

Section 3 : L'évaluation des risques

I-Définition de l'évaluation des risques

Le terme évaluation des risques est utilisé pour décrire l'ensemble du processus ou de la méthode qui permet :

- ✓ De cerner les dangers et les facteurs de risque qui pourraient causer un préjudice (identification des dangers).
- ✓ D'analyser et d'examiner le risque associé au danger (analyse du risque et examen du risque).
- ✓ De déterminer des moyens appropriés pour éliminer le danger ou pour maîtriser le risque lorsque le danger ne peut pas être éliminé (maîtrise du risque).

Une évaluation des risques consiste en une inspection approfondie du lieu de travail en vue d'identifier entre autres les éléments, situations et procédés qui peuvent causer un préjudice, en particulier à des personnes. Une fois que le risque a été cerné, il faut analyser et évaluer la probabilité et la gravité du risque. Il faut ensuite déterminer quelles mesures adopter afin d'empêcher le préjudice de se concrétiser. ^[3]

[1,2] www.OpenAI.com LE 16/04/2023 à 14 :00h.

[3] WWW.CCHST.CA LE 20/04/2023 à 13 :00h

Chapitre I : Généralités sur les risques

II-L 'importance d'évaluation des risques

Les évaluations des risques sont très importantes puisqu'elles font partie intégrante d'un bon plan de gestion de la santé et de la sécurité au travail. Elles contribuent à :

- ✓ Sensibiliser les personnes aux dangers et aux risques.
- ✓ Déterminer qui est exposé à des risques (employés, personnel d'entretien, visiteurs, entrepreneurs, membres du public, etc.).
- ✓ Déterminer si un programme de gestion est nécessaire pour un danger particulier.
- ✓ Déterminer si les mesures de maîtrise des risques en place sont appropriées ou s'il faut en instaurer d'autres.
- ✓ Prévenir les blessures ou les maladies lorsque les évaluations sont effectuées à l'étape de la conception ou de la planification.
- ✓ Hiérarchiser les risques et les mesures de maîtrise de ces derniers.
- ✓ Satisfaire les obligations juridiques, le cas échéant. ^[1]

III-L 'objectif d'évaluation des risques

L'objectif du processus d'évaluation des risques consiste à examiner les dangers, puis à éliminer ces dangers ou à réduire le degré de risque en ajoutant des mesures de maîtrise des risques, au besoin. Ainsi, le lieu de travail deviendra plus sûr et plus sain.

Le but est de tenter de répondre aux questions suivantes :

- a. Que peut-il arriver et dans quelles circonstances ?
- b. Quelles sont les conséquences possibles ?
- c. Quelle est la probabilité que les conséquences possibles se produisent ?
- d. Est-ce que le risque est maîtrisé efficacement, ou faut-il prendre d'autres mesures ?

De nombreuses circonstances peuvent justifier une évaluation des risques, notamment :

- ✓ Avant l'intégration de nouveaux processus ou activités.
- ✓ Avant l'apport de changements à des activités ou à des processus courants, dont l'arrivée de produits, de machinerie, d'outils, de modifications à l'équipement ou la communication de nouveaux renseignements concernant les dangers.
- ✓ Au moment où des dangers sont relevés. ^[2]

[1,2] WWW.CCHST.CA LE 20/04/2023 à 13 :00h

IV-La démarche d'évaluation

La démarche d'évaluation est une démarche structurée selon les étapes suivantes mettant en œuvre différents outils : ^[1]

IV-1-Préparer l'évaluation des risques

Cela consiste à définir le cadre de l'évaluation et les moyens qui seront mis en place en amont pour y parvenir.

Après avoir créé un groupe de travail, il faudra, premièrement, définir l'organisation à mettre en place à savoir la désignation d'une personne ou d'un groupe coordonnant et rassemblant les informations.

Viendra ensuite la mise en place du champ d'intervention (« unité de travail ») puis la définition des outils utiles à l'évaluation (documents, grilles, check-lists, logiciels spécifiques...), Les moyens financiers et la formation interne nécessaire devront également être discutés au préalable sans oublier la communication.

IV-2-Identifier les risques

L'identification des dangers vise à déceler et à consigner tout danger possible en milieu de travail. Pour ce faire, il peut être utile de travailler en équipe, avec des personnes qui connaissent bien la zone de travail et d'autres qui ne la connaissent pas ; ainsi, vous profitez d'une expérience et d'un regard neuf pour faire l'inspection.

IV-3-Classer les risques

Comme précisé précédemment, les **risques** sont ensuite classés. Cette étape est essentielle puisque c'est une action qui permettra de définir un plan d'actions cohérent. Le mode de classement dépend de l'employeur en s'appuyant sur l'expérience et les connaissances des salariés ou des données statistiques par exemple. Ainsi, cette étape a pour objectifs principaux de débattre de priorités d'actions et d'aider à les planifier. Les outils utilisés à cette étape sont généralement des matrices « Probabilité/gravité ».

IV-4-Proposer des actions de prévention.

Appuyées sur l'identification et le classement des risques, et après avis des instances représentatives des salariés, les actions décidées - qui seront de la responsabilité du chef d'entreprise - contribueront à alimenter le plan annuel de prévention. Pour ce faire,

[1] www.inrs.fr Le 06/04/2023 à 19 :00 h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

Des groupes de résolution de problèmes peuvent être constitués. Les actions sont choisies en privilégiant les mesures qui répondent aux 9 principes de prévention.

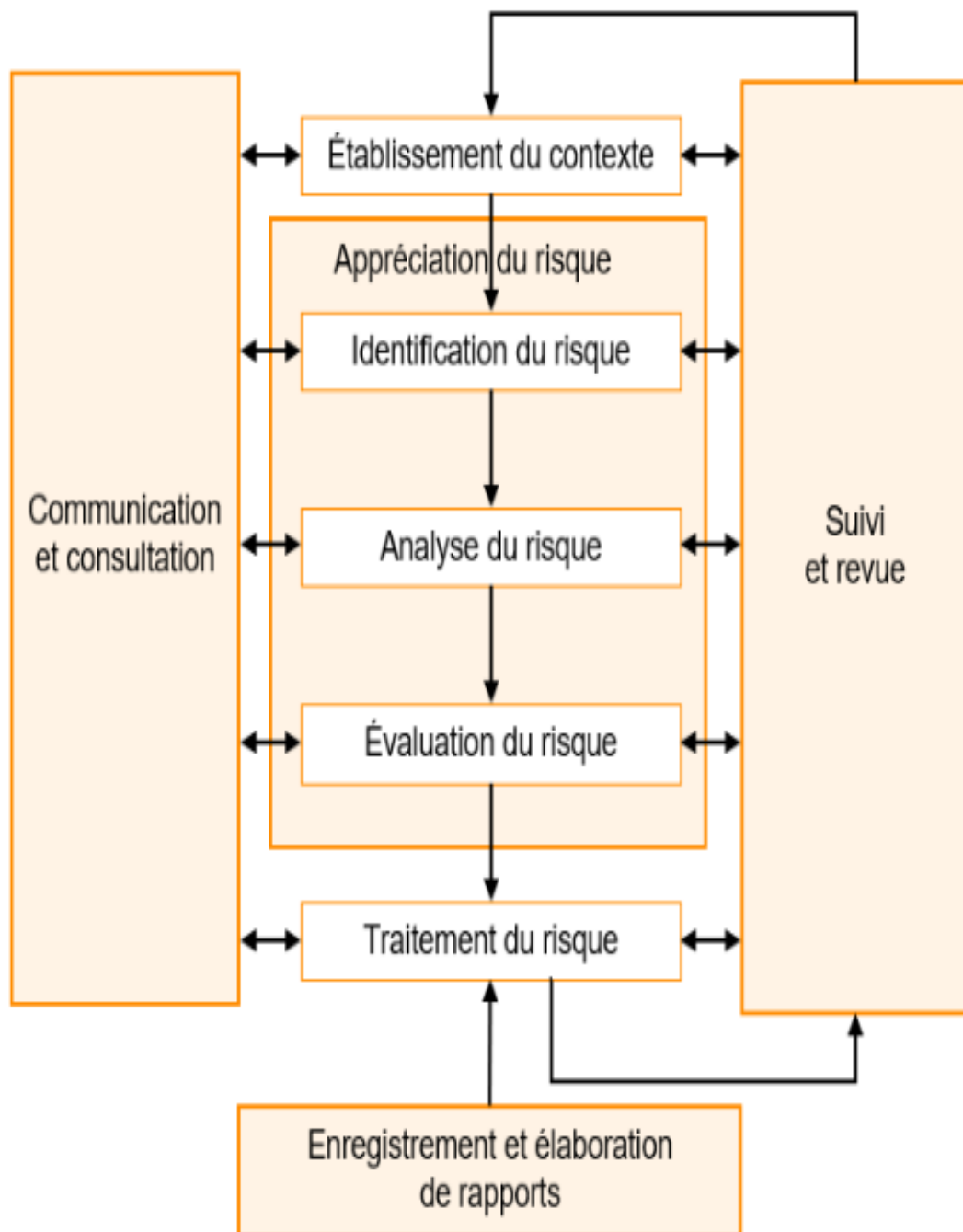


Figure 1 L'appréciation des risques dans le processus globale gestion des risques

SOURCE : adapté de la norme ISO 31000.

Chapitre I : Généralités sur les risques

V-Méthode d'évaluation des risques

Afin de prévenir les risques associés à un procédé, un certain nombre de méthodologies ont été développées pour procéder à une évaluation systématique des risques et de leurs conséquences.

Ces méthodologies servent à mettre en évidence toutes les sources de dangers, à identifier les risques posés par les éléments du système et leurs interactions, à anticiper des dérives et mettre en place des mesures de sécurité (ou barrières dans le cas d'accidents majeurs), pour d'une part éviter que ces déviations apparaissent et d'autre part en limiter les conséquences dans les cas où cette déviation ne pourrait être corrigée. L'application de méthodes d'évaluation de risques permet donc de regrouper un certain nombre de données dans le but de maintenir à tout instant l'installation en sécurité que ce soit en fonctionnement normal ou en marche dégradée. ^[1]

V-1-Analyse préliminaire des risques (APR)

L'APR est avant tout une démarche structurée et organisée de façon à permettre d'apprécier à priori les risques présents sur un site. Cette méthode est largement utilisée et connue pour sa capacité à s'adapter à tous types d'installations. ^[2]

V-2-L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse systématique et proactive des risques permettant de déterminer les défaillances majeures de processus complexes. ^[3]

V-3-La méthode (HAZOP)

Une HAZOP est un outil d'évaluation systématique utilisé pour identifier et traiter les dangers potentiels dans les processus industriels avant qu'un incident ne se produise et ne puisse affecter la sécurité des personnes ou des biens tout en entravant la productivité. ^[4]

V-4-Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE)

L'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE), qui étudie les possibles défaillances d'un système et les meilleures façons de les éviter ou d'atténuer la gravité de leurs effets, permet aux entreprises de connaître les risques actuels de leurs actifs et leur fonctionnalité future. ^[5]

[1,4] OULMANE Younes CHORFI Tahar PROJET FIN D'ETUDE ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE ALGER 2020

[2]www.INRS.FR Le 15/04/2023 a 12 :00h.

[3] The Canadian Journal of Hospital Pharmacy.

[5] [https://www.applus.com/ma/fr/what-we-do/service-sheet/mode-de-d%C3%A9faillance-et-leurs-effets-\(amde\)](https://www.applus.com/ma/fr/what-we-do/service-sheet/mode-de-d%C3%A9faillance-et-leurs-effets-(amde))Le 15/04/2023a 16:00h.

Chapitre I : Généralités sur les risques

V-5-Méthode de l'Arbre des Causes

L'arbre des causes est un outil clef de représentation graphique des causes d'un problème. Il permet d'aller en profondeur dans l'analyse en explorant l'ensemble des causes d'un problème. Les causes sont souvent multiples et représentées sur plusieurs niveaux.

Les causes "profondes" sont celles sur lesquelles il faut agir pour éviter que le problème ne survienne à nouveau. Plusieurs méthodes sont possibles pour l'analyse des causes, la question clef étant à chaque fois "Pourquoi ?". [1]

V-6-Méthode de l'Arbre des Conséquences

L'arbre des conséquences est la représentation graphique de l'enchaînement logique des faits qui ont provoqué un accident.

L'analyse par arbres de conséquence est une méthode de type inductive qui a pour objectif :

- ✓ Identifier toutes les séquences possibles événements qui peuvent découler d'un événement initiateur donné.
- ✓ Représenter et évaluer de manière qualitative et quantitative ces séquences. [2]

VI-Critères de choix d'une méthode d'analyse

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

[1] <http://www.definition-qualite.com/arbre-des-causes.htm> Le 16/03/2023 à 11 :00h

[2] <https://www.fiateq.com/nos-activites/la-surete/arbre-des-consequences/> Le 16/03/2023 à 11 :00h

VII--Conclusion

Les différentes méthodes d'évaluation des risques mis en application pour fait ressortir certains événements indésirables qui peuvent maintenir les trois cibles (l'homme, la machine, et l'environnement) mais nous sommes intéressés à la méthode **AMDEC** car nous trouvons le choix optimal pour notre étude (nous avons utilisé la méthode AMDEC qui la plus efficace et la plus applicable aux installation industrielles comme celle la centrale thermique de CAP-DJINET).

Chapitre II : La méthode AMDEC

Section 1 : Présentation de la méthode AMDEC

I-Introduction

Selon la norme NF EN 13306 ; la sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. La sûreté de fonctionnement se caractérise généralement par les paramètres suivants :

- La fiabilité : aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée.
- La maintenabilité : aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.
- La disponibilité : aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné.
- La sécurité : aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticité (**AMDEC**) est une approche qualitative pour les études de sûreté dans différents domaines. En effet cette technique apporte une connaissance approfondie du fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Les informations obtenues sont utilisées dans le cadre de la maîtrise des risques, avec préoccupation principale l'obtention d'un bon niveau de sûreté de fonctionnement du système opérationnel.

Elle permet de :

- connaître les éléments (fonctions et constituants) les plus importants.
- découvrir, évaluer et classer les faiblesses, les anomalies et les dysfonctionnements de système.
- gérer les points critiques et remettre en cause même la conception de système.
- préconiser les mesures correctives.
- évaluer les effets de ces mesures pour s'assurer de leur efficacité, et pour les comparer et décider.

Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système fiable tout en faisant

Chapitre II : La méthode AMDEC

diminuer le nombre de pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et leurs fonctions, disponible parce qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques, sécurisant car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques.

II-L'historique de l'AMDEC

L'AMDEC ou (FMECA (Failure mode effet critically analysis) a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnelly Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

La méthode d'abord été utilisée pour évaluer la fiabilité des produits, puis les processus de production, et sert maintenant à analyser le risque et la criticité de processus divers. C'est un outil courant des programmes de gestion de la qualité. Elle est utilisée systématiquement dans les industries à risque et est un outil obligatoire de l'accréditation à certaines normes, par exemple, celles de l'industrie automobile.

Actuellement, les AMDEC sont mises en œuvre : - De façon réglementaire : sûreté des industries à risque (nucléaire, chimie, aérospatiale, transports, etc.) ; - De façon contractuelle : équipementiers de l'automobile principalement ; - De façon volontaire : construction d'une bonne disponibilité à l'origine ou amélioration de la disponibilité en phase d'exploitation. ^[1]

III-Les définitions de base

AMDEC : analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité, en version française.

FMEA : Failure Mode and Effects Analysis en version anglaise, ou **FMECA** en ajoutant Criticality au sigle initial. ^[2]

IV-Buts et objectives

L'étude AMDEC permet principalement d'optimiser les coûts, en effet elle constitue une méthode de diagnostic intelligente dans la mesure où elle permet de prévoir un certain nombre de

[1] La méthode AMDEC. Ecole des Haute Etude Commercial. Joseph Kélada1998.

[2] Gérard Landy AFNOR-2007 ISBN -978-12-47501-3

Chapitre II : La méthode AMDEC

faiblesses, de défauts, d'anomalies et de pannes au niveau de l'ensemble des éléments qui concourent à la fabrication d'un produit.

Donc, le principal objectif lors d'une utilisation de la méthode AMDEC est de réduire les coûts de maintenance.

Et la méthode AMDEC a pour objectif aussi à :

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- Identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel. [1]

SECTION 2 : LES TYPES ET LES ETAPES DE L'AMDEC

I-Types d'AMDEC

Il existe plusieurs types d'AMDEC, parmi les plus importants, mentionnons : [2]

I-1-L'AMDEC-organisation : s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

I-2-L'AMDEC-produit ou l'AMDEC-projet : est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants, on applique l'AMDEC-composants.

I-3-L'AMDEC-processus: s'applique à des processus de fabrication. Elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Elle peut être aussi utilisée pour les postes de travail.

I-4-L'AMDEC-moyen : s'applique à des machines, des outils, des équipements et appareils de mesure, des logiciels et des systèmes de transport interne. (C'est le type utilisé dans notre recherche).

I-5-L'AMDEC-service : s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.

I-6-L'AMDEC-sécurité : s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

[1] BELAID OKBA KADRI MOHAMMED LAKHDAR 2020 Application de la méthode AMDEC sur une machine clé en service

[2] Joseph Kelada Ecole des HES-1994 France

II-Les étapes de la méthode AMDEC

La méthode relève de deux aspects : un aspect qualitatif et un aspect quantitatif.

- **Pour l'aspect qualitatif**

Il s'agit de collecter les défaillances potentielles des processus, de rechercher et d'identifier les causes et de connaître les conséquences éventuelles sur le client, l'utilisateur ainsi que sur l'environnement.

- **L'aspect quantitatif**

Elle consiste à mesurer le risque associé à cette défaillance. Le but recherché est la hiérarchisation des défaillances.

Ceci permettra de connaître le niveau de gravité et l'impact que cela pourrait avoir sur le client, l'utilisateur ou sur l'environnement interne ou externe.

Cela a pour objectif, d'identifier également des actions mesurées au regard de l'impact potentiel de la défaillance.

Voyons ci-après les phases pour implémenter la méthode AMDEC : ^[1]

[1] ©2023 blog gestion de projet Le 05/04/2023 à 10 :00 h.

APPLIQUER LA MÉTHODE AMDEC

5 ÉTAPES

CONSTITUTION DU GROUPE DE TRAVAIL

4 à 8 individus expérimentés, issus de divers services de l'entreprise

ANALYSE FONCTIONNELLE

A quoi sert le procédé analysé, quelles sont ses fonctions, comment fonctionne-t-il ?

ANALYSE QUANTITATIVE ET QUALITATIVE

Analyser les défaillances, leurs modes et effets, ainsi que les causes probables

ÉVALUATION DES DÉFAILLANCES

Évaluer la gravité, la fréquence, la non-détection et la criticité des défaillances analysées

DÉFINITION DU PLAN D'ACTION

Définir et planifier des actions de nature à traiter le problème identifié

Figure 2 Les étapes de la méthode AMDEC

Source : ©2023 blog gestion de projet

Étape 1 : Constituer un groupe de travail ^[1]

La méthode AMDEC étant une méthode prédictive, elle repose fortement sur l'expérience.

Il est donc nécessaire de faire appel à des expériences d'horizons divers afin de neutraliser l'aspect subjectif des analyses.

Ce groupe, est composé de 4 à 8 individus issus de divers services de l'entreprise :

[1] ©2023 blog gestion de projet Le 05/04/2023 à 10 :00 h.

Chapitre II : La méthode AMDEC

- Service production
- Service maintenance
- Service qualité
- Service méthodes

Un des critères pour la constitution du groupe est une expérience significative.

De plus, l'une des personnes du groupe occupe la fonction d'animateur.

Elle a pour rôle de conduire et d'orienter les débats, de veiller au respect des limites du sujet, de désigner la personne qui doit trancher en cas de litige, de rédiger l'AMDEC et de planifier les réunions.

Cette personne ne connaît pas forcément l'objet de l'analyse et il est même préférable qu'elle ne le connaisse pas pour introduire une certaine objectivité dans le déroulement – et elle est souvent extérieure à l'entreprise (consultant).

Même si d'apparence, l'AMDEC ressemble à une discussion où s'opposent des points de vue différents, elle n'en reste pas moins une méthode empreinte d'une certaine rigueur et devant déboucher sur des actions très concrètes.

Parmi les critères d'efficacité de la méthode :

- Une expérience significative
- Discipline : effort de présence
- Efficacité

Étape 2 : Faire une analyse fonctionnelle du procédé

Le système dont on étudie les défaillances doit d'abord être "décortiqué" :

- A quoi sert-il ? : chaque fonction répond à cette question : Ex : un avion vole
- Quelles fonctions doit-il remplir ?
- Comment fonctionne-t-il ?

L'analyse fonctionnelle doit répondre à ces questions, de façon rigoureuse.

Le système doit être analysé sous les aspects suivants :

- Externes : relations avec le milieu extérieur (qu'est ce qui rentre, qu'est ce qui sort)
- Internes : analyse des flux et des activités au sein du procédé ou de la machine

Il existe différentes techniques d'analyse fonctionnelle qui sont citées. ^[1]

[1] ©2023 blog gestion de projet Le 05/04/2023 a 10 :00 h.

Chapitre II : La méthode AMDEC

Quels outils d'analyse fonctionnelle ?

L'analyse descendante : Tout problème peut être décomposé en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros problème.

Étape 3 : Faire l'analyse des défaillances potentielles

Cette analyse se fait sur deux plans : ^[1]

- L'analyse qualitative
- Et l'analyse quantitative

Analyse qualitative

Celle-ci consiste à identifier toutes les défaillances possibles, à déterminer les modes de défaillances, à identifier les effets de chaque défaillance, à analyser et trouver les causes possibles et les causes probables des défaillances potentielles.

Pour réaliser cet objectif, on s'appuie sur l'analyse fonctionnelle.

À partir des fonctions définies, on cherche directement les défaillances potentielles.

Ainsi, l'analyse fonctionnelle aide à trouver les causes en amont et en aval, les effets de chaque mode de défaillance.



Cette analyse concerne la fonction. Elle exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle était censée faire.

L'analyse fonctionnelle recense les fonctions, et l'AMDEC envisage pour chacune d'entre-elles sa façon (ou ses façons, car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement.

A. La cause

- C'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance
- La défaillance est un écart par rapport à la norme de fonctionnement

[1] ©2023 blog gestion de projet Le 05/04/2023 a 10 :00 h.

Chapitre II : La méthode AMDEC

- Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles. On en fait l'inventaire dans des diagrammes dits "diagrammes de causes à effets" dont voici le schéma :

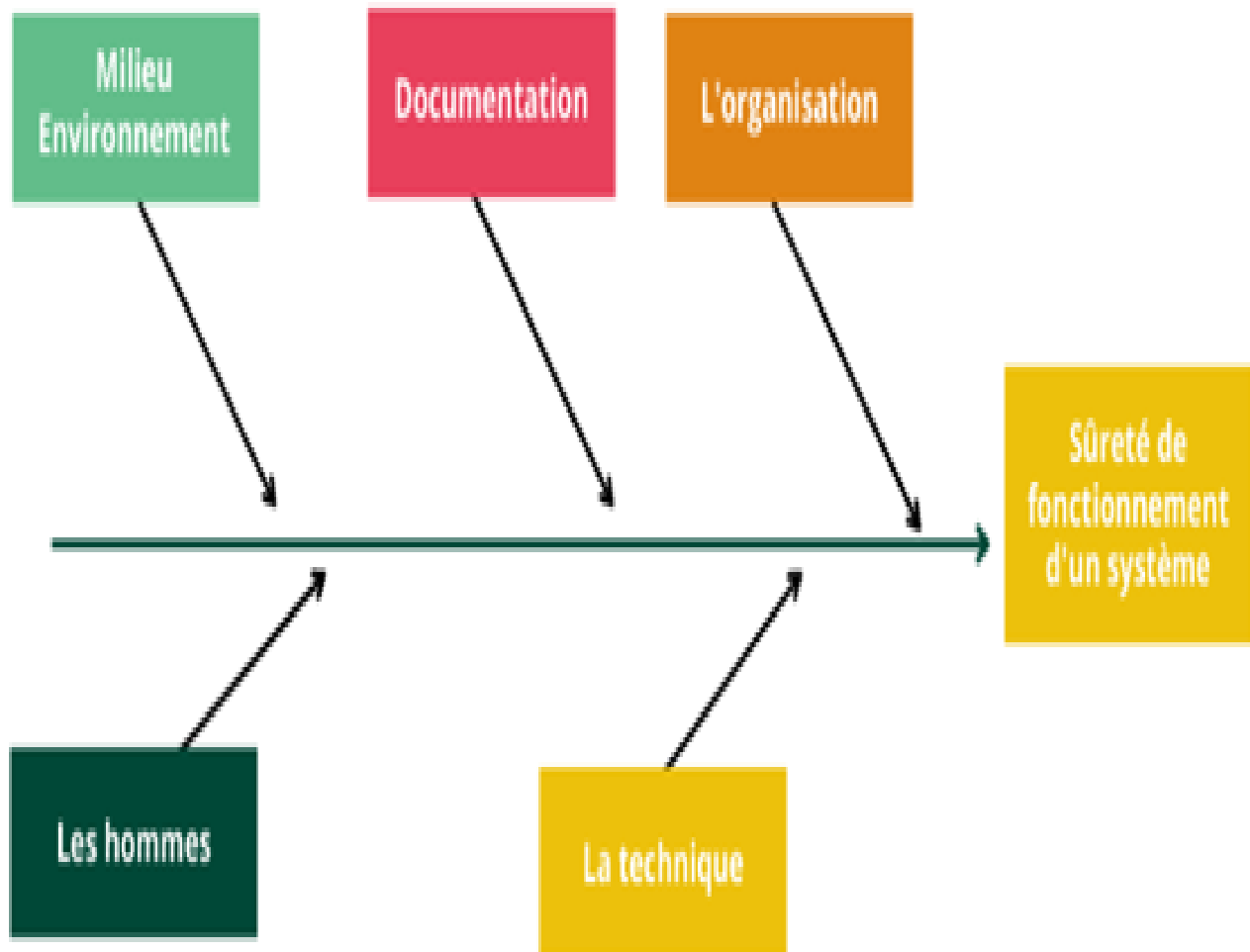


Figure3 :AMDEC famille des causes de défaillance

Source : ©2023 blog gestion de projet

- Chaque famille peut à son tour être décomposée en sous-famille
- Un mode de défaillance peut résulter de la combinaison de plusieurs causes. Une cause peut être à l'origine de plusieurs modes de défaillances.

Chapitre II : La méthode AMDEC

B. L'effet

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance. Il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte :

- Effets sur la qualité du produit (procédé)
- Effets sur la productivité (machine)
- Effets sur la sécurité (sécurité)

Un effet peut lui-même devenir la cause d'un autre mode de défaillance

Étape4 : Évaluer ces défaillances et déterminer leur criticité

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux : ^[1]

- La gravité
- La fréquence
- La non-détection
- La criticité

Ces critères ne sont pas limitatifs, le groupe de travail peut en définir d'autres plus judicieux par rapport au problème traité.

Chaque critère est évalué dans une plage de notes. Cette plage est déterminée par le groupe de travail. (Chef de production, L'ingénieur de maintenance, Responsable HSI).

Étape5 : Définir et planifier des actions

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de 3 types :

- Les actions préventives : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence
- Les actions correctives : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide

[1] ©2023 blog gestion de projet Le 05/04/2023 a 10 :00 h.

Chapitre II : La méthode AMDEC

- Les actions d'amélioration : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement
- Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :
 - Plan d'action
 - Désignation d'un responsable de l'action
 - Détermination d'un délai
 - Détermination d'un budget
 - Révision de l'évaluation après mise en place de l'action et retours des résultats

III-La grille AMDEC

Tableau 2 : la méthode AMDEC

(AMDEC) : Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités													
System : Chaudière			Dates										
L'élément	Fonction	Modes de défaillance	Cause de défaillance	Effet	D	F	G	C	Action	D'	F'	G'	C'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Source : DOUABA NADJI, BEROUBA SLIMANE THEME : 2017Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur à vis- ATLAS COPCO ZE3- Soutenue le: 29/05/2017

1 : Cette colonne permet d'inscrire la désignation de l'élément. ^[1]

2 : Cette colonne permet d'inscrire la fonction réalisée par l'élément lors du fonctionnement normal.

3 : Cette colonne permet d'inscrire le mode de défaillance qui correspond à la manière dont l'élément peut être amené à ne plus assurer sa fonction.

4 : Cette colonne permet d'inscrire les causes ayant conduit à l'apparition de la défaillance du dispositif à travers le mode de défaillance de l'élément.

[1] DOUABA NADJI, BEROUBA SLIMANE THEME : 2017Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur à vis- ATLAS COPCO ZE3-

Chapitre II : La méthode AMDEC

5 : Cette colonne permet d'inscrire les effets provoqués par l'apparition des modes de défaillance ; tels que perçus par l'utilisateur du dispositif.

6: La non-détection(**D**).

7 : La fréquence d'apparition de la défaillance (**F**).

8 : La gravité des conséquences que la défaillance génère (**G**).

9 : Cette colonne permette d'inscrire la valeur de la criticité C, calculée à partir de l'estimation des indices **F**, **G** et **D**.

10 : Cette colonne permet d'inscrire l'ensemble des mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques.

11 : La non-détection(**D**) après l'action corrective.

12 : La fréquence d'apparition de la défaillance (**F**) après l'action corrective

13 : La gravité des conséquences que la défaillance génère (**G**) après l'action corrective

14 : Cette colonne permette d'inscrire la valeur de la criticité C, calculée à partir de l'estimation des indices **F**, **G** et **D** après l'action corrective.

IV-Grille de cotation

Il existe différentes grilles d'évaluations pour les différents domaines où on peut appliquer l'AMDEC, mais en général les paramètres sont notés de 1 à 10. Plus la note est élevée, plus sa sévérité est grande. Notez que les critères utilisés ne sont pas limités à la fréquence, la gravité et la non détection. Le groupe de travail peut en définir d'autres plus judicieux par rapport au problème traité. Le tableau suivant est un exemple d'une grille d'évaluation : ^[1]

[1]] Mourad BOUSSEROUEL Salah Eddine BENKADDOUR :2019 Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production

Chapitre II : La méthode AMDEC

Tableau 3 : Exemple d'une grille d'évaluation

Paramètre	Note sur 10		
	1	5	10
Fréquence F	Invraisemblable, rare...	Fréquent, probable...	Permanent
Gravité G	Pas grave (Mineure)	Majeure	Catastrophique
Non-détection	Facile à détecter	Relativement difficile à détecter (Exige un système de détection)	Indétectable

Source : Mourad BOUSSEROUEL Salah Eddine BENKADDOUR 2019 Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production. Cas : Système MPS 500 du laboratoire MELT.

La matrice de criticité ci-dessous ne prend pas en compte toutes les possibilités. En réalité, puisqu'il existe 4 niveaux d'évaluation pour chaque paramètre, on aura $4^3 = 64$ cas possibles, mais pour expliquer le niveau de tolérance de criticité, on a décidé d'illustrer que les 16 cas suivants :

Tableau 4 : Exemple d'une matrice de criticité (Noté de 1a4).

		D			
		1	2	3	4
F	4	4	16	36	64
	3	3	12	27	48
	2	2	8	18	32
	1	1	2	9	16
		1	2	3	4
		G			

Source : Mourad BOUSSEROUEL Salah Eddine BENKADDOUR 2019 Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production. Cas : Système MPS 500 du laboratoire MELT

SECTION 3 : L'AMDEC et les outils de la qualité totale

I-L'AMDEC et l'Arbre des causes (FTA)

L'AMDEC est un outil qui permet d'étudier les conséquences de défaillance potentielle. Chacune prise individuellement, ce qui est une logique inductive.

La méthode dite de l'Analyse des défaillances par l'arbre de causes 14, est une méthode qui, à partir d'un évènement donne, a pour but d'identifier par ordre d'importance l'ensemble de ses causes, des causes principales aux causes les plus élémentaires. C'est une représentation graphique d'une démarche analytique, suivant une logique déductive. Bref, le point de départ est la défaillance constatée et on s'attache à en trouver les causes. Contrairement à l'AMDEC, il s'agit de correction. Les deux méthodes se complètent parfaitement. Dans le développement d'un nouveau produit, une analyse des défaillances par arbre de causes, effectuée sur un ancien produit, peut être très utile. ^[1]

II-L'AMDEC et le Contrôle statistique des procédés (CSP)

L'AMDEC aide à déterminer les caractéristiques à suivre avec les méthodes statistiques. S'il est impossible de verrouiller les causes probables des défaillances qui peuvent survenir, on procède à la mise en place du contrôle statistique des procédés. Plusieurs entreprises dans le domaine de l'automobile ont mis en place le CSP suite à l'AMDEC-processus pour les caractéristiques ayant une criticité supérieure à 100 et pour les caractéristiques ayant une note de gravité supérieure à 7 (échelle de 1 à 10).

Cette approche est un excellent exemple pour la constitution d'un ensemble préventif AMDEC— CSP, qui permettrait la mise sous contrôle du processus. En outre, le calcul préliminaire de la capacité opérationnelle du procédé est utilisé comme critère pour déterminer la note de probabilité de non-détection. Les techniques statistiques sont données des sources très utiles pour la réalisation de l'étude.^[2]

III- L'AMDEC et les normes ISO 9000

Devant la mondialisation des marchés, de l'économie et de la concurrence, parmi d'autre outils de la qualité totale se trouve la célèbre série des normes internationales ISO 9000. Plus de 60 pays ont adopté à ce jour ces normes. Les normes prescrivent des éléments des systèmes qualité, qu'on doit maîtriser et assurer. Il existe plusieurs modèles dans la série de ces normes et pour leur mise en place les entreprises utilisent différentes méthodes.

[1,2] Joseph Kelada Op.cit.page 31.

Chapitre II : La méthode AMDEC

L'AMDEC-produit aide à l'implantation de l'ISO 9001 dans la partie de la maîtrise de la conception. L'AMDEC-processus aide l'implantation des modèles ISO 9001 et ISO 9002 dans la partie maîtrise des précédés. L'AMDEC-moyen peut être utilisé dans la partie maîtrise des équipements de mesure et d'essai. L'AMDEC-service aide à l'implantation de la norme ISO 9004-2 pour les services dans le processus de conception du service. L'utilisation de l'AMDEC est recommandée par la norme ISO 9004 pour les activités de la qualification et de la validation de la 19 conception. [1]

IV-L'AMDEC et le Système anti-erreur (Poka-Yoké)

Selon certains spécialistes japonais, quelques soient les méthodes statistiques, celles-ci ne peuvent empêcher l'apparition d'un défaut dans un système personne-machine. Shingo propose les systèmes Poka-Yoké (qui signifie en japonais système anti-erreur)16. Il y a deux types de systèmes anti-erreur dépendant des fonctions régulatrices, soit les fonctions d'asservissement et les fonctions d'alerte.

Les fonctions d'asservissement sont des fonctions qui, à l'apparition des anomalies, arrêtent les machines ou déclenchent des systèmes de blocage, évitant l'apparition de défauts en

Les fonctions d'alerte attirent l'attention des ouvriers sur les anomalies en déclenchant un signal sonore ou des lampes clignotantes. La mise en place de telles fonctions peut résulter d'une étude AMDEC. Après la hiérarchisation des défaillances potentielles, des actions prioritaires doivent être prises pour diminuer ou éviter tout risque éventuel.

En effet, une fonction d'alerte comme le repérage ou une fonction d'asservissement comme le verrouillage sont d'excellents exemples d'actions préventives dans le cadre d'une étude inductive AMDEC. Pour illustrer ces propos, prenons l'exemple d'une intersection avec feux de signalisation. La pire défaillance qui puisse arriver est que les feux soient verts dans les deux directions de l'intersection. L'effet potentiel de cette défaillance est catastrophique et peut coûter une ou plusieurs vies humaines. La solution qui éliminé complètement ce risque est la mise en place d'un système anti-erreur qui exclut une telle situation. Si une défaillance se produit, ce système doit immédiatement déclencher des feux jaunes clignotants pour avertir les voitures et les piétons que les feux de signalisation ne fonctionnent pas.

[1] Joseph Kelada Op.cit.page 31.

V- Conclusion

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

**Chapitre III : Application de la méthode AMDEC
sur la chaudière au milieu de la central de
production d'électricité CAP-DJINET**

Section 1 : présentation de l'organisme d'accueil la centrale électrique CAP-DJINET

I-Introduction

La centrale thermique de CAP-DJINET joue un rôle très important dans la production de l'énergie électrique en Algérie. De nos jours le pays connaît une période de modernisation durant laquelle il entreprend de couvrir une grande partie de ses besoins énergétiques, en élargissant son potentiel de production de l'énergie électrique.

Dans ce présent chapitre nous allons donner des généralités sur la centrale thermique et donner une présentation de la station de CAP-DJINET ainsi que ses équipements.

II- Généralités sur la centrale thermique/Vapeur de CAP-DJINET.

Une centrale thermique à flamme utilise l'énergie fournie par la combustion d'un combustible (charbon, pétrole, gaz naturel...). Cette combustion a lieu dans une chaudière (La combustion dégage une chaleur importante utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière (ou générateur de vapeur). On dispose alors de vapeur d'eau sous pression. Cette vapeur fait tourner une turbine avec une grande vitesse qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale.

A la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyée dans la chaudière.

II-1- Avantages

- Construction rapide
- Installation partout
- Faible coût de construction
- Technique bien connue

II-2- Inconvénients

- Utilise une énergie non renouvelable
- Dépend de produit producteur (fioul, gaz naturel, charbon)
- Pollue (dioxyde de carbone, oxydes de soufre.)

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

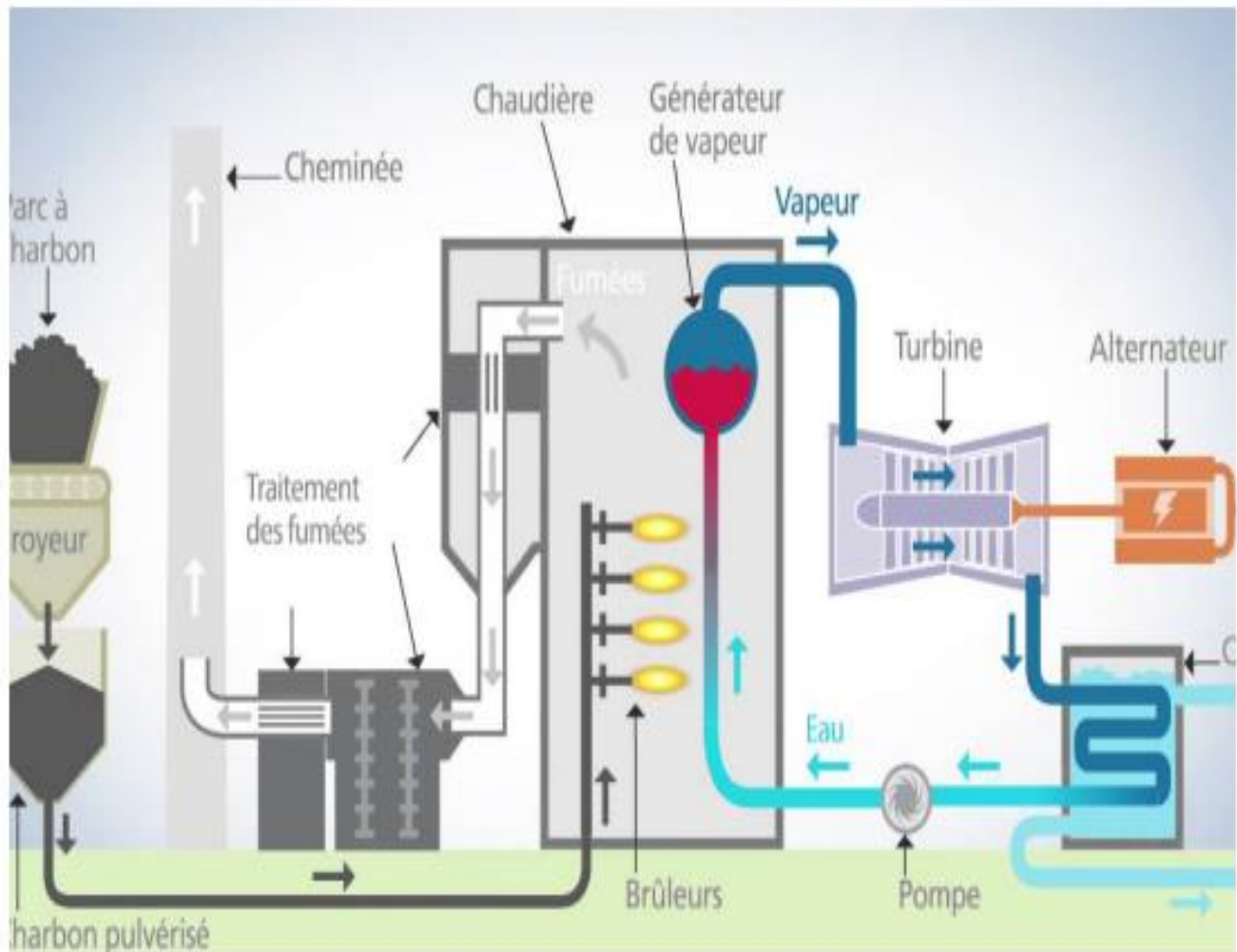


Figure 4 : Etapes de la combustion

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

III-Présentation de la centrale thermique (CAP-DJINET)

La centrale thermique de CAP-DJINET se situe au bord de la mer, à 80 km à l'est d'Alger.

Elle est installée sur une superficie de 35 hectares et elle comprend 4 groupes chacun de 176 MW, soit une puissance électrique totale de 704 MW.

Elle est construite en 1984 par un consortium Austro-allemand : SIEMENS-KWU-SGP, ainsi que d'une entreprise espagnole : DRAGADOS.

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

La centrale construite pour renforcer l'alimentation en énergie électrique du pays, la première tranche d'énergie fournie au réseau a été effectuée en 1986.



Figure 5 Central thermique de CAP- DJINET

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

III-1-Mise en service des groupes

- Groupe 01 : couplage sur le réseau le 17/06/1986.
- Groupe 02 : couplage sur le réseau le 17/09/1986.
- Groupe 03 : couplage sur le réseau le 29/11/1986.
- Groupe 04 : couplage sur le réseau le 21/02/1987.

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

III-2- Ateliers principaux de la centrale

- Salle des machines.
- Locaux des auxiliaires électriques.
- Station détente de gaz.
- Station de production d'hydrogène.
- Station de chloration.
- Station pompage (les pompes d'extractions, les pompes d'aspirations, les pompes alimentaires)..
- Chaudières.
- Locaux des auxiliaires mécaniques.
- Réservoir de fuel.
- Poste d'alimentation en hydrogène
- Station de déminéralisation
- Station de déminéralisation

III-3- Etapes de réalisation de la centrale

Les principaux contrats ayant été signé en 1980, les travaux de terrassement ont démarré en 1981 et les travaux de montage en 1984.

La réalisation des principales opérations se présente comme suit :

III-4-Travaux de génie civil

- Début : juin 1981.
- Fin : mars 1985.

III-5-Montage mécanique

- Début : mars 1984.
- Fin : septembre 1986.

III-6-Montage électrique

- Début : mars 1984.
- Fin : septembre 1986

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

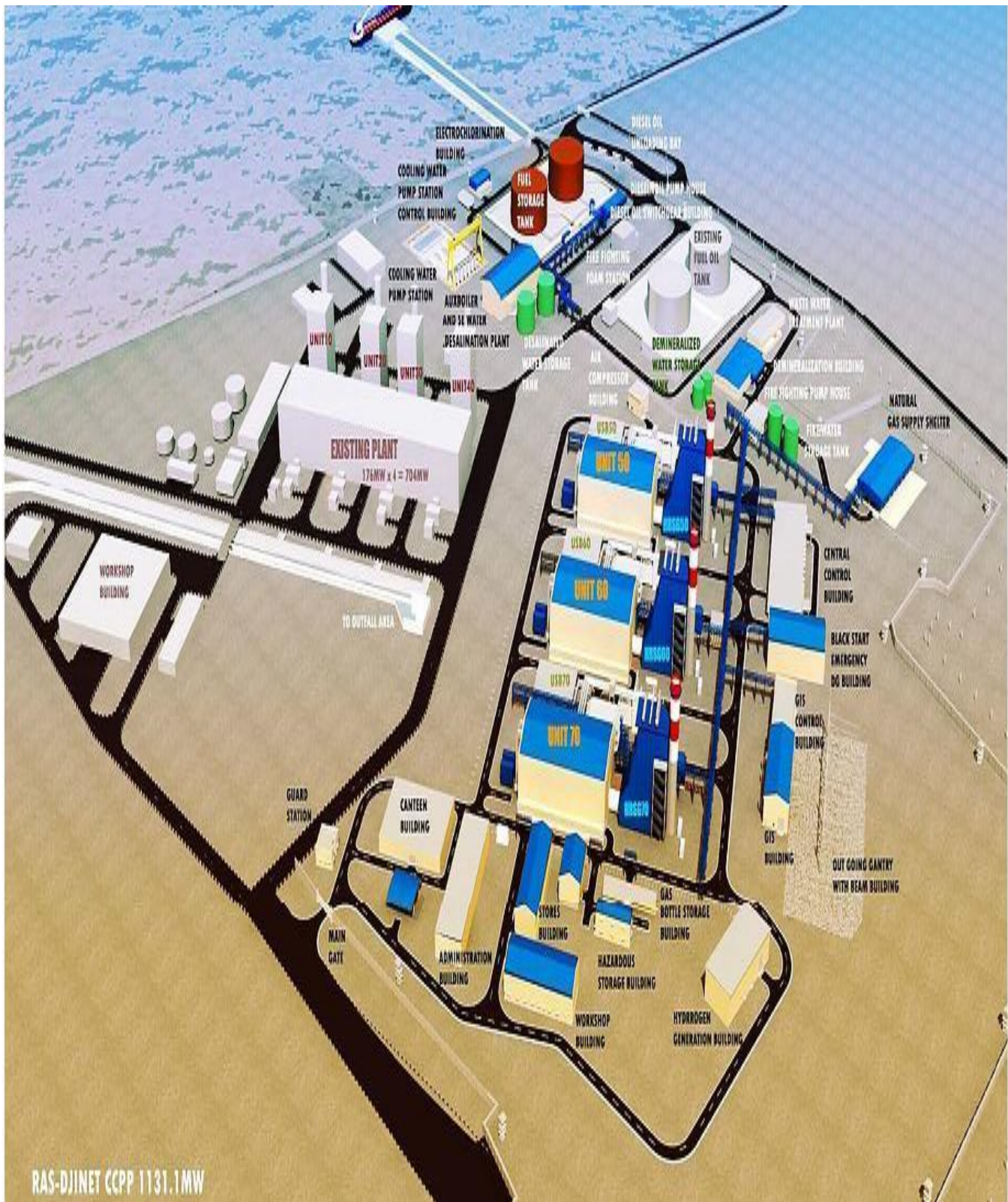


Figure 6 : Plan de masse du central

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT

IV- Organigramme de la centrale

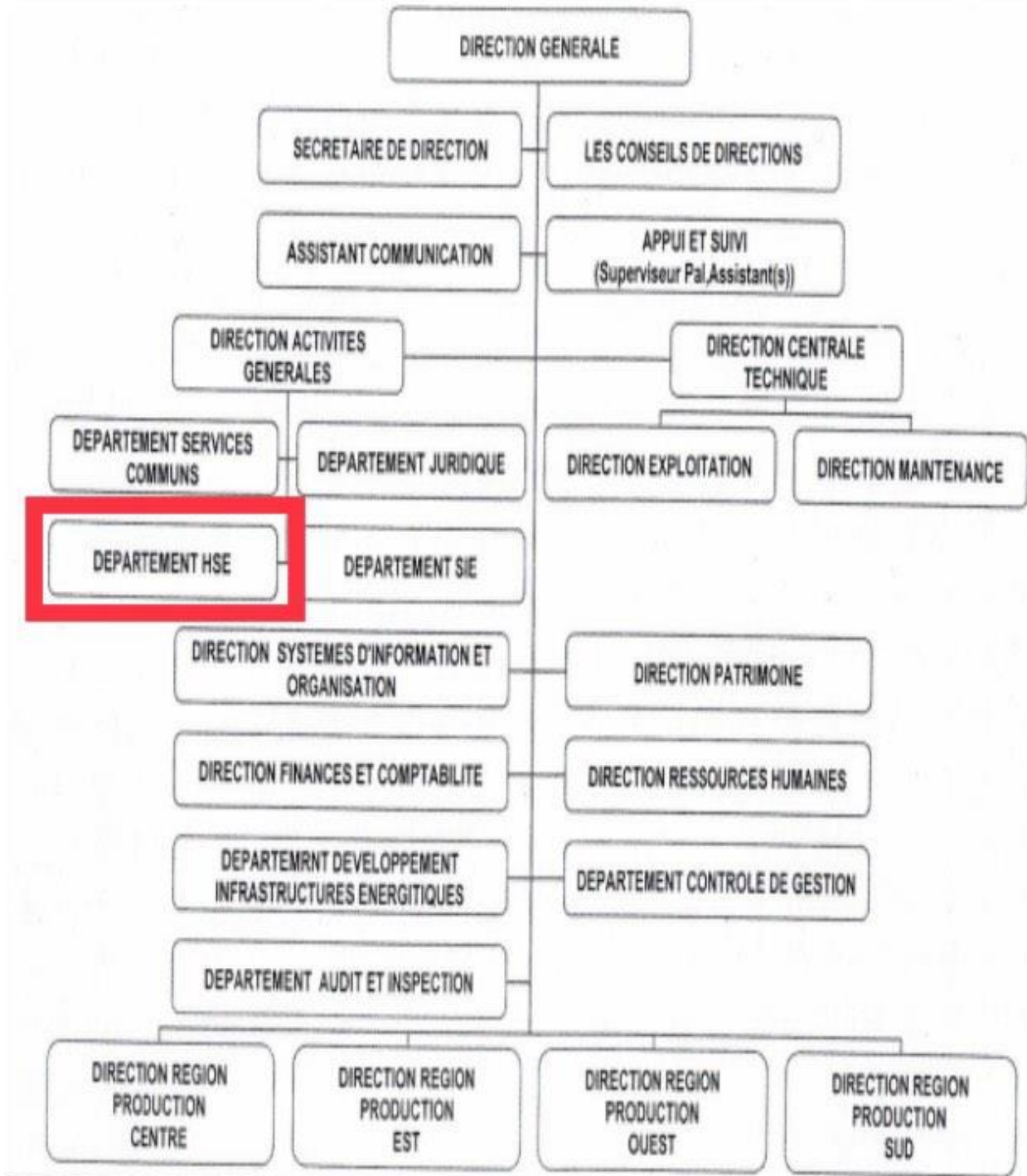


Figure 7 : Organigramme du central thermique de CAP-DJINET

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT

V- Description des différents composants de la centrale

V-1-La turbine

V-1-1- Introduction

La turbine est une machine qui convertit l'énergie thermique de vapeur en énergie mécanique, plus généralement c'est un organe permettant d'un fluide recueillant son énergie sous forme mécanique. Pour générer de l'énergie mécanique dans les applications industrielles, la turbine doit être puissante et avoir meilleur rendement, la turbine à vapeur est le plus approprié pour rencontrer ces exigences.

V-1-2-Classification

-Turbine à action

La vapeur se détend complètement à niveau de distributeur ou l'énergie thermique est totalement transformée en énergie de pression.

-Turbine à réaction :

Une partie de la vapeur se détend au niveau de l'aubage fixe et l'autre continue pour se détendre dans l'aubage mobile qui suit.

L'énergie thermique est transformée en énergie mécanique dans les canaux mobiles.

V-1-3-La turbine de la centrale de Cap-Djinet

C'est l'élément le plus essentiel dans la centrale, elle transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre, le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.

Cette turbine est une machine à une ligne d'arbres, composée de corps HP (Haute Pression), MP (Moyenne Pression), et BP (Basse Pression) séparés.

Elle comporte (06) soutirages qui alimentent (03) réchauffeurs (BP), et (02) réchauffeurs (HP) et la bâche alimentaire. Les rotors de la turbine et de l'alternateur sont accouplés rigidement.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Tableau 5: Caractéristique de la turbine

-Longueur :	16,125m.
-Largeur :	13m.
-Poids :	500.10 ³ kg.
-Vitesse sa rotation :	3000tr/min.
-Puissance :	176MW (pleine charge).

Corps BP : il est à double flux avec trois soutirages, l'entrée de ce corps est liée directement avec le corps MP par une conduit.

Le soutirage (S3) : alimente le 3^{ème} réchauffeur (BP) avec une température de 173°C, et d'une pression de 1,77bar.

Le soutirage (S2) : alimente le 2^{ème}réchauffeur (BP) avec une température de 89°C, et d'une pression de 0,65 bar.

Le soutirage (S1) : alimente le 1^{ème}réchauffeur (BP) avec une température de 56°C, et d'une pression de 0,15 bar.¹



Corps Basse Pression (BP)

Figure 8 ; Corps Bp

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de RAS DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

- **Corps MP** : il est à double flux avec deux soutirages S5 et S4.

A l'entrée du corps :

Pression : 35,9 bars.

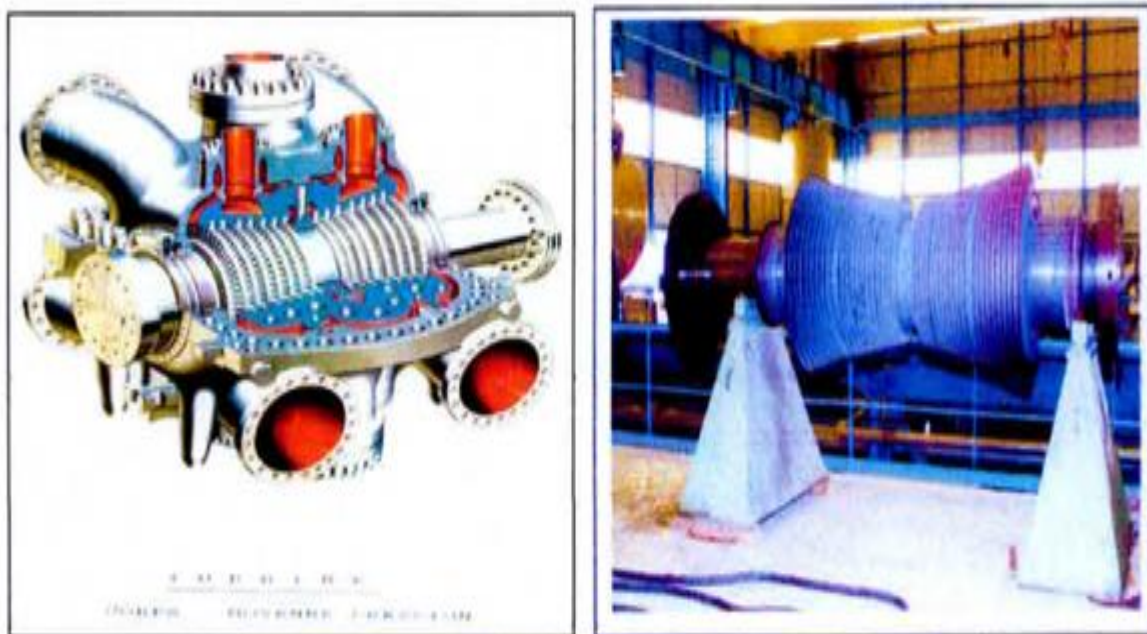
Température : 535°C.

A la sortie du corps :

Pression : 5,52 bars.

Température : 282°C.

Le soutirage S5 alimente le réchauffeur haut pression (HP₅) avec une température de 423°C, et d'une pression de 1.,5 bars.



Corps Moyenne Pression (MP)

Figure 9 :Corps MP

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de RAS DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Corps HP : il est à simple flux avec un soutirage S6 qui alimente les réchauffeurs hauts pression (HP₆).

A l'entrée du corps :

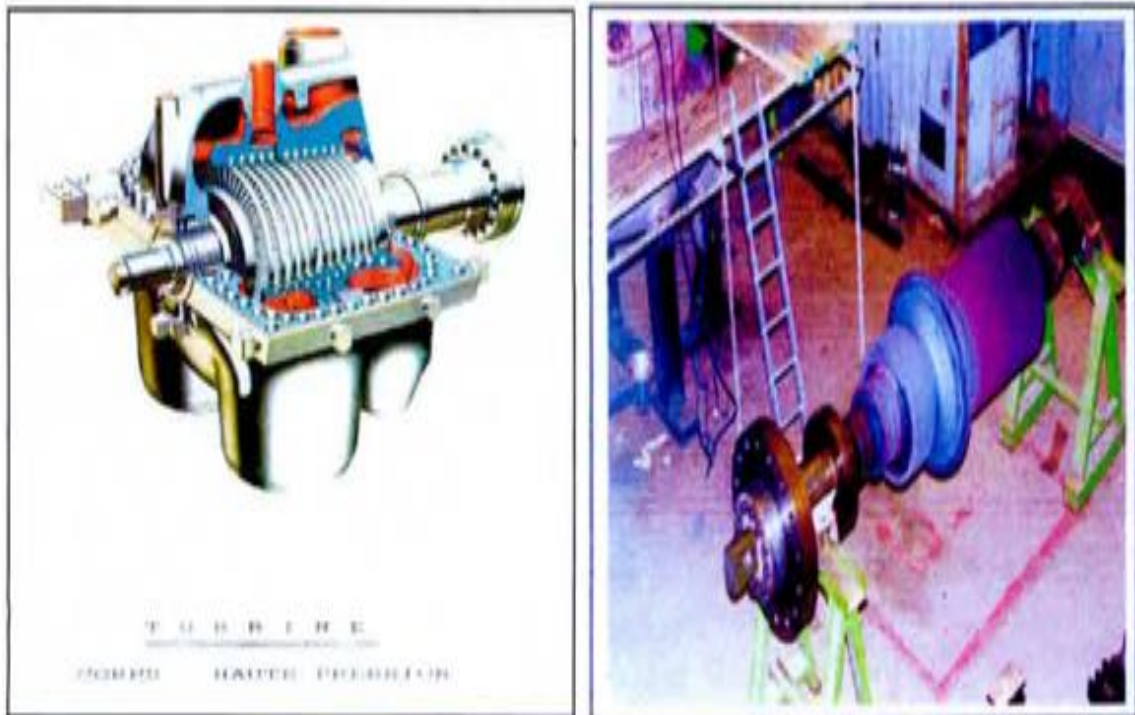
Pression : 138bars.

Température : 540°C.

-A la sortie du corps :

Pression : 40 bars.

Température : 357°C.



Corps Haut Pression (HP)

Figure 10 : Corps HP

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

V-2- La chaudière : (générateur de vapeur)

La chaudière utilisée est de type a circulation naturelle. Le rôle du générateur de vapeur est de faire passer l'eau d'alimentation de l'état liquide a l'état vapeur surchauffée à haute pression afin d'alimenter la turbine.

C'est l'un des éléments essentiels de circuit thermique.

V-2-1-Description et principe

La chaudière livrée pour Cap –Djinet est de type « circulation naturelle ». L'eau d'alimentation est refoulée par les pompes d'eau d'alimentation directement jusqu'à l'économiseur. L'eau réchauffée est ensuite refoulée dans le ballon de la chaudière.

Le ballon constitue le réservoir effectif des écrans de la chaudière. Du ballon l'eau coule par les colonnes par les colonnes de descente jusqu'aux collecteurs des écrans. Les tubes écrans sont étanches au gaz et forment la chambre de combustion. Dans les tubes-écrans se forme un mélange de bulles du vapeur et d'eau, qui a un poids spécifique plus faible que l'eau froide.

Ce mélange monte jusqu'au ballon chaudière par gravité et différence de densité (circulation naturelle) ; Dans le ballon s'opère une séparation de l'eau et de la vapeur et celle-ci est conduite aux surchauffeurs.

Tableau 6 : Caractéristiques du générateur de vapeur:

-Capacité de vaporisation :	540 t/h.
-Température de l'eau alimentation	246°C.
-Pression de service.	160 bars.
-Débit vapeur:	523 t/h.
-Température de sortie de la fumée.	1180c.
-Température dans le foyer:	9000c.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Tableau 7: Les dimensions du générateur de vapeur

Hauteur	17000mm
Longueur	9675mm
Largeur	9375mm

Puissance du générateur de vapeur

- débit de vapeur minimale : $Q_{min} = 130$ → P_t 443 MW.
- débit de vapeur maximale : $Q_{max} = 530$ t/h → P_m 176 MW.
- débit de vapeur nominale : $Q_{nom} = 523,9$ t/h → P_n 176 MW.

V-2-3- Fonctionnement de la chaudière :

Pour simplifier la description du fonctionnement de la chaudière, nous allons d'abord repartir les circuits en deux sections principales:

-Circuit d'eau

-Circuit de vapeur.

V-2-4- Circuit d'eau

Le circuit d'eau est constitué d'un économiseur, d'un ballon, de colonnes de descente et d'écrans vaporisateurs.

V-2-5- Economiseur

L'économiseur a un rôle important au démarrage de la chaudière, il reçoit de l'eau froide sur une surface large de 2080 m² environ, de type tuyauterie en forme de serpent qui se trouve à la fin de parcours des gaz de combustion qui permet de réchauffer l'eau destinée au ballon de la chaudière.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Tableau 8: Caractéristiques de l'économiseur.

-Température d'eau à l'entrée	246,30°C
-Température d'eau à la sortie:	284,70°C
-Pression de service (entrée):	164,3 bars.
-Débit de fumée traversant l'économiseur	550-650 t/h
-Débit d'eau d'alimentation	523 t/h.
-Volume d'eau :	10,5m ³

V-2-6-Ballon

Veau d'alimentation réchauffée dans l'économiseur arrive au ballon chaudière où elle sera conduite aux écrans vaporisateurs par les colonnes de descente, le volume du ballon chaudière est de 26,9 m³.

Après l'échauffement un mélange eau-vapeur monte vers le ballon, Dans le ballon, il se produit une séparation entre la vapeur et l'eau par des séparateurs cyclones.

Tableau 9:Caractéristiques du ballon chaudière

-Pression de service	160bars
-Température	347,5°C.
-Volume d'eau	26,9m ³

V-2-7- Colonne de descente et écrans vaporisateurs

Les colonnes de descente sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau à la partie inférieure de l'écran vaporisateur.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Tableau 10: Caractéristiques des colonnes de descente et tubes écrans

-Surface de chauffe	1980 m ²
-Timbre	172 bars.
-Pression de service	160 bars.
-Volume d'eau	37 m ³ .
-Nombre de colonnes de descente	4

V-2-8-Surchauffeur

Il existe trois surchauffeurs montés en lignes séparées parallèles, on trouve deux désurchauffeurs après le premier et la deuxième surchauffeur qui servent à la protection de ce dernier contre des températures plus élevées et de garder la même température de sortie dans la chaudière.

La vapeur qui sort du ballon de la chaudière passe par les surchauffeurs pour augmenter le rendement l'installation. Débit de vapeur surchauffée : 523,9 t/h.

Tableau 11: Caractéristique de la surchauffeur

Caractéristiques	Surchauffeur 1er	Surchauffeur 2ème	Surchauffeur 3ème (finale)
Nombre de files	2*128	4*64	2*128
Diamètre extérieur [mm]	38	33,7	33,7
Épaisseur [mm]	3,6-4,5	4-5	4,5-5
Surface de chauffe [m ²]	1565	581	538
Pression de service [bar]	160	150	145,7
Timbre [bar]	172	172	172
Température d'entrée [°C]	360	394	471
Température de sortie FCI	427	485	540

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

V-2-9-Resurchauffeur

Après la première détente dans le corps HP (turbine à haute pression) la vapeur traverse les tubes du resurchauffeur où la température de celle-ci augmente une seconde fois, mais gardent la pression de détente constante. La vapeur sera envoyée dans la deuxième partie de la turbine (corps MP et BP).

Débit de vapeur resurchauffée : 467,9 t/h.

Tableau 12: Caractéristiques du resurchauffeur

Caractéristiques	Resurchauffeur 1 ^{ere}	Resurchauffeur 2 ^{eme}
Surface de chauffe [m ²]	1832	929
Volume d'eau [m ³]	18,96	10,11
Pression de sortie [bar]	39	37
Timbre [bar]	48	48
Température d'entrée [°C]	357	436
Température de sortie	428	540

V-2-10-désurchauffeurs

Pour stabiliser la température de la vapeur surchauffée qui sort de la chaudière par l'injection des gouttelettes d'eau (pulvérisation), ils sont disposés entre les surchauffeurs et même entre les resurchauffeurs

Tableau 13: Caractéristiques du désurchauffeur

Caractéristiques	Désurchauffeur	Désurchauffeur
Débit d'eau t/h	35,7	4,6
Pression d'entre [bar]	165,4	60

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

VI-2- Le condenseur

VI-2-1-Introduction

Le condenseur de la turbine fait partie du circuit de condensation qui avec le circuit d'eau de circulation et les circuits auxiliaires assure la condensation de la vapeur d'échappement de la turbine et sa détente à une contre pression basse.

Il existe deux types de condenseur:

- Condenseur par surface
- Condenseur par mélange

Le condenseur de la centrale de Cap-Djinet est un condenseur de type par surface.

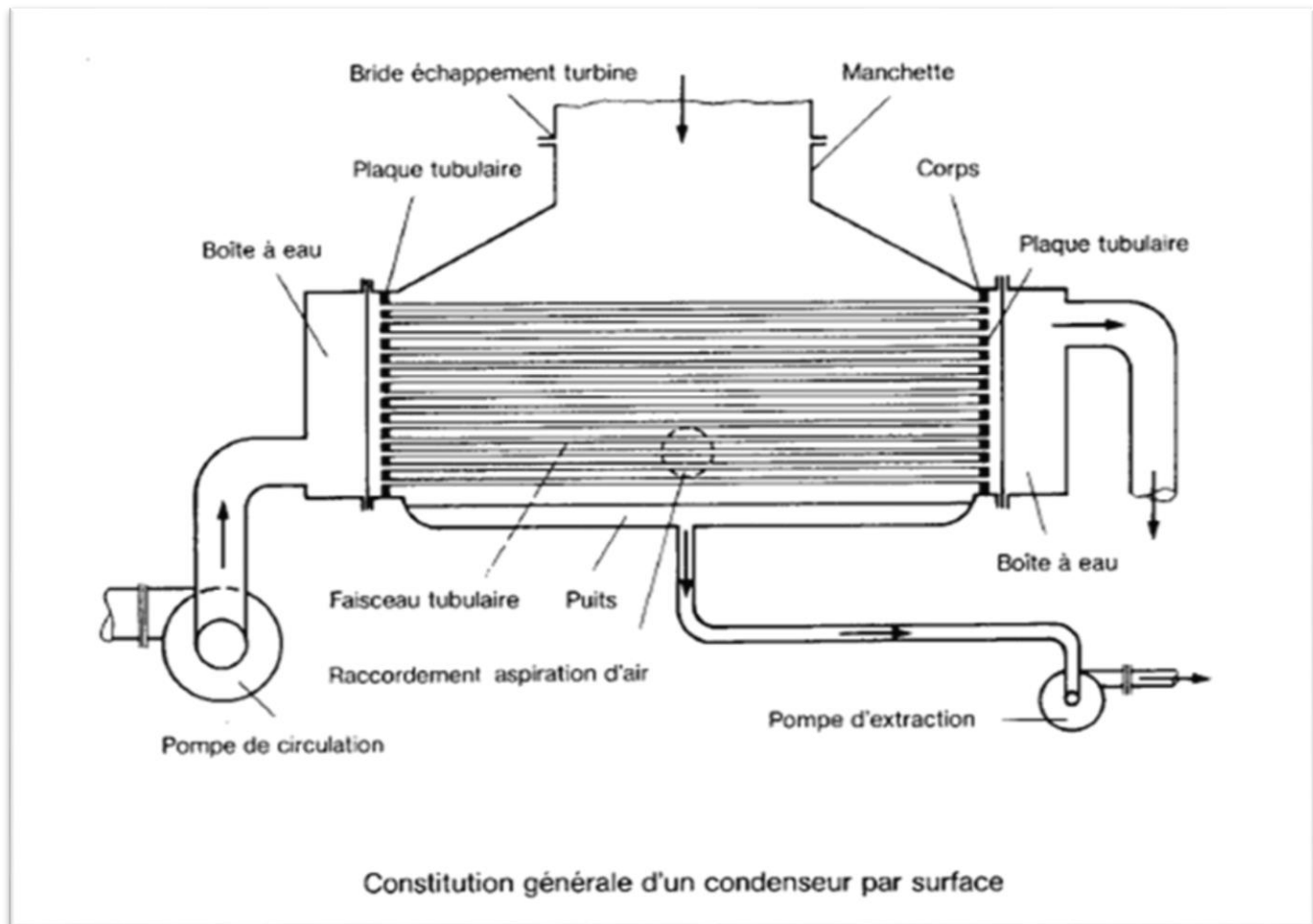


Figure 11 : Construction général d'un condenseur par surface

SOURCE : Document interne de la central Centrale à cycle combiné de RAS DJENAT

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

VI-2-2- Fonction

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur à échange par surface. Il est placé sous la turbine à basse pression. La vapeur se condense au contact des parois des tubes, dans lesquelles passe l'eau de mer de refroidissement.

Les principales fonctions de condenseur sont :

- D'assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuée du corps (BP) de la turbine et de réintroduire le condensât dans le circuit eau-vapeur (poste d'eau).
- D'augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendue en établissant une dépression, afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.
- De dégazer le condensât et d'évacuer les incondensables (en majorité de l'air).
- Reçoit également le condensât des réchauffeurs (BP).

Tableau 14: Caractéristiques du condenseur

-Pression dans le condenseur	0,07 bar absolue
-Capacité du puits entrée/sortie	eau de mer 6° a 8° C.
-Surface d'échange:	10101m ² .
-Masse de condenseur à vide	258.5 tonnes.
-Matériau de tube:	titans.
-Vitesse de l'eau dans les tubes	1,8m/s
-Débit vapeur	98,25kg/s.
-Débit d'eau de refroidissement :	6500 kg/s (eau de mer)
-Nombre de tubes	14850.
-longueur des tubes	11490mm.
-La température de sortie	32,9°C.
-La pression de sortie	0,05bar.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

V-3- Les pompes

Il existe dans la centrale de Cap-Dinet (02) pompes d'extraction et (03) pompes d'alimentation et des pompes de circulation.

V-3-1-Pompes d'extraction

Les pompes d'eau d'extraction ont pour rôle d'acheminer le condensat principal a la sortie de condenseur jusqu'à la bache alimentaire en passant par les réchauffeurs basse pression, les réfrigérants d'été, les réfrigérants d'hydrogéné.

Tableau 15: Caractéristiques pompes d'extraction

Type de pompe	Centrifuge à 3 Étages.
Température d'entrée	39,9°C.
Pression de service (hauteur totale	16,8 bars.
Pression (hauteur à débit nul)	19,7bar.
Débit nominale	414m ³ .
Température de sortie	33°C.

V-3-2- Pompe d'alimentation

Les pompes alimentaires servent à alimenter le générateur de vapeur (chaudière) avec de l'eau nécessaire en passant par les réchauffeurs haut pression (HP) du poste d'eau (le poste d'eau est l'ensemble des appareils qui transfère l'eau du cycle depuis le condenseur jusqu'à la chaudière) et l'économiseur du générateur de vapeur.

Les pompes alimentaires doivent fournir la quantité d'eau nécessaire pour maintenir le niveau de l'eau dans le réservoir de la chaudière entre deux limites bien définies.

- Les conditions de fonctionnements des pompes alimentaires :
- Aspirent de l'eau chaude.
- Refoulent l'eau à une pression élevée.
- Assurent un débit d'eau important,
- Doivent avoir une grande sécurité de marche pour éviter les très graves conséquences d'eau manque d'eau dans le générateur de vapeur.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

La centrale contient trois pompes -avec un débit de 261,6 m³/h pour chacune de ces pompes. Ces pompes renvoient l'eau à une forte pression.

Tableau 16: Caractéristiques des pompes d'alimentation

-Type:	Pompe centrifuge pompe centrifuge
-Température	151,4°C.
-Débit nominale	261,6m ³ /h.
-Pression aspiration	5,6bar.
-Pression refoulement	177bar.

V-4-Réchauffeurs

V-4-1- Réchauffeurs à Basse Pression

Le rôle de ces trois réchauffeurs de BP est de réchauffer le condensât lors de son transfert dans la bache alimentaire. Ils sont alimentés par les soutirages qui viennent du corps BP de la turbine. Le débit dans les réchauffeurs : 114,415 kg/s.

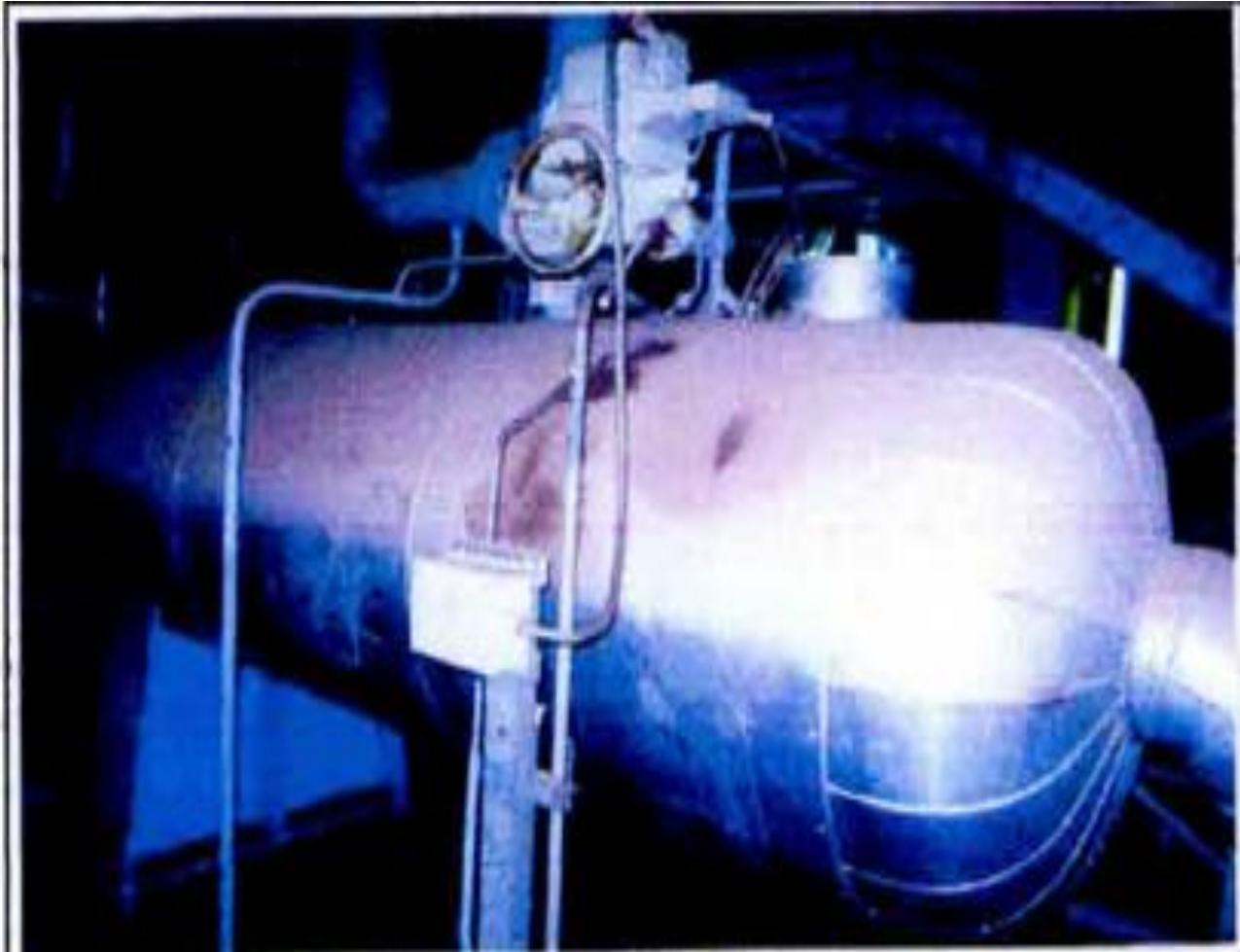


Figure 12 : Vue de face d'un réchauffeur

SOURCE : Document interne de la central Centrale à cycle combiné de RAS DJENAT

V-4-2- Réchauffeurs à Haute Pression

Le rôle de ces deux réchauffeurs est de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par des soutirages provenant : l'un du corps MP et l'autre du corps HP.

V-5- Dégazeur

Le dégazeur a pour rôle d'éliminer les gaz des eaux, Il contient une chambre de mélange pour les condensats à dégazer, une plaque de dégazer et un collecteur horizontal, zone de collecte et d'évacuation des incondensables.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

V-6-Bâche alimentaire

La bâche alimentaire a un rôle de réchauffeur et conditionne la pression à l'aspiration de la pompe alimentaire.

C'est un réservoir cylindrique combiné avec un dégazeur II reçoit de l'eau à partir des pompes d'extraction, eau qui traverse un certain nombre de réchauffeurs.

Il reçoit également de la vapeur à partir du soutirage (S4) qui vient du corps MP (moyen pression). L'eau se réchauffe jusqu'à la température de saturation correspondant à la pression du soutirage, en condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine. ¹



Figure 13 : Bâche alimentaire

SOURCE : Document interne de la central Centrale à cycle combiné de RAS DJENAT

Le dégazeur et la bâche alimentaire sont protégés par des soupapes de sécurité installées sur la tuyauterie.

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Tableau 17 : Caractéristiques de la bache alimentaire

-Le volume total:	163 m ³
-Diamètre de l'enveloppe :	3,6 m.
-La longueur de la bache	16,5m
-Température à la sortie de la bache :	150-151°C.
-Pression :	4,9 – 5 bars.
-Le débit :	145,34 kg/s.
-Température d'entrée :	114°C.

V-7- Les Réfrigérants

V-7-1- Réfrigérants d'été (Réfrigérants d'eau d'extraction)

Les réfrigérants d'été servent à refroidir l'eau d'extraction dans le cas de température élevées dans le circuit (généralement en été d'où le nom de réfrigérants d'été).

Les deux réfrigérants d'été utilisent l'eau de mer comme source froide.

Débit eau de mer : (2 x 215 m³ /h).

V-7-2- Réfrigérants d'hydrogène :

Le réfrigérant d'hydrogène sert à refroidir l'hydrogène contenu dans l'alternateur. Les quatre réfrigérants d'hydrogène (H₂) (4*25%) sont logés horizontalement à l'intérieur de l'enveloppe de l'alternateur. C'est des échangeurs par surface qui refroidissent l'H₂ chaud par la méthode des courants croisés. L'échange de chaleur entre l'H₂ et l'eau de refroidissement s'effectue par l'intermédiaire de tubes à ailettes parcourus par l'eau.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

V-8- Alternateur

L'alternateur est une machine transformatrice, c'est pour cela qu'il transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique.

Tableau 18: Caractéristiques d'alternateur

-La puissance maximale	176MW.
-La tension	15,5KV.
-La fréquence	50Hz.
-L'intensité de courant	8195A.

VI- Les différents circuits du cycle eau et vapeur

VI-1- Le circuit d'extraction (RM)

Les pompes d'extraction aspirent le condensât à partir de condenseur à une pression de 0,05 bar et une température de 33⁰c.Elle refoule l'eau vers les réchauffeurs BPI, BP2 et BP3 où l'augmentation de la température s'effectue comme ceci :

- 52⁰c à la sortie du réchauffeur BPI.
- 84⁰c à la sortie du réchauffeur BP2.
- 13⁰c à la sortie du réchauffeur BP3.

L'eau est prise à la bêche alimentaire où se passe le dégazage, sa température est de 151⁰c et sa pression est de 170 bars.

VI-2- Le circuit d'alimentation (RL)

L'eau de la bêche alimentaire est aspirée par les pompes alimentaires qui l'envoient vers les réchauffeurs HPI et HP2 où on constate que la température augmente comme ceci :

- 200⁰c à la sortie du réchauffeur HPI.
- 246⁰c à la sortie du réchauffeur HP2.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

L'eau chaude comprimée arrive au Ballon chaudière, elle traverse les parois tubulaires qui tapissent la chambre de combustion où elle arrive jusqu'à la température d'ébullition et même jusqu'à la température de vaporisation.

La moitié supérieure du ballon chaudière contient de la vapeur saturée celle-ci est dirigée vers les trois surchauffeurs, où la température va augmenter jusqu'à 540⁰c, dans le cas où la température est plus élevée que ceci, les désurchauffeurs se déclenchent afin de la diminuer jusqu'à 540⁰ c, la pression reste presque constante (170 bars).

VI-3- Le circuit (RA)

La vapeur surchauffée arrive au corps HP où elle se détend jusqu'à 40 bars et sa température diminue jusqu'à 357⁰c. Elle retourne vers les resurchauffeurs qui se trouvent dans la chaudière où elle se réchauffe pour atteindre les 540⁰c. Ensuite elle entre dans le corps MP de la turbine (suivant le circuit RB) et continue jusqu'au corps BP. En passant par ces trois corps elle fournissant un travail moteur.

VI-4--Le circuit de condensation (RC)

Ce dernier circuit est le condenseur dans lequel s'effectue la condensation de la vapeur sous vide à une pression de 0,05 bars et à température de 33 °c environ. L'eau recueillie est froide et recommence son cycle de nouveau.

VII- Les différents circuits auxiliaires de la centrale

VII-1- Station de l'eau de mer

L'exploitation d'une Centrale Thermique de grande puissance demande pour réduire la chaleur résiduelle, d'importantes quantités d'eau de refroidissement. Les besoins de la Centrale de Cap-Djinet s'élèvent à 30 m³/s. environ.

VII-1-1 Station de pompage et de filtration d'eau de mer

La position de la station de pompage et de filtration d'eau de mer est basse sur une profondeur de 7 m environ de profondeur dans la mer méditerranée, la prise d'eau est située à 900 mètres de la côte, L'arrivée de l'eau à la station de pompage se fait par trois tubes en béton d'un diamètre de 2,70 m.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

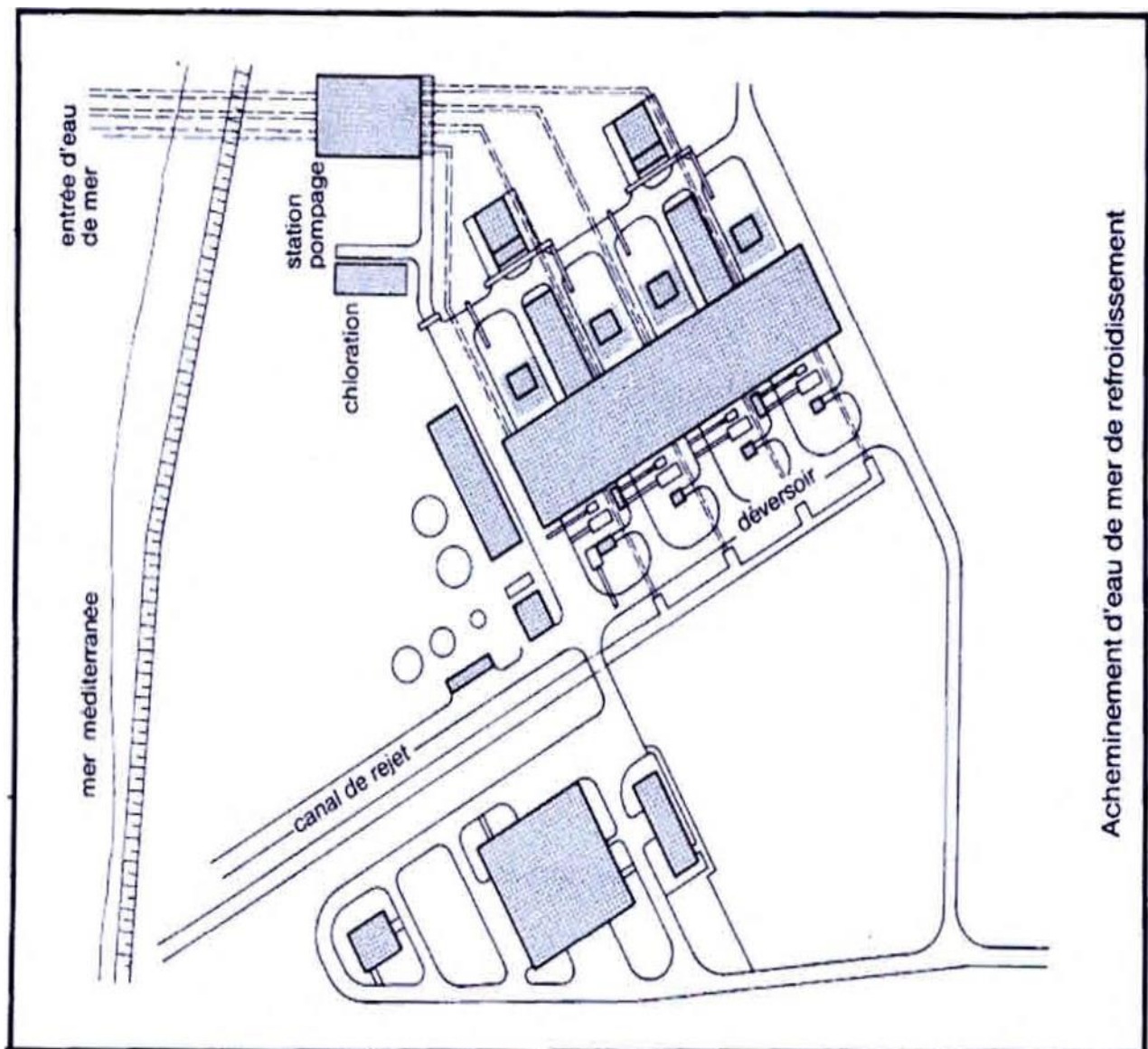


Figure 14 : Acheminement d'eau de mer de refroidissement

SOURCE : Document interne de la central Centrale à cycle combiné de RAS DJENAT

VII-2- Système traitement des eaux

VII-2-1- Station d'électro-chloration

La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau de mer (condenseur, conduite d'amenée d'eau de mer.) contre tout encrassement pouvant être causé par les micro-organismes marins. Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium.

L'installation est prévue pour produire (2x150 Kg. /h) de chlore avec deux unités. En condition de chloration continue, 104000 m³/h d'eau de circulation sont continuellement chlorés.

SOURCE : Document interne du central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

VII-2-2- Station de dessalement de l'eau de mer

La station de dessalement a pour rôle la production d'eau dessalée à partir de l'eau de mer. Quatre unités de dessalement produisant 500 m³/jour chacune, assurent la production en eau dessalée, stockée dans deux bâches (2 x 2700 m³),

Type de l'installation : Multi-flash qui sert à vaporiser l'eau de mer pour lui enlever le sel puis la condensée pour obtenir de l'eau dessalée.

Trois produits chimiques sont injectés pour le traitement de l'eau qui est les suivants

Le belgard EVN : Inhibiteur d'incrustation utilisé pour éviter l'entartrage . La belite (M33) : Produit anti-mousse utilisé pour éviter la formation de la mousse au niveau des évaporateurs.

Le bissulfite de sodium (NA2S03): Produit permettant l'élimination du chlore dans l'eau pour diminuer la conductivité.

VII-2-3-Station de déminéralisation

L'installation de déminéralisation sert au traitement de l'eau d'appoint d'alimentation pour les 4 chaudières.

Deux chaînes de déminéralisation de 40 m³/h chacune, parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau vapeur.

Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux (02) réservoirs de 1500 m³ chacun.

VII-3- Un poste de dépotage et transfert fuel

Deux (02) bâche de stockage de capacité : 2x10000 m³.

VII-4-vacuation de l'énergie

L'énergie électrique produite est évacuée par l'intermédiaire de lignes 225 KV sur le poste BOUDOUAOU et le poste de SI-MUSTAPHA.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

VII-5-Commande et contrôle:

La centrale de Cap-Djinet se caractérise par un degré élevé d'automatisme et de centralisation, on de nombre une quarantaine de chaînes de régulation par groupe de production qui permet un pilotage automatique du groupe.

VII-6- Système de surveillance, d'alarme et d'analyse

Pour permettre une bonne conduite du groupe de production des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau d'eau, vibrations.), des différents équipements du groupe, sont indiqués, enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil.

Pour une meilleure analyse en cas d'incident un consigneur d'état est installé, il permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique.

VII-7- Salle de commande centralisée

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis la salle de commande. La salle de commande comprend pour chaque tranche:

- Deux (02) pupitres de conduits.
- Deux (02) tableaux verticaux ou sont rassemblés les organes de commande et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres.
- Un (01) tableau Synoptique schématisant les auxiliaires électriques.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET



Figure 15 :Salle de commande

SOURCE : Document interne de la central Centrale à cycle combiné de RAS DJENAT

VIII- Fonctionnement d'une tranche de production

Avant d'écrire le fonctionnement de la centrale, il a été bon de rappeler les différentes transformations énergétiques qui ont servi à la production de l'énergie électrique. En gros on a trois (3) transformations :

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

1. Transformation de l'énergie contenue à l'état latent dans le combustible (énergie chimique) en énergie calorifique.

Chaudière

•Energie chimique _____ Energie calorifique

2. Transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique.

Turbine

•Energie calorifique _____ Energie mécanique

3 Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Alternateur

•Energie mécanique _____ Energie électrique.

L'eau froide est aspirée à la bache alimentaire alimenter par le condenseur, et par l'eau d'appointé après distillation, elle est comprimée successivement par les pompes basse pression et haute pression et réchauffer par les réchauffeurs HP et BP.

Au moyen de vapeur des soutirages, l'eau d'alimentation en sortant des réchauffeurs HP va évacuer dans la chaudière est particulièrement dans l'économiseur, Veau se réchauffe par convection par les biais des famées résultant de la chambre de combustion, elle est canalisée ensuite vers le ballon.

A la sortie de l'économiseur, l'eau est encore à l'état liquide, pour avoir de la vapeur il faut encore la chauffer. Alors, du ballon, elle descend vers les écrans vaporisateurs.

Au contact de la flamme des brûleurs l'eau devient vapeur et monte naturellement jusqu'au ballon du fait de la différence de densité de l'eau et de la vapeur,

Dans le ballon s'opère une séparation de l'eau et de la vapeur, puis celle-ci est transmise à la surchauffeur par les tubes supports.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

A la sortie de surchauffeur final, la vapeur est acheminée vers la turbine pour subir la détente, la vapeur d'échappement en partie détendue est refroidie dans la partie HP de la turbine, est ramenée à la chaudière pour une resurchauffe.

A la sortie des resurchauffeurs la vapeur poursuit sa détente dans le corps MP puis dans le corps BP, la vapeur détendue est conduite au condenseur. La condensation de la vapeur s'effectue sous vide à la température 33°C et à la pression de 0,05 bar.

Les pompes d'extraction aspirent l'eau du puits de condenseur et la refoulent à travers le réfrigérant d'alternateur, et les trois (3) réchauffeurs basse pression jusqu'à la bêche alimentaire.

Dans la bêche alimentaire s'effectue le dégazage physique de l'eau d'alimentation, et un nouveau cycle peut recommencer.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

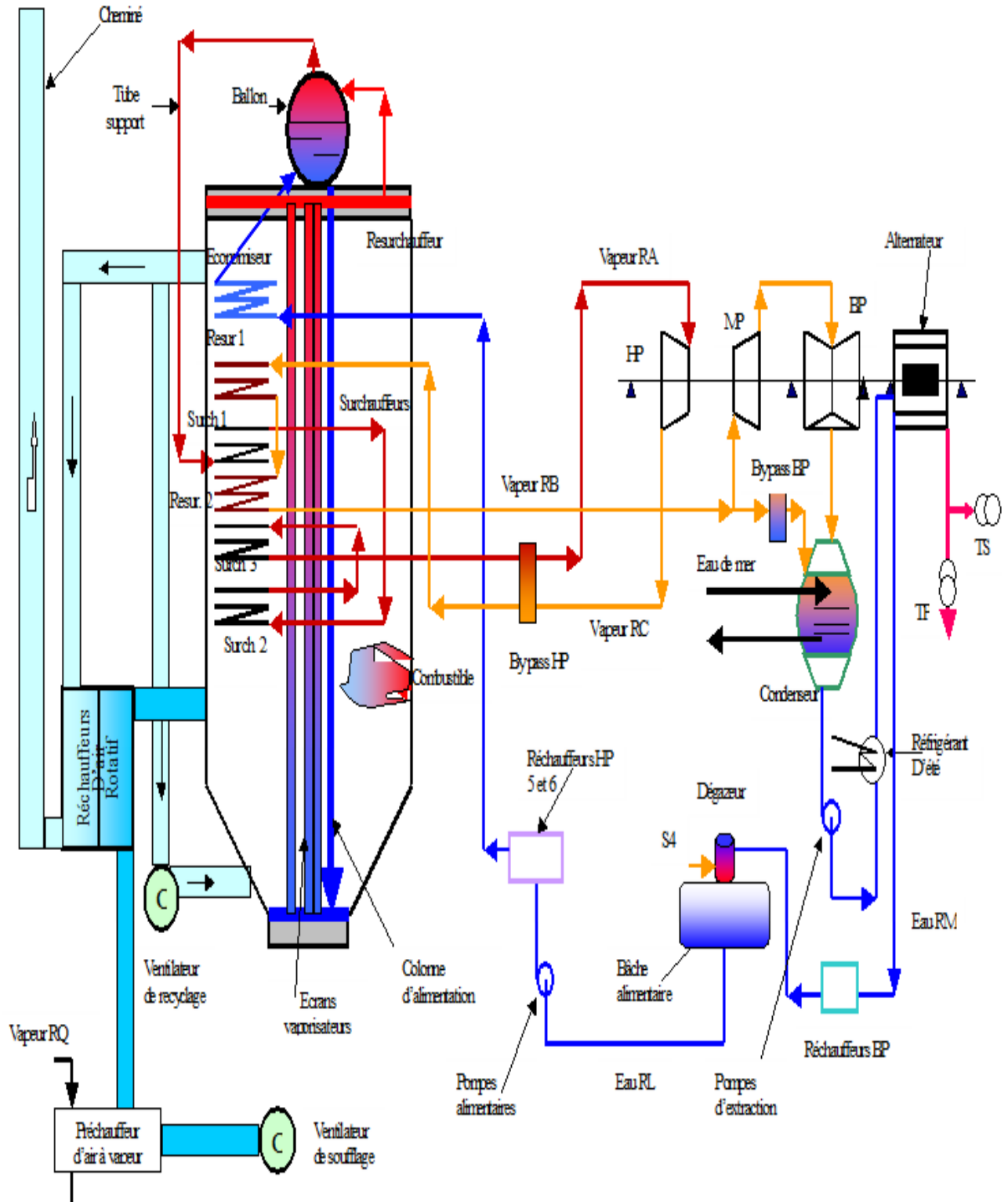


Figure 16 : Schéma d'une tranche thermique

SOURCE : Documents techniques département HSE DE central thermique de CAP- DJENAT Le 2023/07/03 a 11 :00 h

Section 2 : : Application la méthode AMDEC sur le system Chaudière

I-Description de system chaudière

I-1- Introduction

Après l'étude théorique approfondie de la méthode AMDEC et de ses caractéristiques, Nous l'avons appliqué sur un cas réel qui est la chaudière.

Cette dernière est un générateur de vapeur qui se compose de plusieurs composants qui peuvent avoir différents types de défaillance, nous allons donc appliquer AMDEC-moyen (ou AMDEC machine) afin d'établir des plans de maintenance préventives et correctives pour ces composants. ^[1]

I-2- La chaudière

I-2-1-Définition

La chaudière (GENERATEUR DE VAPEUR) est la source chaude de la centrale, elle permet de transformer l'eau en vapeur resurchauffée à haute pression pour alimenter le groupe turbo-alternateur.

La chaudière est de type à "circulation naturelle" avec chambre de combustion pressurisée et avec resurchauffeurs, c'est l'élément le plus essentiel et le plus volumineux dans le circuit thermique. Elle consiste l'objet principal de notre étude. ^[2]

I-2-2- Principe de fonctionnement (regarder la page 55)

I-2-3- But et Composants d'une installation de chaudière

Le but d'une installation de chaudière est de transformer l'eau d'alimentation de la chaudière en vapeur à haute pression. La vapeur d'eau est alors utilisée soit pour la production de travail dans les machines motrices à vapeur, pompes à jet par ex.

Les composants principaux d'une installation de chaudière sont : foyer, générateur de vapeur, surchauffeur, réchauffeur, épurateur d'eau, pompes d'eau alimentaire, ventilateur, dispositif d'évacuation des cendres et le cas échéant de dépoussiérage ainsi que les installations servant à l'amenée du combustible, au maniement et à la surveillance de la marche. ^[3]

[1,2,3] Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJENAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

I-2-4- Chauffe

Elle comprend les installations de combustion et la chambre de combustion généralement spacieuse entourant ces installations. Au point de vue exécution, le foyer doit être adapté au combustible et au type de chaudière. La condition de base est l'obtention d'une parfaite combustion, celle-ci dépendant principalement du juste mélange combustible- air comburant. Ce mélange est souvent perfectionné grâce à des mesures spéciales telles que turbulence artificielle des gaz de combustion, amenée d'air répartie. [1]

I-2-5- Chaudière à vapeur

Le générateur de vapeur en lui-même est constitué de ballons d'acier soudés ou de ballons d'acier emboutis sans soudure, de tuyauteries ou de raccords ballons-tuyaux. Pour pouvoir visiter l'intérieur des ballons, il faut aménager des trous d'homme devant être obturés de telle sorte qu'ils soient imperméables à la vapeur.

La partie du générateur de vapeur remplie d'eau est appelée espace occupé par l'eau, la partie située au-dessus remplie de vapeur est appelée volume occupé par la vapeur.

Entre le niveau maximum et le niveau minimum de l'eau alimentaire, on a le compartiment d'alimentation. Pour juger d'une chaudière à vapeur, la capacité d'eau et les dimensions de la surface d'eau sont déterminantes.

Les chaudières à grand compartiment d'eau peuvent accumuler beaucoup de chaleur. Toutefois, ce critère ne revêt plus tellement d'importance si la chaudière est équipée d'une installation de chauffe moderne élastique. Il est alors possible de compenser les variations de charge côté chauffe. La surface d'eau est déterminante pour l'humidité de la vapeur. Si on a une grande surface d'eau, une moindre quantité d'eau sera entraînée (1 ...3%), la vapeur sera plus sèche, ce qui est favorable. Pour la même raison, la vapeur est prélevée au point le plus haut de la chaudière. Les constructions anciennes nécessitaient même l'aménagement d'un dôme à vapeur ou d'un collecteur de vapeur » -Sur les nouveaux modèles, on trouve aussi des éléments additionnels (cyclone à vapeur) ayant pour effet la séparation totale de l'humidité.

La surface de chauffe d'une chaudière, c'est la partie de la surface de la chaudière en contact d'un côté avec les gaz de chauffage et de l'autre avec l'eau. Pour les chaudières installées sur la terre ferme, la

[1] Documents techniques Op. Cit.76.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

surface de la chaudière en contact avec le foyer est déterminante lors des calculs, pour les chaudières installées sur les navires la surface de chaudière en contact avec l'eau.

Les chaudières à vapeur sont construites sur des modèles très différents. Le développement actuel est caractérisé par le désir d'accroître la productivité par le mode constructif le plus simple et le plus économique possible. Grâce à une standardisation très étendue. On essaie d'obtenir une réduction des prix. Le grand nombre de tubes constitue l'élément de construction dominant des grandes chaudières construites de nos jours. On limite le plus possible les ballons de chaudières onéreux. Les différents modes constructifs des chaudières à vapeur diffèrent de par la chauffe ainsi que par le type et la disposition des surfaces de chauffe de la chaudière, de la surchauffeur et du réchauffeur.

La totalité du foyer de la chaudière. Est revêtu de tubes et la transmission de la chaleur se fait alors en grande partie par rayonnement (surface de chauffe à rayonnement).

La vapeur se constituant dans les tubes de chaudière est amenée à une température supérieure dans un surchauffeur (vapeur surchauffée).^[1]

I-2-6- Surchauffeur, réchauffeur et accessoires

Dans le réchauffeur, la vapeur saturée provenant du générateur de vapeur est surchauffée, la pression restant constante. Certains modèles ne permettent pas d'isoler la surchauffeur face au courant de gaz de fumée.

Lors de la mise en service de la chaudière, les tubes de la surchauffeur doivent être très tôt refroidis par un courant de vapeur pour éviter qu'ils sautent. Au début, on peut procéder à un remplissage d'eau s'évaporant par la suite pour assurer la transition.

Dans les réchauffeurs, la chaleur des gaz de fumée est utilisée pour le réchauffage de l'eau alimentaire ou de l'air comburant.

Comme accessoires d'une installation de chaudière, on a tous les dispositifs en relation avec l'amenée de l'eau alimentaire et l'alimentation en combustible ainsi que les appareils servant à la surveillance de l'installation.

Devanture du foyer, registre de fumées et "pieds" de chaudière constituent ce qu'on appelle le "gros" équipement de chaudière.^[2]

[1,2] Documents techniques Op. Cit.76

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

L'équipement "fin" comprend les manomètres, les tubes à niveau d'eau, les robinets de contrôle, les robinets de vidange, les soupapes de sûreté, d'arrêt et de retenue.

I-2-7- Ventilateurs

Pour le fonctionnement des foyers, on a besoin de ventilateurs dans des buts distincts. Pour l'acheminement de l'air de combustion (soufflerie d'air frais), le transport des gaz de fumée en aval de la chaudière en régime de dépression (tirage aspire) et recyclage des gaz de fumée dans des buts de réglage.

Types

Ventilateur radial à aubes droites ou cintrées, l'axe du rotor logé en porte-a faux ou des deux côtés dans des roulements ; en cas de logement en porte-à-faux, montage et démontage simple du rotor.

Réglage : par aubes directrices coté aspiration (réglage du tors), par moteur à commutation de polarité à deux vitesses relie à un régulateur du tort.

Ventilateur axial indiqué pour des quantités élevées. Sensible à l'usure par la poussière ; on a alors un son à haute fréquence nécessitant l'emploi d'un amortisseur du bruit.

Réglage : par aubes directrices coté aspiration ou par réglage des aubes mobiles. ^[1]

[1] Documents techniques Op. Cit.76

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET



Figure 17 :Photo réelle de la chaudière de la centrale thermique de CAP-DJINET.

II-Application la méthode AMDEC sur composants de la chaudière

II-1-Ventilateur de soufflage (NG21/22D001)

Ce sont des ventilateurs qui fournissent l'air nécessaire pour une bonne combustion. Il y a deux ventilateurs de soufflages semblables, ce sont des ventilateurs radiaux à un seul flux avec un mécanisme régulateur de turbulence et un dispositif d'accouplement. Le ventilateur est monté sur un Socle de béton en plein air. Le moteur d'entraînement est fourni par la société SIEMENS (Autriche).^[1]

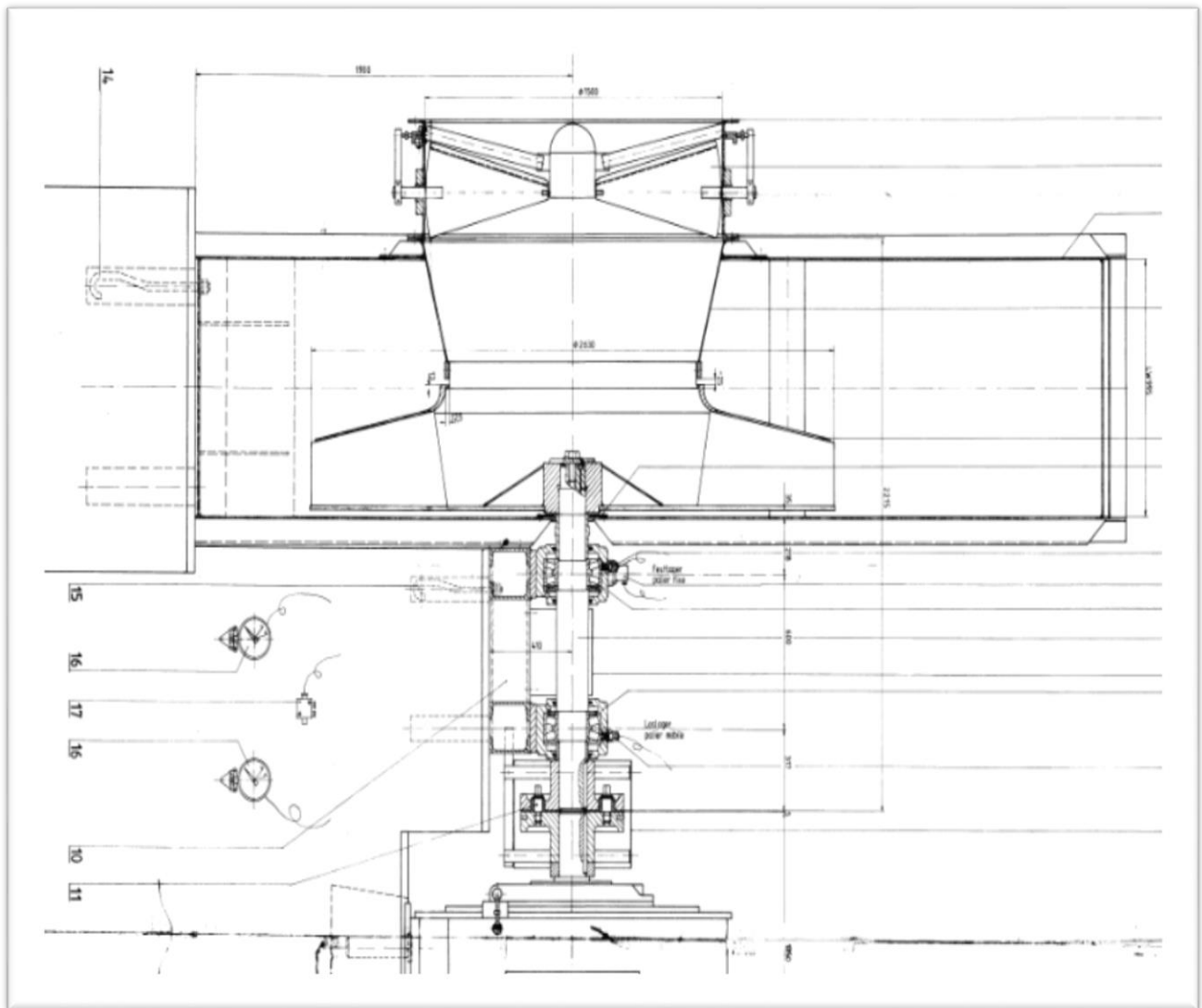


Figure18 : Ventilateur de soufflage

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP-DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

[1] Documents techniques Op. Cit.67

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

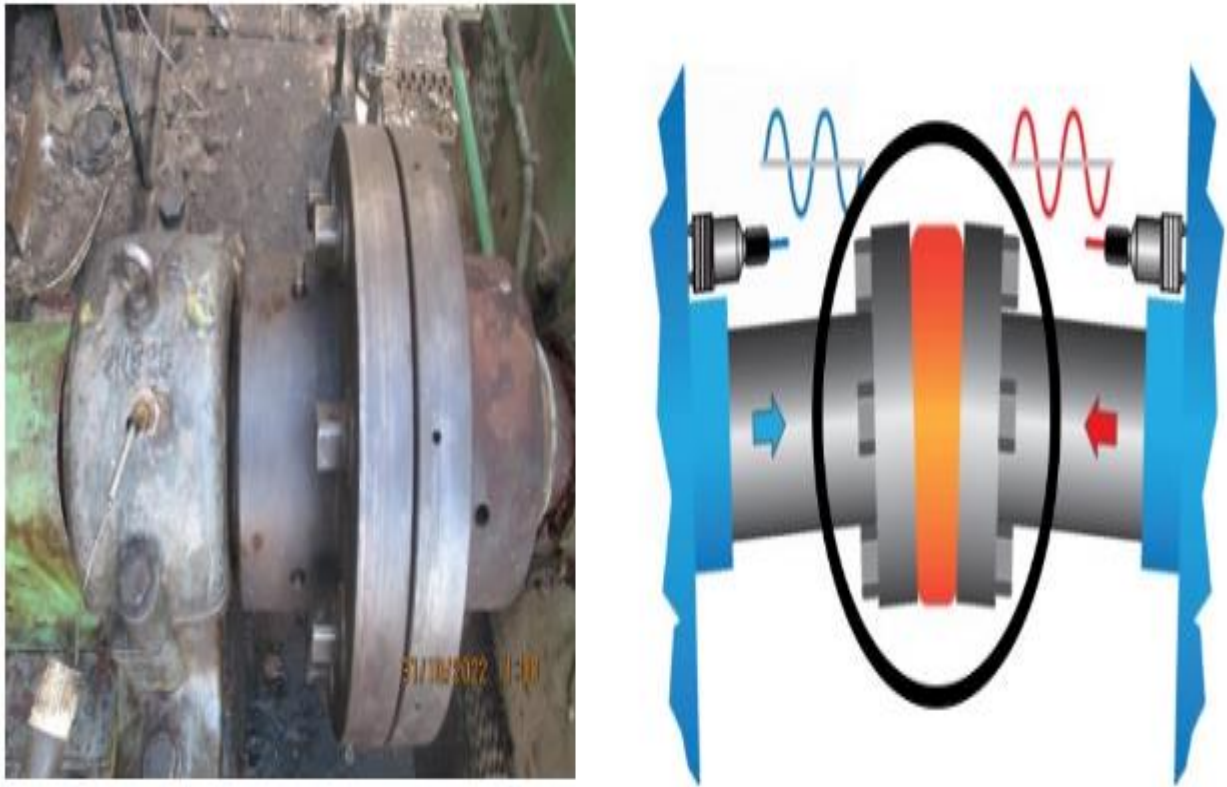


Figure 19 :Désalignement de l'accouplement pièce moteur ventilateur

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

II-2-Ventilateur de recyclage (NS)

Chaque tranche est équipée de deux ventilateurs de recyclage (ou de recirculation) des fumées. Ils aspirent une partie des gaz de combustion à la sortie de la chaudière (avant le réchauffeur d'air) et l'injectent dans la partie basse de la chambre de combustion. Ce système permet un gain de rendement, surtout à basse charge, ^[1]

[1] Documents techniques Op. Cit.76.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

Zwischenstück für Drallreglerausbau versehen
 prévoir une pièce intermédiaire pour le démontage
 du régulateur de la turbulence

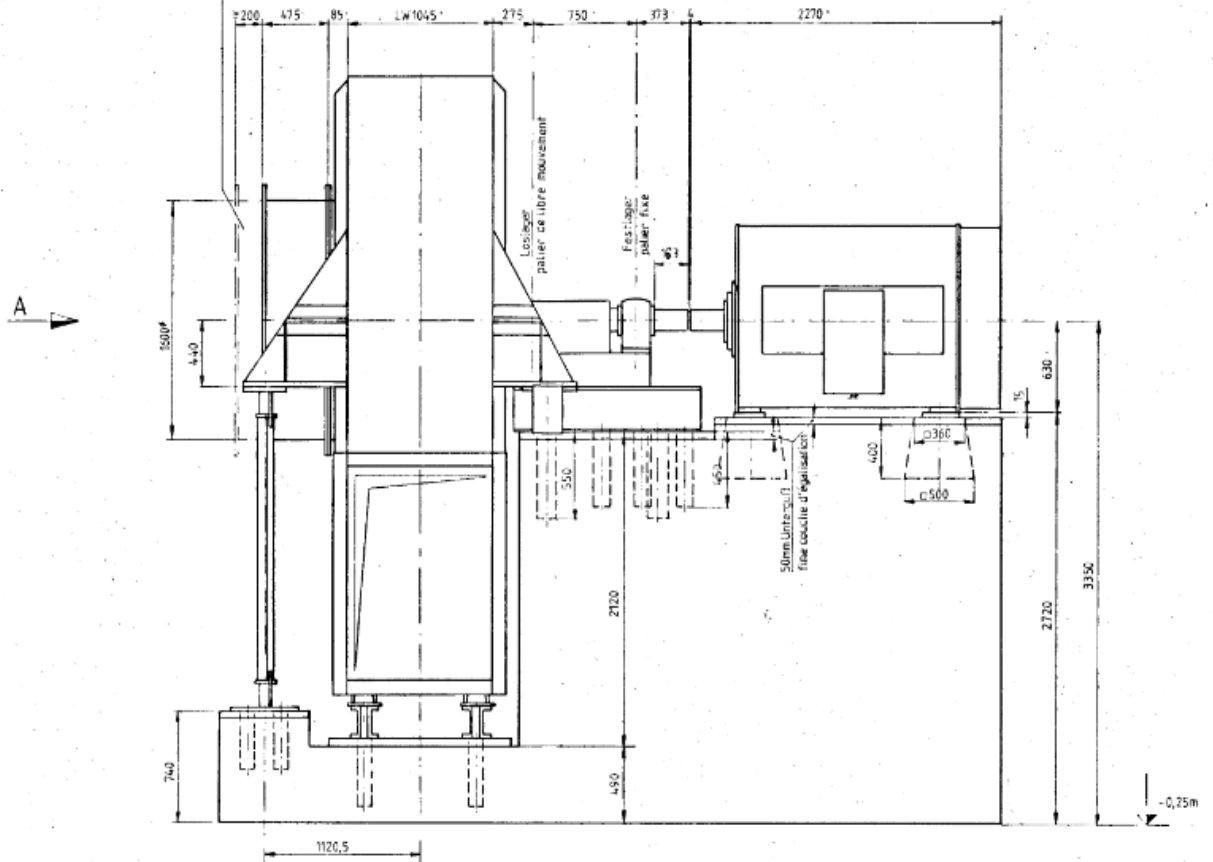


Figure 20 : ventilateur de recyclage

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET



Figure 21 :Défaut de roulement de moteur ventilateur

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP-DJINAT Le 05/05/2023 à 9 :00h

II-3-Réchauffeur d'air rotatif (NH10)

Le rôle principal d'un réchauffeur d'air rotatif dans une chaudière est d'augmenter l'efficacité de la combustion en préchauffant l'air frais nécessaire à la combustion avant son entrée dans la chambre de combustion. [1]

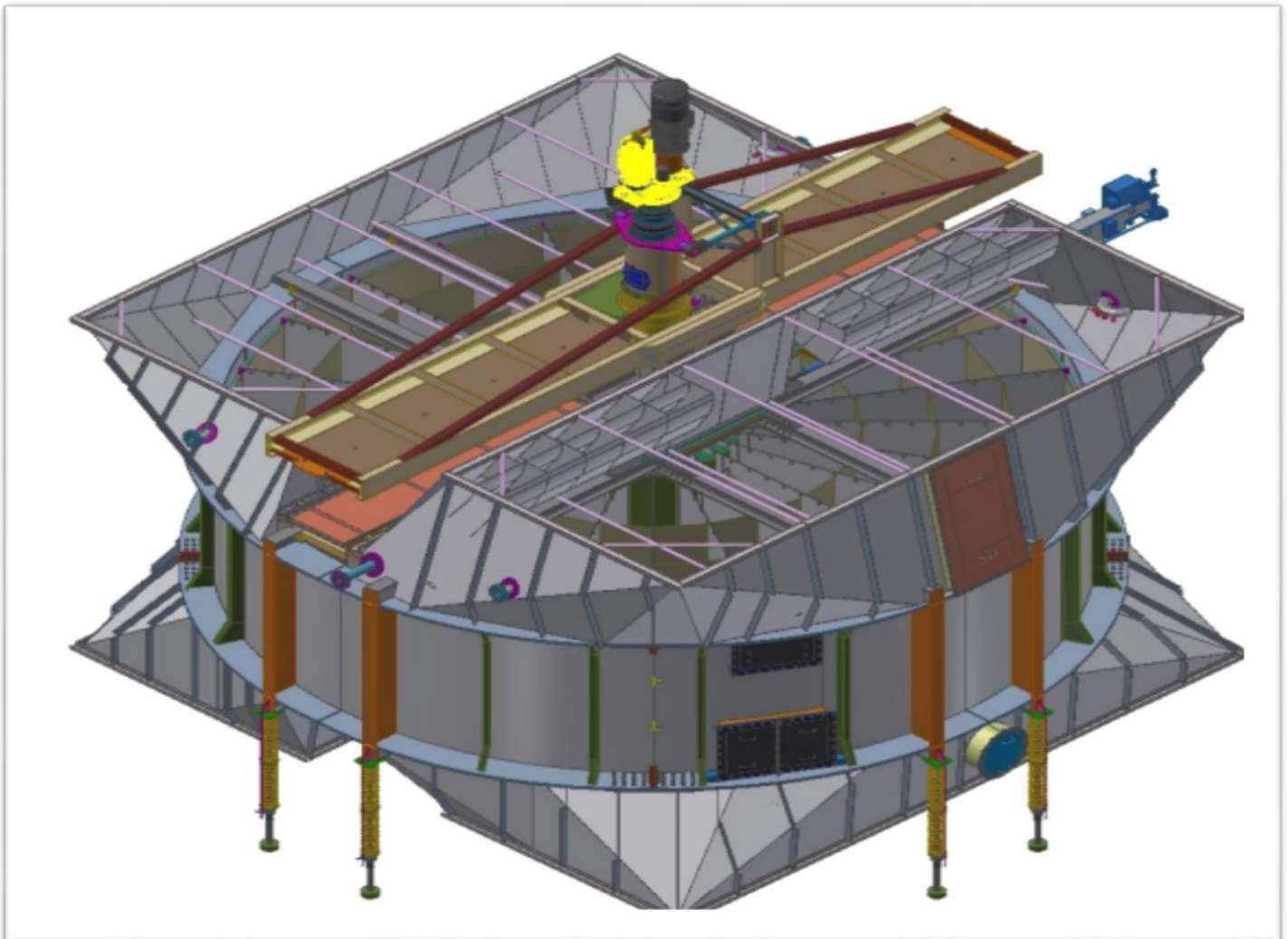


Figure 22 : Schéma d'un Réchauffeur d'air rotatif

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

[1] Documents techniques Op. Cit.76.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

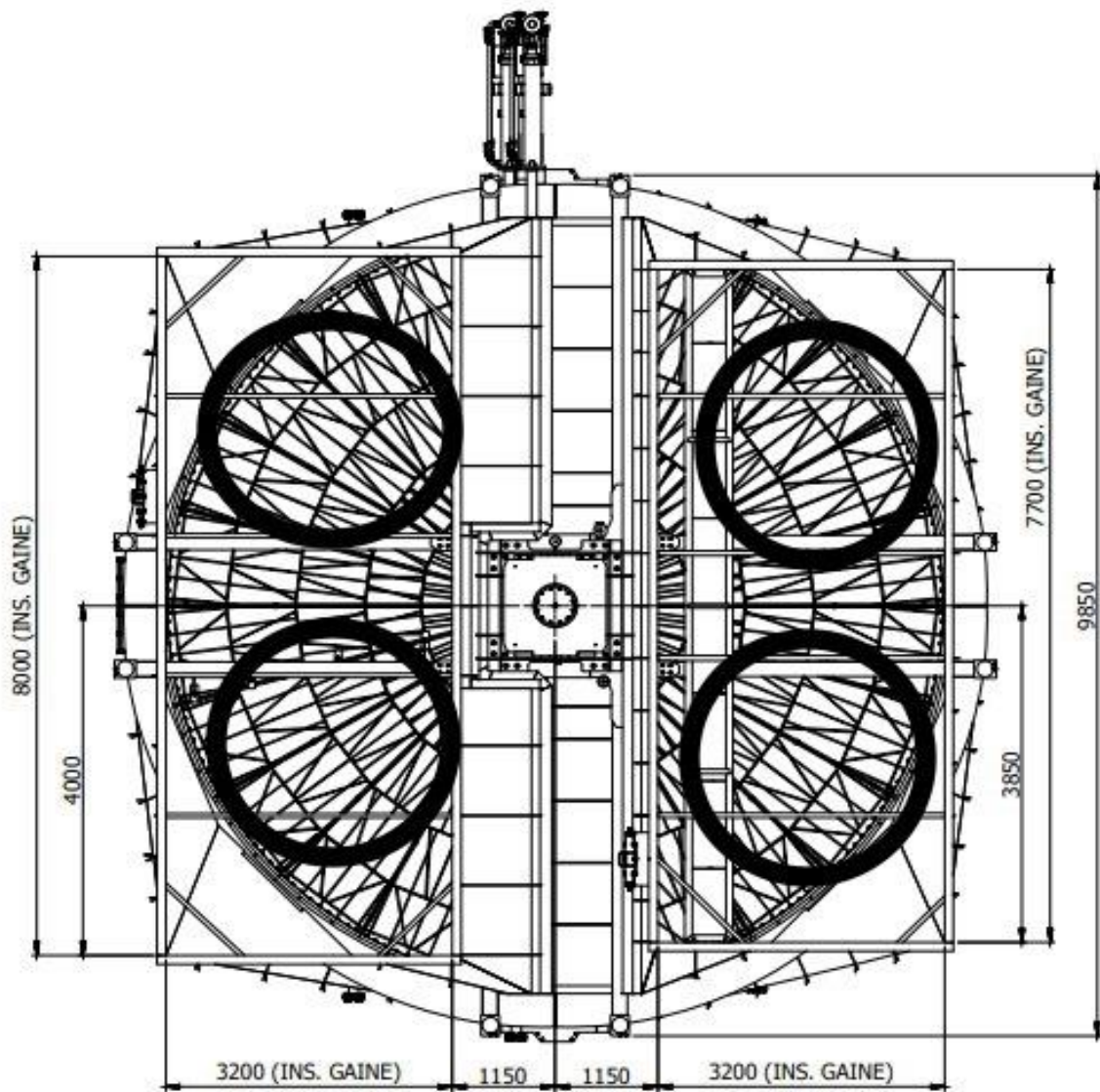


Figure 23 : Schéma montrant l'emplacement des défaillances au niveau de réchauffeur.

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

II-3-Porte de visite

Une porte visite de chaudière est une ouverture située sur le corps de la chaudière qui permet d'accéder à l'intérieur de celle-ci pour effectuer des opérations d'entretien, d'inspection ou de réparation. Elle est généralement équipée d'un couvercle ou d'une porte qui peut être ouverte et refermée facilement. [1]

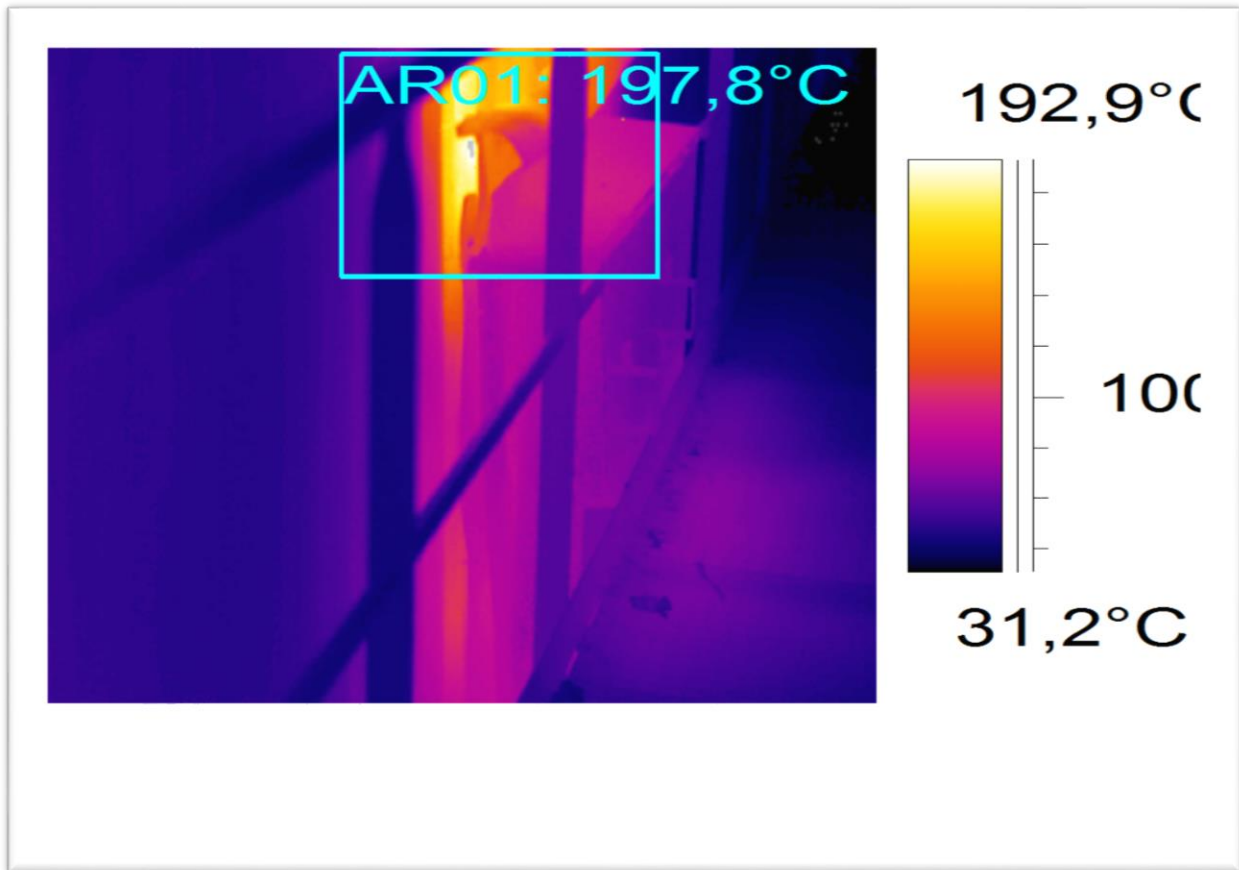


Figure24 :Porte visite qui présente un dégagement de chaleur de l'ordre de 197 °C

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP-DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

[1] Documents techniques Op. Cit.76

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

II-4-Vannes d'arrêt d'urgence des Brulures

Les vannes d'arrêt d'urgence des brûleurs sont des dispositifs de sécurité utilisés dans les installations de brûleurs pour arrêter rapidement l'alimentation en combustible en cas d'urgence ou de situation dangereuse. Ces vannes sont conçues pour prévenir les accidents liés aux brûleurs, tels que les fuites de gaz, les surchauffes ou les flammes indésirables. [1]

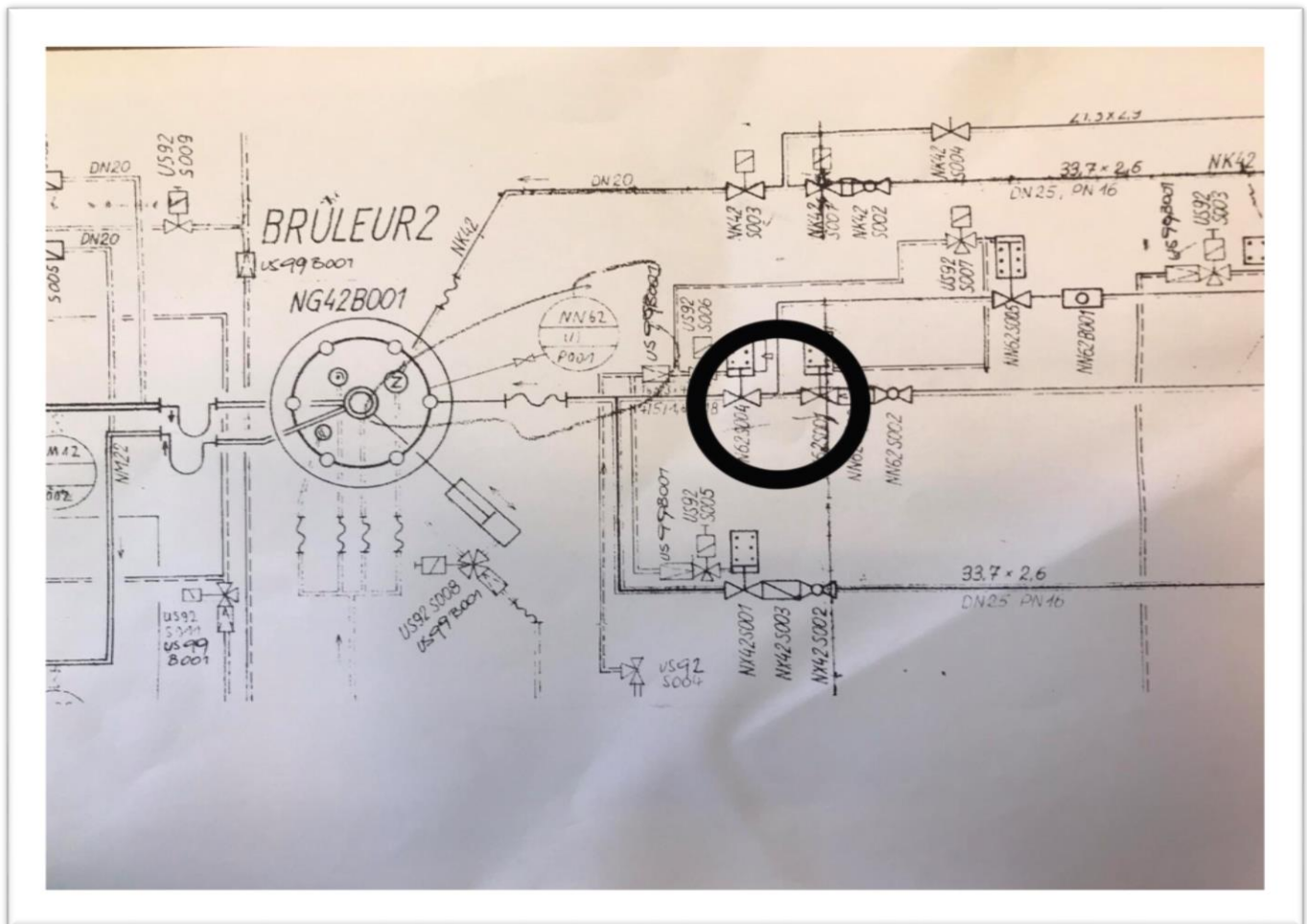


Figure 25 :Schéma des vannes de bruleur de chaudière

. SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

[1] Documents techniques Op. Cit.76

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

II-5- Robinet motorisé a soupape d'arrêt (RB30S005)

Le rôle d'un robinet motorisé à soupape d'arrêt est de contrôler le débit de fluide de manière précise et automatisée. Il offre des avantages tels qu'une régulation efficace, une automatisation, une réactivité et une sécurité accrues. [1]

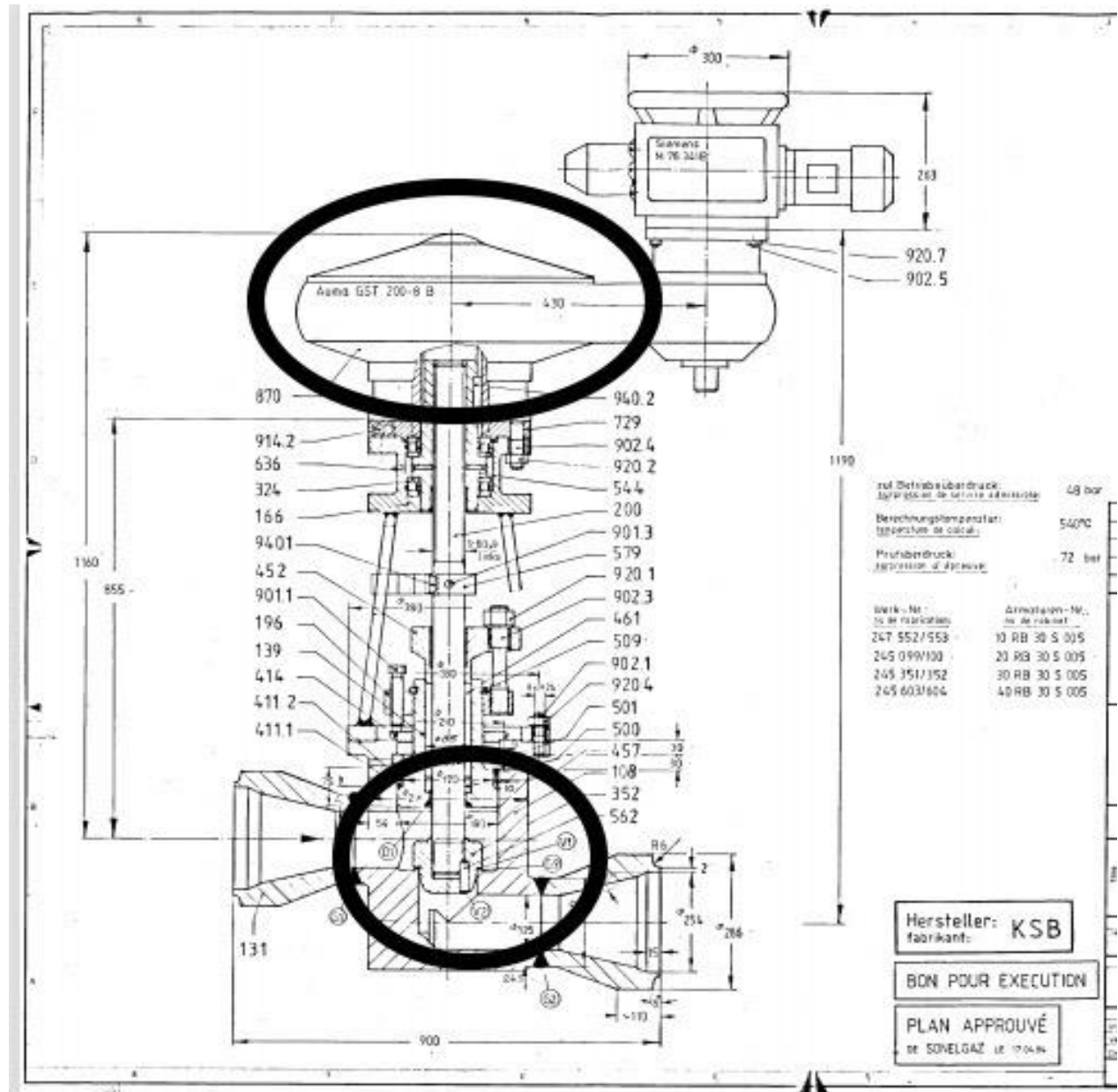


Figure 26 :Schéma d'une vanne motorisé a soupape d'arrêt.

SOURCE : Documents techniques département d'exploitation du central thermique de CAP- DJINAT Le 05/05/2023 a 9 :00h

[1] Documents techniques Op. Cit.76

Section 3 : Présentation de Tableau AMDEC

I- Grille de cotation

I-1-La criticité

La criticité est calculée pour chaque défaillance, par la multiplication des trois critères :

$$C = F \times G \times D$$

Tableau 19: Niveau de cotation de détection, fréquence et gravité

Critère/ Valeur	Detection	Fréquence	Gravité
1	Détection facile Diapositive de détection (existe)	Fréquence très faible Moins d'une défaillance par ans	Mineure Arrêt de production moins de 6 heures
2	Detection possible Facilement à détecter mais nécessite une action particulière (visite, control visuel)	Fréquence faible Moins d'une défaillance par semestre	Significative Arrêt de production 6-12 heures
3	Détection Presque Défaillance nécessite un complexe (appareillage, montage)	Fréquence moyenne Moins d'une défaillance par trimes	Moyenne Arrêt de production 1 jour
4	Détection impossible Aucun signe de l'origine de la défaillance	Fréquence forte Plusieurs défaillances par moins	Majeur Arrêt de production plus de 1 jour intervention importante

Source : Mourad BOUSSEROUEL Salah Eddine BENKADDOUR 2019 Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production. Cas : Système MPS 500 du laboratoire MELT.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

I-2-La détection

On a donné une valeur minimale de 1 sur 4 pour les pannes et les défaillances qui sont très faciles à détecter, soit par un moyen installé dans le système, ou par des moyens manuels. Les valeurs 2 et 3 sont généralement données aux problèmes qui sont relativement difficiles à détecter ; ce sont des problèmes qui exigent la présence d'un système de contremesure, ou des problèmes difficiles à voir même avec la présence des opérateurs humains. La valeur maximale est 4, dans ce cas le problème est considéré indétectable : En général, c'est pour les problèmes difficiles à détecter avec la technologie actuelle. [1]

I-3-La fréquence

La fréquence est un critère qu'on a trouvé un peu difficile à valoriser puisqu'il a une relation directe avec le nombre d'occurrences de pannes, et ceci demande une expertise élevée et une très haute connaissance sur le système étudié. C'est pour ça que les valeurs utilisées dans cette analyse sont en fait des probabilités. Le choix d'une valeur est expliqué dans le tableau précédent. [2]

I-4-La gravité

La gravité a été graduée de 1 à 4 : la valeur minimale 1 est donnée pour les problèmes qui n'affectent pas la productivité, ni la qualité, ni la santé des opérateurs ou leur bien-être... La valeur 2 est donnée aux problèmes qui affectent la productivité ou la qualité : dans ce cas les pièces ne sont pas considérées de la haute gamme. La valeur 3 est donnée quand les pièces produites sont non conformes, quand il y a des arrêts de production ou une baisse majeure de productivité... la valeur maximale 4 est réservée pour les effets catastrophiques sur les pièces, moyens, opérateurs, ressources financières... [3]

[1,2,3] Mourad BOUSSEROUEL Salah Eddine BENKADDOUR 2019 Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production. Cas : Système MPS 500 du laboratoire MELT

II-Tableau AMDEC

Tableau 20:AMDEC sur les composants de la chaudière

Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leurs Criticités(AMDEC)													
System : Chaudière					Dates :2023/04/07								
L'élément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets	D	F	G	C	Actions	D'	F'	G'	C'
Ventilateur de soufflage													
Ventilateur de soufflage (NG21/22D001)	-Fourniture de l'aire nécessaire à la combustion	-Disalignement de l'acouplement moteur-ventilateur	-Usure des tampons d'accouplement disserage de palier	-Vibration élevés jusqu'à l'arrêt -Elévation progressive des vibrations -Limitation de la charge de la chaudière a 60 %	2	2	4	16	-Mise en place d'une maintenance conditionnelle en utilisant Analyse vibratoire Et les systèmes d'aide de diagnostique	2	1	3	6
		-Défaut de roulement	-Mauvaise qualité de la graisse		3	3	2	12		2	3	2	9
		-Incendie au niveau des paliers de ventilateur de soufflage	-Vibration et échauffement du palier libre de ventilateur de soufflage	-Arrêt de ventilateur de soufflage suit des vibrations importantes sur le palier libre	1	3	4	12	Changement de roulement	1	3	3	9
Ventilateur de recyclage													
Ventilateur de recyclage (NS)	-Protection et régulation de température des échangeurs a basse charge	-Default de roulement	-Mauvaise qualité de la graisse	-Limitation de fonctionnement	1	4	3	12	-Mise en place d'une maintenance conditionnel en utilisant la moyennent un vibromètres et logiciel d'analyse des données Analyse vibratoire et les systèmes d'aide de diagnostique	1	3	2	6

Réchauffeur d'air rotatif													
Réchauffeur d'air rotatif (NH10)	-Réchauffer l'air de combustion par les fumées pour élèverez le rendement de la chaudière	-Incendie au niveau du réchauffeur	- présence de CO et de la suie en quantité importante a causé d'une mauvaise combustion et en présence d'une température élevée	-Arrêt du groupe de production pour une longue durée (indisponibilité élevé)	2	2	4	16	-Analyse online des fumée -Etalonnage des chaines de régulation de la combustion -nettoyage systématique des échangeurs du réchauffeur (system de ramonage a la vapeur)	1	1	3	3
		Endommagement du réchauffeur (fléchissement du plan de rotation)	Arrêt du moteur d'entrainement principale a courant alternatif		2	3	4	24	-Installation d'un moteur d'entrainement, à courant continu, en redondance - protection électronique d'arret d'urgence de la chaudière (après 9s d'arret du moteur)	1	2	3	6
Porte de visite													
Porte de visite	-Accès à la chaudière	-Dégradation du system d'isolation thermique (bloc de ciment réfractaire, laine de roche et laine verre)	-Les arrêts brusque de la chaudière suite au déclenchement protection	-Arrêt chaudière	3	2	4	24	-Limitation des déclenchements intempestive -Action de maintenance pendant les révisions générales	2	1	2	4

Robinet à soupape d'isolement brûleur

Vannes d'arrêt d'urgence des Brulures	arrêter rapidement l'alimentation en combustible en cas d'urgence ou de situation dangereuse.	-Vanne d'arrêt brulures non étanche	-Usure de siage de la vanne	-Défaillance de system de commande plumatique de la vanne d'arret	3	3	3	27	-Installation d'une vanne d'arrêt en série	2	2	2	8
--	---	-------------------------------------	-----------------------------	---	---	---	---	----	--	---	---	---	---

Robinet motorisé a soupape d'arrêt

Clapets de retenue (RB30S005)	Évacuation rapide de la vapeur en cas surpression	-Soupape ne s'ouvre pas rapidement	-Un mauvais réglage du jeu de la soupape	-Éclatement du resurchauffeur suite à une surpression de vapeur	4	2	4	32	-Maintenance préventive de ce system	3	1	2	6
		-Ne se ferme pas totalement	-Usure du siege du la vanne	-Emission de bruit important -Deminiation du rondement de chaudière	3	2	3	18		2	2	2	8
		-Fuit par PE (Presse étoupe)	-Le presse étoupe (Stem Packing) est usé, lâche ou endommagé.		3	2	3	18		2	2	1	4

III-Classification et matrice de criticité

La classification de la criticité indiqués dans le Tableau peut être rétablit par le choix :

Des intervalles de niveaux de criticité appropriée à l'entreprise considéré Comme le montre le tableau 3,4.

Tableau 21 : Niveau de la criticité

C	Niveaux criticité
$1 < C < 12$	Négligable
$12 < C < 26$	Moyenne
$26 < C < 64$	Elevé

D'une matrice de criticité ne prenant que F, D et G comme critère indiqués dans le Tableau

Tableau 22 : Matrice de criticité

		D			
		1	2	3	4
F	4	4	16	36	64
	3	3	12	27	48
	2	2	8	18	32
	1	1	2	9	16
		1	2	3	4
		G			

IV-Interprétation des résultats

L'application de la méthode AMDEC a montré que le système chaudière est associé à deux risques importants d'explosion et d'incendie.

On remarque que la plupart des déviations sont situées dans le réchauffeur d'air rotatif et les ventilateurs de soufflage.

On observe qu'il existe des déviations qui ont un effet latent : c'est à dire qu'elles affectent les performances à long terme du système étudié (La chaudière).

Il y a une certaine proportion d'événements à effet potentiellement rapide, dans le sens où ils peuvent initier un enchaînement pouvant conduire à un accident (explosion –incendie).

Synthèse & évaluation du travail

L'application de la méthode AMDEC a permis de faire ressortir un nombre important de dérives potentielles. Néanmoins, elle souffre de quelques insuffisances dues à la méthode elle-même :

- Consommatrice de temps
- Fortement qualitative : pour estimer les probabilités des dérives, il faut déterminer les probabilités de défaillances des équipements ce qui nécessite une étude complémentaire de sûreté de fonctionnement (HAZOP -APR).

Les équipements les plus sensible sont le réchauffeur d'air rotatif et les ventilateurs de soufflage.

V-Recommandations générales

V-1Technique

- Utilisation de capteurs et d'instruments de mesure : Installez des capteurs appropriés pour surveiller les paramètres clés tels que la température, la pression, le débit, la qualité de l'eau, etc. Utilisez des instruments de mesure précis et calibrés pour garantir des mesures fiables.
- Améliorations de la conception et des systèmes de sécurité : Si des défaillances récurrentes sont identifiées, envisagez des améliorations de conception ou des mises à niveau des systèmes de sécurité pour réduire les risques. Cela peut inclure l'installation de dispositifs de sécurité supplémentaires, de systèmes de contrôle plus avancés, de redondances, etc.
- Vérifier périodiquement et régulièrement les équipements.

Chapitre III : Application de la méthode AMDEC sur la chaudière au milieu de la central de production d'électricité CAP-DJINET

V-2-Organisationnel

- ✓ Le temps nécessaire à l'inspection qui est planifié et intégré ne peut dans n'importe quel cas être négligé, car il permet la détection des signes avant le dysfonctionnement et de pouvoir remédier avant la panne.
- ✓ Donner des consignes et interdictions appropriée à l'ensemble des opérateurs.
- ✓ Faire un diagnostic SDF (sûreté de fonctionnement).
- ✓ Faire des audits internes et des inspections périodiques à l'ensemble des activités.

V-3Humaine

Sensibilisé le personnel du danger encouru.

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

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

VI-Conclusion

L'application de la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) sur la chaudière de central de production d'électricité à CAP-DJINET permet d'identifier, analyser et hiérarchiser les défaillances potentielles pour mettre en place des actions préventives efficaces. Cette approche systématique offre plusieurs avantages pour assurer la sécurité, la fiabilité et la performance de la chaudière.

Conclusion générale

Conclusion générale

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

L'objectif global de notre travail est l'évaluation des risques liée au dysfonctionnement du système de production (chaudière), nous avons utilisé la méthode AMDEC, qui est la plus efficace et la plus applicable aux installations industrielles (thermique-vapeur) comme celle le central thermique de CAP-DJENAT, cette application exige un groupe d'évaluation cohérent et pluridisciplinaire pour pouvoir aboutir aux résultats escomptés.

Bibliographie

Liste des ouvrages

- ✓ AUGEREAU J.-F. & PEREIRA A. : La prévision des avalanches demeure une science inexacte. Quotidien Le Monde. 27 octobre 1999.
- ✓ BERNIER J. : Les conditions du dialogue entre l'homme d'étude et le décideur en situation de risque. 15 décembre 1999.
- ✓ GARCON R. : Prévention des risques de dysfonctionnement des barrages hydro-électriques des Alpes. 1er décembre 1999
- ✓ WALTER J. : Les friches urbaines s'avèrent difficiles à reconquérir. Revue Géomètre. Janvier 1998, p.15
- ✓ TARDY A. : Approche systémique pour l'analyse des risques liés au : infrastructures souterraines urbaines. 31 janvier 2000
- ✓ CHALUMEAU E. : Analyse spatiale de la délinquance dans les diagnostics locaux de sécurité. IHESI : Institut des Hautes Études de la Sécurité Intérieure
- ✓ LEROY J.-B. : La pollution des eaux. Que Sais-je ? N°983, Éditions PUF. 128 pp
- ✓ Jean-François GLEYZE Janvier 2002
- ✓ ROUSSEL I. : La difficile territorialisation du risque lié à la pollution atmosphérique. Actes du colloque international Risques et territoires. ENTPE, Vaulx-en-Velin. 2001.
- ✓ MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ : Risques et sécurité sanitaires. Appel d'offres lancé conjointement par l'INSERM – programme de recherche en santé publique, le CNRS – programme “Santé et Société” – et la Mire (mission recherche du ministère). 1999, 6
- ✓ Gérard Landy AFNOR-2007 ISBN -978-12-47501-3
- ✓ Joseph Kelada Ecole des HES-1994 France
- ✓ The Canadian Journal of Hospital Pharmacy.
- ✓ La méthode AMDEC. Ecole des Haute Etude Commercial. Joseph Kélada1998.

Liste des mémoires

- ✓ OULMANE Younes CHORFI Tahar Analyse des risques liés au fonctionnement du système turbo-alternateur par la méthode HAZOP Cas de la Centrale à Cycle Combine RAS
DJENATPROJET FIN D'ETUDE ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE ALGER 2020.
- ✓ BELAID OKBA KADRI MOHAMMED LAKHDAR 2020 Application de la méthode AMDEC sur une machine clé en service
- ✓ DOUABA NADJI, BEROUBA SLIMANE THEME : 2017Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur à vis- ATLAS COPCO ZE3-

- ✓ Mourad BOUSSEROUEL Salah Eddine BENKADDOUR :2019 Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production

Liste des sites

- ✓ INRS (Institut National de Recherche et de la Sécurité) – France2015
- ✓ <http://www.prim.net/home.htm> – Les Risques majeurs
- ✓ <http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htm>
- ✓ http://www.ac-rouen.fr/rectorat/profession_rme/une.htm
- ✓ <http://www.maine-et-loire.pref.gouv.fr/risques/index.htm>
- ✓ <http://www.environnement.gouv.fr/>
- ✓ www.OpenAI.com
- ✓ WWW.CCHST.CA
- ✓ [https://www.applus.com/ma/fr/what-we-do/service-sheet/mode-de-d%C3%A9faillance-et-leurs-effets-\(amde\)](https://www.applus.com/ma/fr/what-we-do/service-sheet/mode-de-d%C3%A9faillance-et-leurs-effets-(amde))
- ✓ <http://www.definition-qualite.com/arbre-des-causes.htm>
- ✓ <https://www.fiateq.com/nos-activites/la-surete/arbre-des-consequences/>
- ✓ ©2023 blog gestion de projet
- ✓ Document interne du central thermique de RAS DJENAT
- ✓ Documents techniques département HSE DE central thermique de RAS DJENAT
- ✓ Documents techniques département d'exploitation du central thermique de RASDJENET