

Département de Maintenance en Électromécanique

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière :** Génie Industriel

**Spécialité :** Maintenance-Fiabilité-Qualité

### Thème

## ANALYSE ET DIAGNOSTIC DES DEFAILLANCES DANS UN SYSTEME INDUSTRIEL

Présenté et soutenu publiquement par :

BOUHENNI Hayet  
KADDOUR Sakina

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr. MAGHDIR Abed	MAA	IMSI	Président
Mm. OTSMANI Zineb	MCA	IMSI	Encadreur
Mr. BOUHAFS Mohamed	MCB	IMSI	Examineur

**Juin 2016**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





## *Remerciement*

*Tout d'abord, nous remercions الله عزوجل le tout puissant de nous avoir donné la patience et la force pour terminer ce modeste travail, et nous tenons expressément à remercier nos parents pour leur soutien, leur confiance et leur encouragements tout le long de nos études.*

*Ce travail est l'aboutissement d'un cheminement scolaire qui a nécessité de la part de nombreuses personnes des sacrifices qu'ils recoivent nos sinceres remerciement*

*Nous tenons Expressément et Chaleureusement à remercier notre encadreure **Mme OISMANI ZINEB** pour ces orientations et consiels durant la préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions tous les personnes de SPE de Relizane.*

*Nous souhaitons exprimer nos gratitudes aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.*

*Nous remercions également tout les enseignants de L' IMSI .*

*Et en fin, nous remercions tous nos camarades de la promotion 2016.*

*K. SAKINA      &      B. HAYET*



## *Dédicace*

*C'est avec un grand honneur que je dédie ce travail à :*

*Ceux, qui ont sacrifié leur temps et m'ont offert un grand soutien pour ma formation,*

*A mes très chers parents pour leur soutien et sacrifices durant toute ma vie,*

*A mon chère et unique frère Ahmed.*

*A mes chères sœurs Karima et Zahira.*

*A toute la famille BOUHENNI ainsi que la famille BENZOUBIR,*

*A ma chère Binôme Sakina qui m'a supporté le long de toutes ces années d'études.*

*A mes chères amies Cherifa, Wafa, Rachida, Anisa, Soumaya.*

*A tout les professeurs qui nous ont aidé à en arriver jusqu'au là.*

*A toute ma promotion connus 2016*

*A tous ceux que j'aime et qui ont été toujours présents pour moi.*

*JUIN 2016*

*BOUHENNI*

*HAYET*





## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :*

*Mes très chers parents qui ont m'aider par ses invocations dans tous  
moment, dans le bonheur et le malheur ;*

*Tous mes frères ; Tous mes sœurs ;*

*toute ma famille Kaddour & Belkhir ;*

*Tous mes voisins;*

*Ma Binôme Hayet qui m'a supporté le long de toutes ces années  
d'études ;*

*Toutes mes chères amies ;*

*Tout les professeurs qui nous ont aidé à en arriver jusqu'au là ;*

*Toute ma promotion connus 2016 ;*

*& à tous ceux que j'aime et ceux qui pensent à moi ;*

*JUIN 2016*

*KADDOUR*

*SAKINA*



## Sommaire

Introduction générale .....	01
-----------------------------	----

### Chapitre I

#### Généralités sur la maintenance

I.1 Introduction.....	03
I.2 Stratégie de maintenance.....	03
I.2.1 Définition de la maintenance.....	03
I.2.2 Objectif de la maintenance .....	04
I.2.3 Evolution de la maintenance .....	05
I.2.4 Politiques de maintenance .....	05
I.2.4.1 Maintenance corrective .....	06
I.2.4.1.1 Maintenance curative.....	07
I.2.4.1.2 Maintenance palliative .....	08
I.2.4.2 Maintenance préventive .....	09
I.2.4.2.1 Maintenance préventive systématique (périodique).....	09
I.2.4.2.2 Maintenance préventive prévisionnelle .....	10
I.2.4.2.3 Maintenance préventive conditionnelle.....	10
I.3 Opérations de la maintenance .....	11
I.3.1 Opérations de la maintenance corrective .....	11
I.3.2 Opérations de la maintenance préventive .....	11
I.4 Définition et classification de défaillance.....	12
I.4.1 Définition.....	12
I.4.2 Classification des défaillances.....	12
I.4.2.1 Classification des défaillances en fonction de leur manifestation.....	12
I.4.2.1.1 Défaillance progressive .....	12
I.4.2.1.2 Défaillance soudaine .....	12
I.4.2.2 Classification des défaillances en fonction de leur amplitude .....	13
I.4.2.2.1 défaillance partielle.....	13
I.4.2.2.2 défaillance complète .....	13
I.4.2.2.2 défaillance intermittente .....	13

I.4.2.3 Classification des défaillances en fonction de leurs causes.....	13
I.4.2.3.1 Défaillance due à une faiblesse inhérente (intrinsèque).....	13
I.4.2.3.2 Défaillance première (intrinsèque) .....	13
I.4.2.3.3 Défaillance due à un mauvais entretien (extrinsèque) .....	13
I.4.2.3.4 Défaillance due à un mauvais emploi (extrinsèque).....	13
I.4.2.3.5 Défaillance seconde (extrinsèque).....	14
I.4.2.4 Classification de défaillance en fonction de leurs conséquences.....	14
I.4.2.4 .1 Défaillance majeure .....	14
I.4.2.4.2 Défaillance critique.....	14
I.4.2.4 .3 Défaillance mineure.....	14
I.5 Modes de défaillance.....	15
I.6 Conclusion .....	15

## **Chapitre II**

### Méthodes d'analyse des défaillances

II. Introduction de Sureté de fonctionnement .....	16
II .1 Définition.....	16
II.1.1 Les fondamentaux de la sureté de fonctionnement.....	17
II.1.1.1 Fiabilité (Reliability).....	17
II.1.1.2 Disponibilité (Availability).....	18
II.1.1.3 Maintenabilité (Maintenability).....	18
II.1.1.4 Sécurité.....	19
II.1.2 Le but de sureté de fonctionnement .....	20
II.1.3 Les études de la sureté de fonctionnement.....	20
II .1 .3.1 Les étapes d'analyse.....	21
II.1.4 Etudes périphériques.....	21
II.1.5 Etude pratique.....	22
II.2 Les méthodes d'analyse des défaillances.....	23
II.2.1 L'AMDEC .....	23
II.2.1.1 Introduction.....	23
II.2.1.2 Types d'AMDEC.....	24
II.2.1.3 Méthodologie de L'AMDEC.....	25

II.2.2 L'Arbre de défaillance.....	26
II.2.2.1 Introduction.....	26
II.2.2.2 Définition.....	26
II.2.2.3 Construction de l' Arbre de défaillance .....	26
II.2.2.4 définition des événements.....	27
II.2.2.5 Objectif de la méthode.....	28
II.2.3 la méthode d'ABC (Activity Based Costing).....	29
II.2.3.1 Définition.....	29
II.2.3.2 Méthodologie de la méthode ABC .....	29
II.2.3.3 Objectifs de la méthode ABC.....	30
II.2.4 Diagramme d'ISHIKAWA.....	31
II.2.4.1 Introduction.....	31
II.2.4.2 Définition.....	31
II.2.4.3 Les causes sont réparties dans les cinq catégories appelées 5M.....	32
II.2.5 La méthode QOOQCP.....	33
II.2.5.1 Introduction.....	33
II.2.5.2 Définition.....	33
II.2.5.3 Principe.....	34
II.3 Conclusion.....	36

## **Chapitre III**

### Description de complexe

III.1 Introduction.....	37
III.2 Présentation du complexe.....	37
III.3 Organisation du centrale SPE.....	38
III.4 Direction du complexe .....	40
III.5 Poste Gaz .....	41
III.5.1 Section du filtre.....	42
III.5.2 Section de récupération du condensat .....	45
III.5.3 Section de la chaudière.....	45
III.5.4 Section de réduction de la pression.....	49
III.6 Conclusion.....	50

## **Chapitre IV**

### Illustration et application

IV .1 Introduction .....	51
IV.2 Etude de la sureté de fonctionnement des chaudières 90EKC 10 /20/ 30 /40 et des filtres90EKE10/20/30/40.....	52
IV.2.1 Les chaudières 90EKC10 /20 /30 /40.....	52
IV.2.2 Les filtre poste gaz 90 EKE 10/20/30/40.....	61
IV.3 Analyse selon la nature des pannes.....	63
IV.4 Conclusion.....	66
 Conclusion générale.....	 67

## Liste des figures

### Chapitre I :

Figure I.1 - objectif de la maintenance .....	04
Figure I.2 - Evolution de la maintenance depuis 1940.....	05
Figure I.3 - Les différentes politiques de maintenance.....	06
Figure I.4 - intervention corrective.....	07
Figure I.5 - Maintenance curative ou réparation.....	07
Figure I.6 - Maintenance palliative.....	08
Figure I.7 - Intervention préventive systématique.....	09
Figure I.8 - Schématisation de la maintenance prévisionnelle.....	10
Figure I.9 - Intervention préventive conditionnelle.....	10
Figure I.10 -Classification de la défaillance en fonction de niveau d'information.....	14

### Chapitre II :

Figure II.1-Les paramètres de sûreté de fonctionnement.....	17
Figure II.2-Durées caractéristiques FMD pour un système réparable.....	20
Figure II.3-Les étude de la sureté de fonctionnement .....	21
Figure II.4-Analyse et modélisation .....	22
Figure II.5- Résultat d'analyse.....	23
Figure II.6- Diagramme de la méthode ABC.....	30
Figure II.7- Diagramme de 5M.....	31

### Chapitre III :

Figure III.1- Situation géographique du SPE.....	37
Figure III.2 -Schéma de procédé du SPE.....	39
Figure III.3- Schéma simplifié de post gaz.....	42
Figure III .4- Les quatre filtres de post gaz.....	42
Figure III.5- Schéma synoptique des quatre chaudières 90EKC10/20/30/40.....	46
Figure III.6- Section de réduction de pression.....	50

### Chapitre IV :

Figure IV.1- Schéma simplifié de poste gaz.....	51
Figure IV.2-La période choisie des équipements à étudiés.....	52
Figure IV.3-Histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de Panne du 90EKC10.....	55
Figure IV.4-Histogramme et graphe du TBF en fonction de nombre de la panne du 90EKC20.....	57



Figure IV.5-Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de panne du 90EKC30.....	59
Figure IV.6-Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de pannes du 90EKC40.....	61
Figure IV.7-Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de panne du filtre.....	63
Figure IV.8-Pourcentage de nature des pannes du 90EKC10 .....	63
Figure IV.9-Pourcentage de nature des pannes du 90EKC20 .....	64
Figure IV.10-Pourcentage de nature des pannes du 90EKC30.....	64
Figure IV.11-Pourcentage de nature des pannes du 90EKC40.....	65
Figure IV.12-Pourcentage de nature des pannes du 90EKE 10.....	65

## Liste des Tableaux

### Chapitre II :

Tableau II.1 - les principaux symboles pour réalisation de l'arbre de défaillance..... 27

### Chapitre III :

Tableau III.1- Les données techniques des filtres.....43

Tableau III.2-Les composants principaux du filtre.....44

Tableau III.3 -Les paramètres de conception..... 45

Tableau III.4 -Les paramètres de conception.....47

Tableau III.5 -Les paramètres de conception.....47

Tableau III.6- Les composants principaux.....48

Tableau III.7- Les composants principaux.....48

Tableau III.8 -Les composants principaux.....49

Tableau III.9 - Les composants principaux.....50

### Chapitre IV :

Tableau IV.1 - Relevé de panne du 90EKC10.....54

Tableau IV.2 -Les indicateurs de la SDF du 90EKC10.....55

Tableau IV.3 -Relevé de panne de 90EKC 20.....56

Tableau IV.4 -Les indicateurs de la SDF du 90EKC 20.....56

Tableau IV.5 - Relevé des pannes de 90EKC 30.....58

Tableau IV.6 - Les indicateurs de SDF du 90EKC30.....58

Tableau IV.7 - Relevé des pannes de 90EKC40.....60

Tableau IV.8 - Les indicateurs de SDF du 90EKC 40.....61

Tableau IV.9- Relevé de panne de filtre 90EKE 10.....62

Tableau IV.10 -Les indicateurs de SDF des filtres .....62

Tableau IV.11- Relevé de nature des pannes du 90EKC10.....63

Tableau IV.12 - Relevé de nature des pannes du 90EKC20.....64

Tableau IV.13 -Relevé de nature des pannes du 90EKC30.....64

Tableau IV.14 -Relevé de nature des pannes du 90EKC40.....65

Tableau IV.15 -Relevé de nature des pannes du 90EKE 10.....65

## Liste des abréviations

ABC: Activity Based Costing

AdD : Arbre De Défaillance

AFNOR : Agence Française de NORmalisation

ALSTOM : Compagnie Française

AMDE : Analyse des Modes de Défaillance et de leur Effets

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

DCS : Digital Control System

EE : Evénements Elémentaire

EI : Evènements Intermédiaires

ER : Événement Redouté

FMDS : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité et sécurité

FMECA: (Anglais Failure Mode, Effect and Criticality Analysis)

GRTG: Société Algérienne de Gestion du Réseau de Transport de Gaz

MDT :( Anglais Mean Down Time) le temps moyen d'Indisponibilité

MTBF : (Anglais Mean Time Between Failure) Durée moyenne entre deux défaillances, c'est  
Le Temps Moyen de fonctionnement Entre Défaillance TMED

MTTF : (Anglais Mean Time To Failure) Temps Moyen jusqu'à la première défaillance

MTTR : (Anglais Mean Time To Repair) Le Temps Moyen avant Remise en Service ou  
temps d'indisponibilité après défaillances TMRS

MUT (Anglais Mean Up Time) durée moyenne de fonctionnement après réparation

QQOQCP : Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?

SDF : Sûreté De Fonctionnement

SPE : Société de Production de l'Electricité

TMD : Le Temps Moyen de Disponibilité

5M : Méthode, Main d'œuvre, Matériel, Milieu, Matière

$\lambda$  : le taux de défaillance

$\mu$  : le taux de réparation

90EKC10/20 /30/40 : les chaudières de bain d'eau

90EKE10/20/30/40 : les filtres de poste gaz

### Introduction générale

Le monde de l'industrie dispose de machines et d'installations de plus en plus performantes et complexes. Les exigences de haute sécurité, la réduction des coûts d'exploitation et la maîtrise de la disponibilité des équipements donnent à la maintenance des systèmes un rôle prépondérant. Elle doit permettre de n'intervenir qu'en présence d'éléments défectueux, de minimiser le temps de réparation ; et de fournir un diagnostic fiable et facilement interprétable malgré la complexité des équipements.

La complexité croissante des systèmes industriels, leur implication grandissante dans la vie économique et sociale, la nécessaire minimisation de leur coût de conception et d'exploitation dans un monde très concurrentiel. La nécessité qu'une grande attention doit être accordée à la sûreté de fonctionnement. La maîtrise des risques économiques, humains ou environnementaux ne peut plus se baser uniquement sur, l'expérience acquise, telle qu'elle est traduite dans les règles de l'art et les normes.

Nous intéresserons principalement à L'analyse prévisionnelle de la sûreté de fonctionnement d'un système. Ainsi, le système n'est arrêté que lorsqu'il existe une certaine probabilité de défaillance, définie par l'analyse de niveaux d'indicateurs issus des mesures établie au cours du fonctionnement.

Cette étude porte donc sur l'analyse et diagnostic de défaillance dans un système industriel avec une application pratique, Le travail effectué dans ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une généralité sur la maintenance (définition, type et leur service au sein de l'industrie) ainsi que la défaillance (définition et leur classification).
- Le deuxième chapitre permet d'une part de définir le cadre de la sûreté de fonctionnement, et d'autre part de présenter les méthodes d'analyse des défaillances.
- Le troisième chapitre concerne la description du complexe SPE, son système industriel (chaudières et leurs filtres).
- Dans le quatrième chapitre nous appliquons les concepts de la sûreté de fonctionnement à des données historiques techniques obtenus par les ingénieurs de

SPE concernant les chaudières 90EKC10/20/30/40 et filtres 90EKE10/20/30/40 dans l'objectif de diagnostiquer les pannes et préconiser des actions de maintenance amélioratives.

Nous terminons notre étude par une conclusion générale.



# Chapitre I :

## Généralités sur la maintenance

## **I.1 Introduction**

Les activités de maintenance, au sens de dépannage d'un équipement, ont toujours existé. Mais ces activités étaient au départ peu ou pas formalisées : elles n'étaient pas nécessairement assurées par du personnel spécialisé, ni encadrées par des méthodes spécifiques. De plus, elles consistaient essentiellement à réparer un équipement une fois que se lui-ci était défaillant, mais n'intégraient que peu la notion de «"préventif"», c'est-à-dire des interventions visant à prévenir la panne.

La notion formalisée de "maintenance" est relativement récente. Elle est apparue avec l'automatisation des systèmes de production, les enjeux économiques et industriels croissant, les réglementations strictes pour la protection de l'individu et de l'environnement.

La fonction de maintenance ne peut se réduire à la seule activité d'entretenir un parc de machine mais à vocation à intervenir dans tout le cycle de l'exploitation du système (choix et conception du matériel, mise en service, détermination des plans de maintenance, organisation et logique des activités de maintenance, suivi de l'évolution du système, etc.).

Dans ce chapitre nous allons focaliser sur les politiques de maintenance qui ont pour objectif de prévenir, d'éviter ou de corriger les dysfonctionnement de systèmes très divers et souvent complexes (systèmes industriels, systèmes électroniques, réseau,...).

## **I.2 Stratégie de maintenance**

Ensemble des décisions qui conduisent :

- à définir le portefeuille d'activités de la production de maintenance, c'est - à - dire, à décider des politiques de maintenance des équipements (méthodes correctives, préventives, à appliquer à chaque équipement)
- et, conjointement, à organiser structurellement le système de conduite et les ressources productives pour y parvenir dans le cadre de la mission impartie (objectifs techniques, économiques et humains). [1]

Les stratégies de maintenance sont aussi variées que peuvent l'être les systèmes sur lesquels elles s'appliquent. Cependant, toutes visent le maintien du système dans un état de bon fonctionnement le plus longtemps possible ou la restauration la plus brève lors d'une défaillance.

### **1.2.1 Définition de la maintenance**

La maintenance est l'ensemble des moyens nécessaires pour maintenir et remettre les facteurs d'opérations en bon état de fonctionnement [1]. Elle comprend l'ensemble des moyens d'entretien et leur mise en œuvre. La différence entre la maintenance et l'entretien



Est que ce dernier consiste à maintenir les facteurs d'opérations en état de fonctionnement Adéquat. En fait, les facteurs d'opérations se manifestent dans les moyens et les ressources indispensables à la création du bien ou du service, comme entre autres: les machines, les équipements, etc.

Selon AFNOR X 60-010, la maintenance est « l'ensemble des activités destinées à maintenir ou à réaliser un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal [2]. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management ».

Le problème qui réside est que la plupart des entreprises ne sont pas sensibilisées à l'importance de la maintenance au sein de l'industrie.

La définition de la maintenance fait apparaître 4 notions :

- Maintenir qui suppose un suivi et une surveillance ;
- Rétablir qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut ;
- État spécifié et service déterminé qui précise le niveau de compétences et les objectifs ; attendus de la maintenance ;
- Coût optimal qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique.

### I.2.2 Objectif de la maintenance

Les objectifs de la maintenance, schématisés dans la figure (I.1) sont nombreux :

- Assurer la qualité et la quantité des produits fabriqués, tout en respectant les délais.
- Optimiser les actions de maintenance (exemple : réduire la fréquence des pannes).
- Contribuer à la création et au maintien de la sécurité au travail.
- Consolider la compétitivité de l'entreprise (exemple: améliorer la productivité) [1].

Les objectifs de la maintenance sont représentés par la figure (I.1)

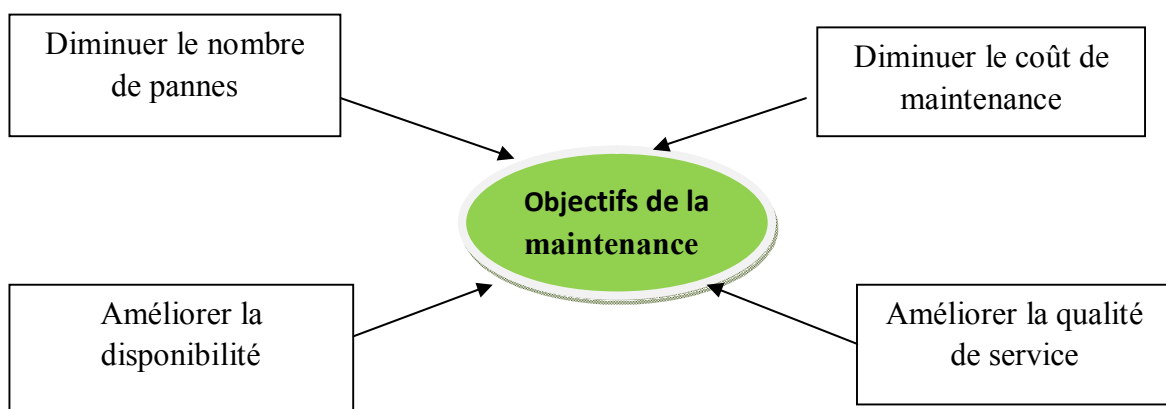


Figure I.1- objectif de la maintenance

### I.2.3 Evolution de la maintenance

Dans un contexte de concurrence économique à l'échelle planétaire, la gestion de la maintenance est loin d'être stabilisée dans un environnement où l'automatisation et le processus de fabrication deviennent de plus en plus complexes. Depuis les années 1940, l'évolution de la maintenance peut être tracée en trois générations selon la figure (I.2) [1].

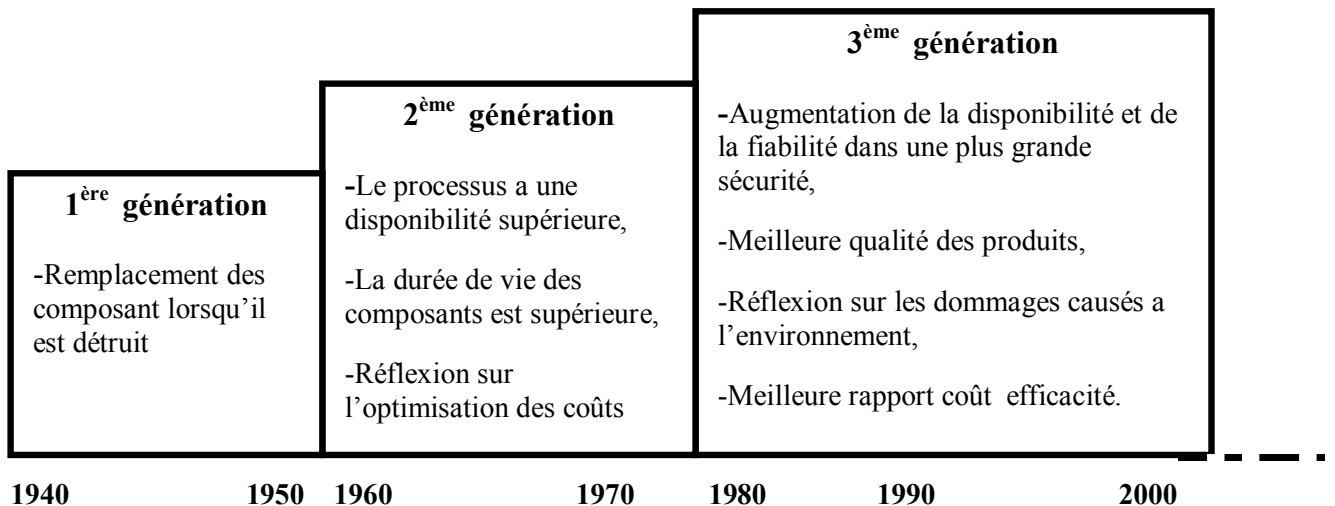


Figure I.2 - Evolution de la maintenance depuis 1940

### I.2.4 Politiques de maintenance

La politique de maintenance peut être répertoriée en deux grandes catégories la maintenance corrective et la maintenance préventive.

La maintenance corrective est la maintenance qui intervient suite à la défaillance du système alors que la maintenance préventive est réalisée lorsque le système est encore en fonctionnement. Le recours à l'une ou à l'autre de ces politiques diffère suivant l'élément considéré mais aussi le type de structure, la politique d'exploitation et de suivi, les coûts, la disponibilité de l'information, etc.

Dans la (figure I.3), nous présentons les différentes politiques suivant le type de maintenance étudiée. Alors que la mise en place d'opérations correctives ne dépend que de l'occurrence d'une panne, les maintenances préventives peuvent être programmées en fonction de différents paramètres.

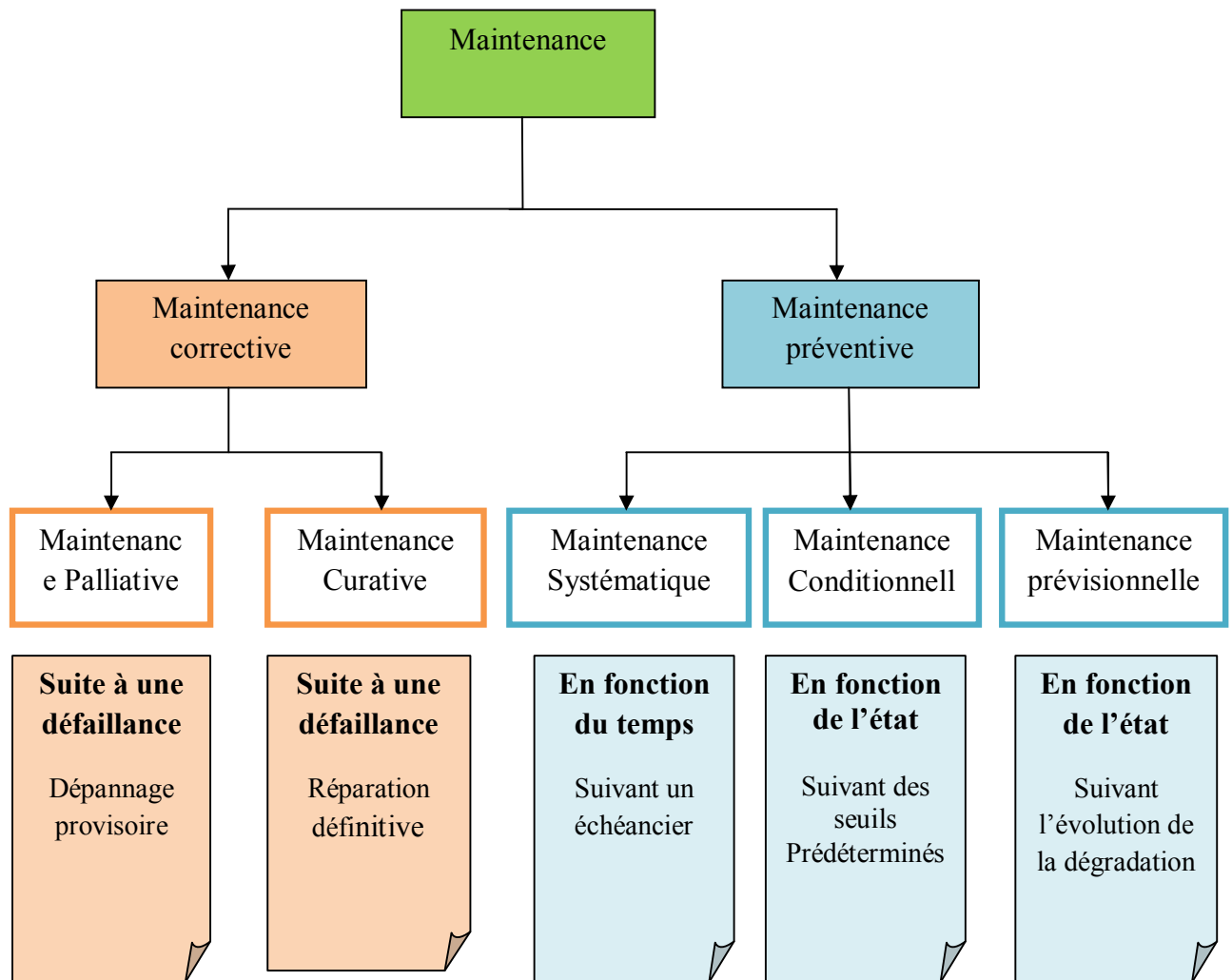


Figure I.3 - Les différentes politiques de maintenance

### I.2.4.1 Maintenance corrective

La maintenance corrective (ou accidentelle) a pour objectif de rétablir le système après une défaillance (perte de la fonction requise) de manière à ce qu'il soit capable de fournir à nouveau ses fonctions. (Figure I.4). On peut distinguer deux types de maintenance corrective la maintenance curative et la maintenance palliative [1].

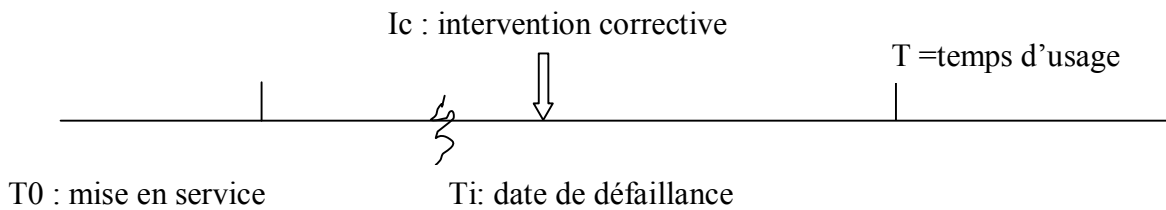


Figure I.4- intervention corrective

**I.2.4.1.1 Maintenance curative**

Ce type de maintenance permet de remettre définitivement en état le système après l'apparition d'une défaillance (figure I.5). Cette remise en état du système est une réparation durable. Les équipements réparés doivent assurer les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus. Une réparation est une opération définitive de la maintenance curative qui peut être décidée soit immédiatement à la suite d'une défaillance, soit après un dépannage, ce type de maintenance, provoque donc une indisponibilité du système [1].

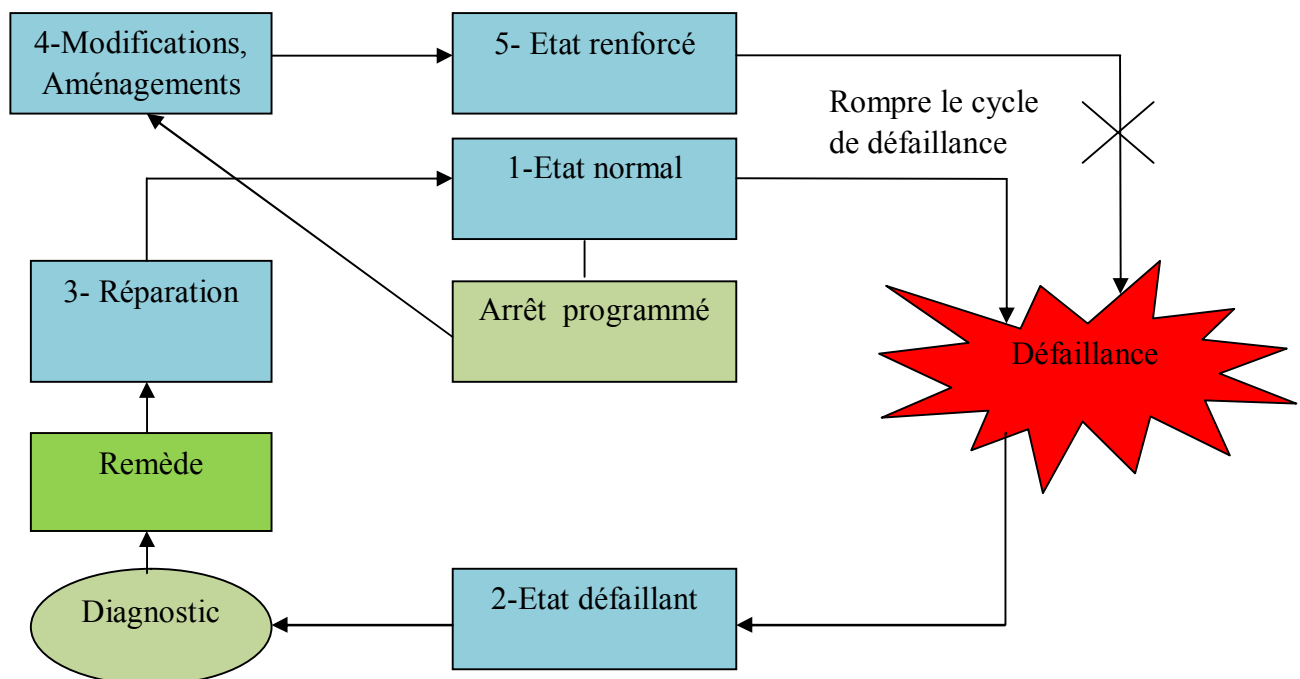


Figure I.5-Maintenance curative ou reparation

### I.2.4.1.2 Maintenance palliative

La maintenance palliative revêt un caractère temporaire, provisoire elle schématisée dans la figure (I.6) Elle est principalement constituée d'opérations qui devront toutefois être suivies d'opérations curatives (réparations). Le dépannage est une opération de maintenance palliative qui est destinée à remettre le système en état provisoire de fonctionnement de manière à ce qu'il puisse assurer une partie des fonctions requises. Les opérations de dépannage sont souvent de courte durée et peuvent être nombreuses. Son coût est très élevé, pour plusieurs raisons:

- Non respect des dates de livraisons, d'où le risque de perdre des clients qui vont chercher des concurrents,
- Recours aux heures supplémentaires qui coûtent chers,
- Baisse de la qualité des produits,
- Absence de la sécurité dans les lieux de travail,

Pour remédier à ces pannes, on a recours :

- Aux équipements de secours ou en attente qui peuvent entrer directement en fonction à la place de l'équipement défectueux,
- Besoin d'une équipe d'entretien hautement qualifiée et compétente.

Le plus souvent, ces solutions sont un peu coûteuses [1].D'où l'intérêt de faire une étude de rentabilité pour savoir s'il est préférable de subir les inconvénients des pannes plutôt que de subir les coûts qu'entraîneraient ces solutions.

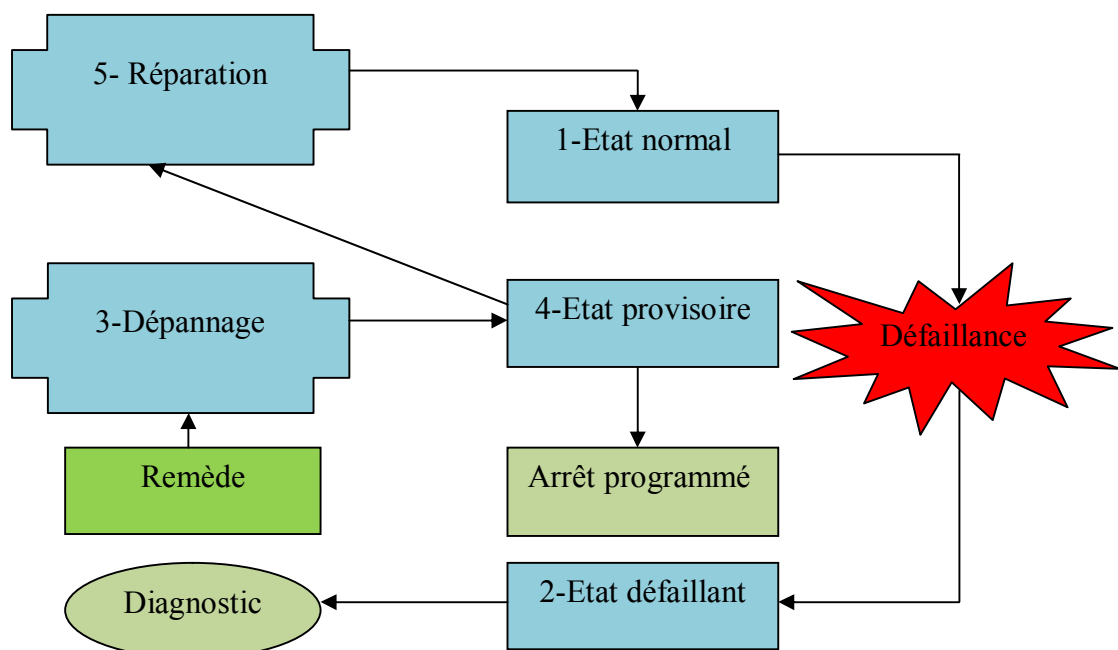


Figure I.6-Maintenance palliative

### I.2.4.2 Maintenance préventive

Opération de maintenance effectuée avant la détection d'une défaillance d'une entité, à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits (suite à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs) et destinée à réduire la probabilité de défaillance d'une entité ou la dégradation du fonctionnement d'un service rendu. [2]

Si une entité tombe en panne avant l'occurrence d'une date de maintenance, elle n'est pas réparée et attendra la prochaine date de maintenance préventive.

Note : L'intervention préventive sert à améliorer l'état de l'élément. Par conséquent, seules les défaillances progressives sont prises en compte ici. Une politique de maintenance préventive a pour objectifs :

- réduire les coûts de défaillance ;
- augmenter la fiabilité d'une machine ;
- améliorer la disponibilité de l'atelier de production ;
- augmenter la durée de vie efficace d'une machine ;
- améliorer l'ordonnancement des travaux ;
- faciliter la gestion des stocks ;
- assurer la sécurité, etc.

#### I.2.4.2.1 Maintenance préventive systématique (périodique)

Lorsque la maintenance préventive est réalisée à des intervalles prédéterminés, on parle de maintenance systématique, l'opération de maintenance est effectuée conformément à un Échéancier, un calendrier déterminé a priori tel représenté dans la figure (I.7) Aucune intervention ne peut avoir lieu avant l'échéance prédéterminée [1]. L'optimisation d'une maintenance préventive systématique consiste à déterminer au mieux la périodicité des opérations de maintenance sur la base du temps, du nombre de cycles de fonctionnement, du nombre de pièces produites... etc.

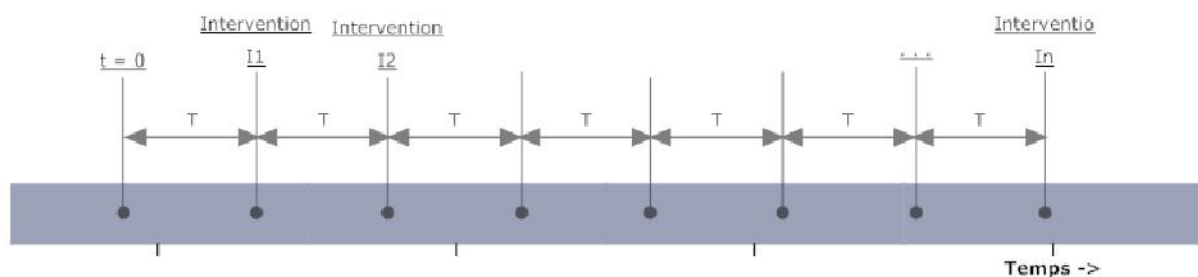


Figure I.7- Intervention préventive systématique

Où

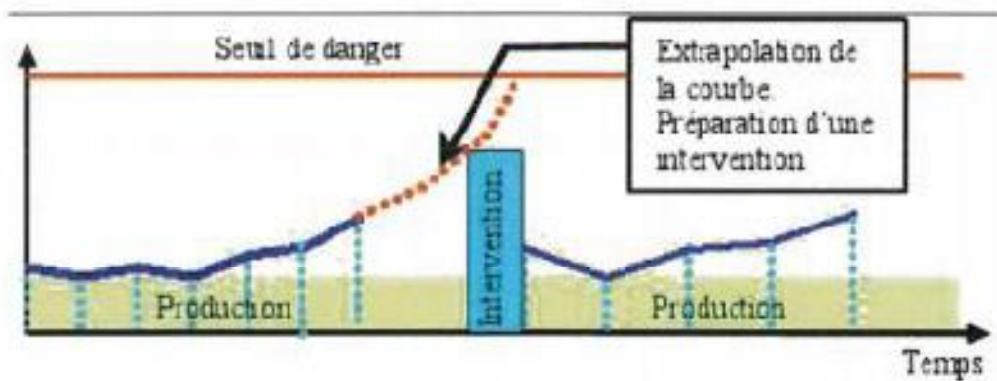
-T : période d'intervention à intervalles constants

-In : intervention préventive systématique

**I.2.4.2.2 Maintenance préventive prévisionnelle**

Lorsque la maintenance préventive est effectuée sur la base de l'estimation du temps de fonctionnement correct qui subsiste avant l'observation de l'événement redouté, on parle de maintenance prévisionnelle comme le montre la figure (I.8). Une maintenance prévisionnelle peut prendre en compte un âge du matériel qui n'est pas forcément calendaire mais par exemple le temps de fonctionnement mesuré depuis la dernière inspection [1].

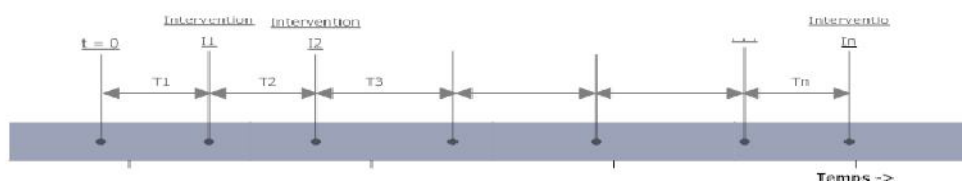
Elle consiste à extrapoler la courbe de dégradation d'un organe pour prévoir une intervention



**Figure I.8-** Schématisation de la maintenance prévisionnelle.

**I.2.4.2.3 Maintenance préventive conditionnelle**

Les activités de maintenance conditionnelle sont déclenchées suivant des critères prédéterminés, significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service. Les remplacements ou les mises en état des pièces ont lieu après une analyse de leur état de dégradation. Elle est réservée aux matériels dont l'évolution d'éventuels défauts est facilement détectable et mesurable, les Interventions préventive conditionnelle sont données par la figure (I.9).



**Figure I.9-** Intervention préventive conditionnelle

Où

- T : période d'intervention à intervalles variant
- In : intervention préventive conditionnelle

### I.3 Opérations de la maintenance

Il existe des définitions normatives des différentes opérations de maintenance :

#### I.3.1 Opérations de la maintenance corrective

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes et dans l'ordre :

- **test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

#### I.3.2 Opérations de la maintenance préventive

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.



- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.

- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien.

## **I.4 Définition et classification de défaillance**

### **I.4.1 Définition**

Une défaillance est « l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requise (s) avec les performances définies dans les spécifications techniques » [3].

### **I.4.2 Classification des défaillances**

Les défaillances ont des causes, des manifestations et des conséquences très diverses, aussi pour mieux les connaître et pouvoir efficacement intervenir, il est nécessaire de les classer en fonction de leurs impacts sur les performances du système.

#### **I.4.2.1 Classification des défaillances en fonction de leur manifestation [1]**

##### **I.4.2.1.1 Défaillance progressive**

C'est la défaillance due à une évolution progressive des caractéristiques d'un bien. Ces défaillances concernent principalement le domaine mécanique. Ce type peut être repéré par un contrôle antérieur. Elle peut être évitée par la mise en place d'une maintenance spécifique.

##### **I.4.2.1.2 Défaillance soudaine**

C'est la défaillance brutale due à une évolution quasi instantanée des caractéristiques d'un bien. La soudaineté de l'apparition de ces défaillances rend impossible une anticipation pour une intervention avant manifestation.

### **I.4.2.2 Classification des défaillances en fonction de leur amplitude**

#### **I.4.2.2.1 défaillance partielle**

C'est la défaillance résultante de déviation d'une ou des caractéristiques au delà des limites Spécifiées mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise.

#### **I.4.2.2.2 défaillance complète**

Défaillances qui causent la perte totale de la fonction principale.

#### **I.4.2.2.3 défaillance intermittente**

Ces défaillances résultent d'une perte de certaines des fonctions pour une très courte durée dans le temps. Le bloc fonctionnel retrouve ses performances d'opération tout de suite après la défaillance. (Exemple : défaut de connexion électrique.).

Les défaillances catastrophiques correspondent aux défaillances soudaines et complètes, alors que les défaillances dégradées correspondent aux défaillances partielles et progressives.

### **I.4.2.3 Classification des défaillances en fonction de leurs causes [4]**

Dans ce type en a deux cas : les défaillances intrinsèques ayant pour origine le système lui-même et les défaillances extrinsèques pour lesquelles le système n'est pas en cause.

#### **I.4.2.3.1 Défaillance due à une faiblesse inhérente (intrinsèque)**

Défaillance propre au système lors de conditions normales d'utilisation, la défaillance survient alors que le système n'est pas soumis à des contraintes dépassant ses possibilités. La conception et la réalisation peuvent être mises en cause. Ex: défaut de qualité matière ou de construction ou d'assemblage.

#### **I.4.2.3.2 Défaillance première (intrinsèque)**

C'est la défaillance propre à un composant du système (ex. Grippage d'un roulement à billes).

#### **I.4.2.3.3 Défaillance due à un mauvais entretien (extrinsèque)**

C'est la défaillance attribuable au l'application de contraintes au non respect ou à la méconnaissance des règles d'entretien.

#### **I.4.2.3.4 Défaillance due à un mauvais emploi (extrinsèque)**

C'est la défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du système.

#### I.4.2.3.5 Défaillance seconde (extrinsèque)

C'est la défaillance dont la cause n'a pas pour origine une défaillance du composant.

#### I.4.2.4 Classification de défaillance en fonction de leurs conséquences

##### I.4.2.4 .1 Défaillance majeure

C'est la défaillance qui risque de réduire l'aptitude d'un autre système plus complexe à accomplir sa fonction.

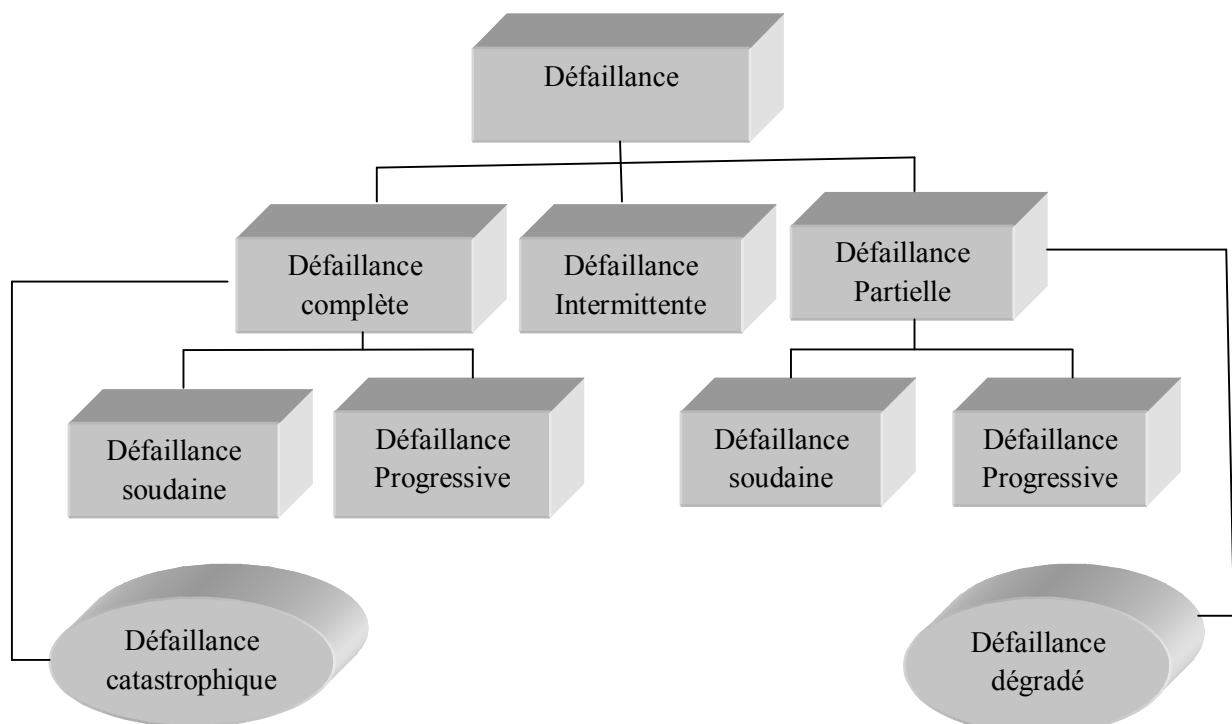
##### I.4.2.4.2 Défaillance critique

C'est la défaillance qui empêche l'accomplissement de la mission et fait en courir des risques de blessures à des personnes ou des dégâts très important au matériel. Ce type de défaillance est pris en compte dans les études de sûreté.

##### I.4.2.4 .3 Défaillance mineure

C'est la défaillance qui ne réduit pas l'aptitude d'un autre système plus complexe à accomplir sa fonction,

Les défaillances citées sont schématisées par la figure (I.10)



**Figure I.10** - classification de la défaillance en fonction de niveau d'information

**I.5 Modes de défaillance**

Le mode de défaillance est l'effet par lequel une défaillance est observée par exemple, court-circuit ou circuit ouvert ou modification d'un gain.

A chaque défaillance d'un dispositif système ou composant on associe des modes de défaillances, induits par les causes de défaillances, caractérises ensuite par leurs effets et leurs conséquences [5].

**I.6 Conclusion**

Le présent chapitre, nous a permis d'exprimer quelques notions de la maintenance industrielle telle que les types de maintenance, les différents types de conséquences sur le fonctionnement, ainsi que la défaillance et leur classification.

# Chapitre II :

## Méthodes d'analyse des défaillances

## II. Introduction de la Sûreté de Fonctionnement

La sûreté de fonctionnement a acquis sa notoriété et sa forme actuelle principalement au cours du dernier de demi-siècle et dans les secteurs de la défense, de l'aéronautique, de l'espace, du nucléaire, puis des télécommunications et des transports. Ce domaine se montre de plus en plus indispensable à tous les secteurs de l'industrie.

La sûreté de fonctionnement est un domaine d'activité qui propose des moyens pour augmenter la fiabilité et la sûreté des systèmes dans des délais et avec des coûts raisonnables.

### II.1 Définition

La sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. On notera que ce concept peut englober la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité, la sécurité, ou des combinaisons de ces aptitudes.

Au sens large, la sûreté de fonctionnement est considérée comme la science des défaillances et des pannes.

La sûreté de fonctionnement est souvent définie comme [6] :

- FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité et sécurité)
- Science des défaillances
- Analyse des risques

Elle se caractérise à la fois par l'étude structurelle (statique) et dynamique des systèmes du point de vue prévisionnel, mais aussi opérationnel et expérimental (essais, accidents), en tenant compte des aspects probabilités et conséquences des défaillances. Cette discipline intervient non seulement au niveau du produit fini (système existant) mais aussi au niveau conceptuel pour la réalisation d'un système ou la connexion de plusieurs sous-systèmes (surtout s'ils sont de natures différentes).

La sûreté de fonctionnement consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer, et maîtriser les défaillances des systèmes. Les grandeurs fondamentales utilisées dans cette discipline sont définies dans les paragraphes suivants. Les termes spécifiques utilisés dans les définitions qui suivent sont également normalisés (norme NFX60- 500). Figure (II.1) représente les paramètres de la sûreté de fonctionnement [6].

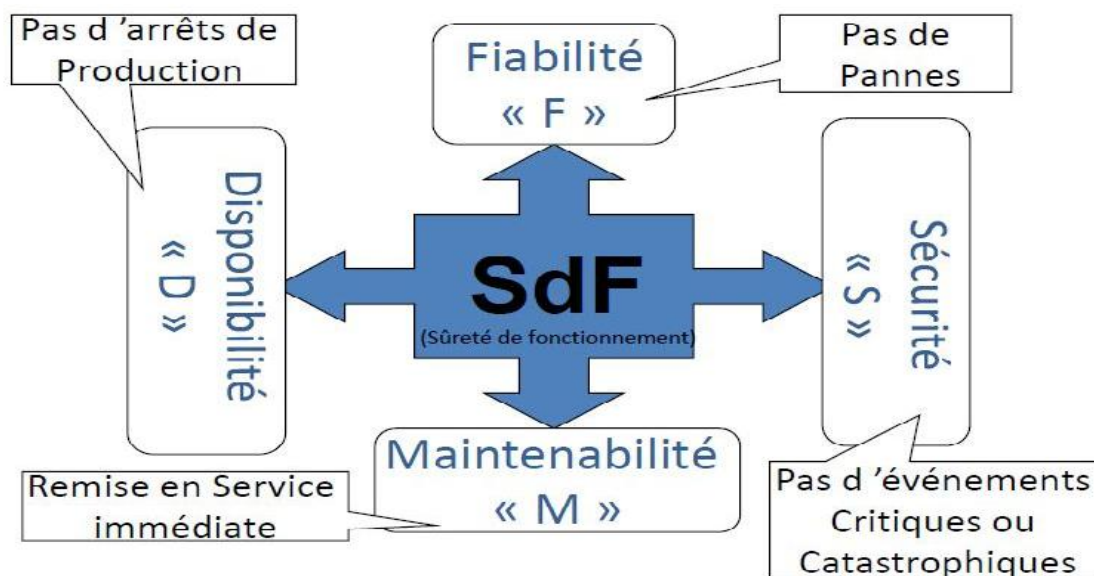


Figure II.1- Les paramètres du Sûreté de Fonctionnement

### II.1.1 Les fondamentaux de la sûreté de fonctionnement

Le terme "sûreté de fonctionnement", inventé voici trente ans pour englober plusieurs concepts, n'a pas d'équivalent exact en langue anglaise. En France, la sûreté de fonctionnement regroupe quatre notions.

#### II.1.1 .1 Fiabilité (Reliability)

La norme AFNOR NF X 60-500 définit la fiabilité comme « l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné » [6].

La notion de fiabilité s'interprète comme la probabilité  $R(t)$  que l'entité considérée soit non défaillante sur la durée  $[0, t]$  sachant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant  $t_0$ . Un exemple de mesure de fiabilité est le taux de défaillance, inverse du MTTF (Mean Time To Failure : temps moyen jusqu'à la première défaillance)

On distingue plusieurs types de fiabilité (termes spécifiques) :

- **La fiabilité opérationnelle (observée ou estimée)** déduite de l'analyse d'entités identiques dans les mêmes conditions opérationnelles,

- **La fiabilité prévisionnelle (prédite)** correspondant à la fiabilité future d'un système et établie par son analyse connaissant les fiabilités de ces composants,
- **La fiabilité extrapolée** déduite de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différentes,
- **La fiabilité intrinsèque** est la fiabilité maximale que l'on peut attendre d'un matériel quand il fait l'objet d'une maintenance préventif efficace : c'est une valeur inhérente à sa conception .L'obtention de niveaux supérieurs de fiabilité nécessite donc soit des modifications, soit de nouvelles conceptions. Une grandeur moyenne associée à la fiabilité souvent utilisée est le temps moyen de fonctionnement d'une entité avant la première défaillance, Mean operating Time To Failure (MTTF).On peut écrire sous certaines conditions mathématiques :

$$\text{MTTF} = \int_0^{+\infty} R(t) dt$$

Une autre grandeur très utilisée est le temps moyen entre deux défaillances, Mean Time Between Faillure (MTBF) [3].

### II.1.1.2 Disponibilité (Availability)

La norme AFNOR X 60-500 définit la disponibilité comme « Aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assuré »[6]

La probabilité associée  $A(t)$  à l'instant  $t$  est aussi appelée disponibilité et s'exprime par :

**$A(t) = P(\text{E non défaillante à l'instant } t)$**

La disponibilité  $A(t)$  est une grandeur instantanée.

Les grandeurs moyennes associées à la disponibilité les plus souvent utilisées sont :

- Le temps moyen de disponibilité (TMD), Mean Up Time(MUT) : durée moyenne de fonctionnement après réparation,
- le temps moyen d'Indisponibilité(TMI), Mean Down Time(MDT).

Il se décompose en plusieurs phases Figure (II.2) :

- Durée de détection de la panne.
- Durée du diagnostic de la panne.
- Durée d'intervention jusqu'au début de la réparation.
- Durée de la réparation.
- Durée de la remise en service du système.

### II .1.1.3 Maintenabilité (Maintenability)

« Dans les conditions données d'utilisation, l'AFNOR définit la maintenabilité comme étant l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné,



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.»[6]

La maintenabilité est caractérisée par une probabilité  $M(t)$  (également appelée maintenabilité) que la maintenance d'une entité  $E$  accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits, soit achevée au temps  $t$ , sachant que  $E$  est défaillante au temps  $t=0$  :

$$M(t) = P(\text{la maintenance de } E \text{ est achevée au temps } t) \\ = 1 - P(E \text{ non réparé sur la durée } [0, t])$$

Il s'agit donc d'un équivalent à la fiabilité mais appliqué à la réparation. Les grandeurs moyennes associées à la maintenabilité les plus souvent utilisées sont :

- Le Temps Moyen de fonctionnement Entre Défaillance (**TMED**), Mean operating Time Between Failures(**MTBF**), on a  $MTBF = MUT + MDT$ .
- Le Temps Moyen avant Remise en Service ou temps d'indisponibilité après défaillances (**TMRS**), Mean Time To Restoration (Mean Time To Repair , **MTTR**).

On peut l'exprimer, sous certaines conditions, par :

$$MTTR = \int_0^{+\infty} (1 - M(t)) dt$$

#### II.1.1.4 Sécurité

La sécurité restant un terme très général, il n'existe pas actuellement de consensus pour une normalisation. La définition de la probabilité associée reste donc dépendante des approches. Une définition est donnée par la référence [AFNO88] : « Aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. »[6]

L'évaluation de la sécurité est actuellement encore limitée et est effectuée pour les installations chimiques, les centrales nucléaires, les plates-formes pétrolières et L'aéronautiques. Elle est basée sur les études statistiques sur les impacts des accidents (réels, expérimentés ou simulés) sur l'homme et l'environnement (notion de gravité).

Pour préciser les définitions des grandeurs moyennes utilisées en sûreté de fonctionnement, un schéma est présenté sur la figure (II.2).

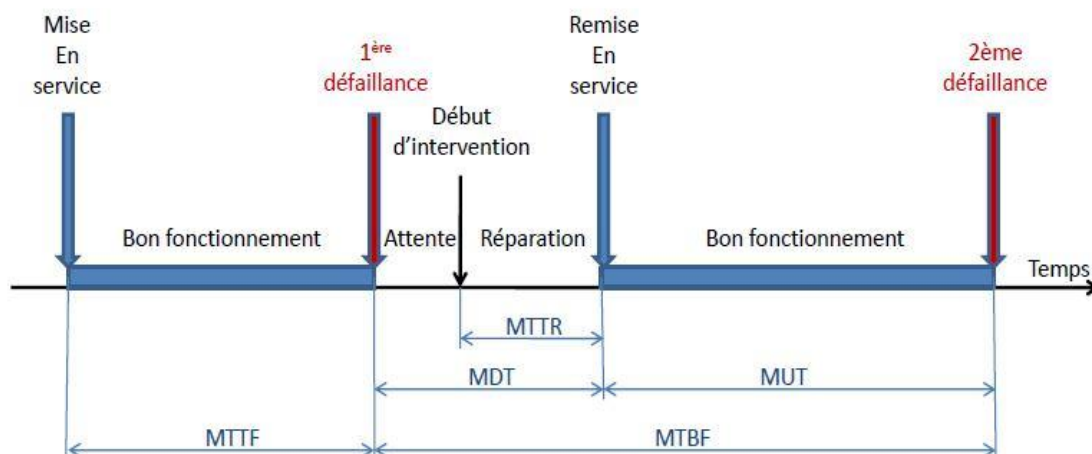


Figure II .2 -Durées caractéristiques FMD pour un système réparable.

### II.1 .2 Le but de sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement est une notion générique qui mesure la qualité de service délivré par un système, de manière à ce que l'utilisateur ait en lui une confiance justifiée. Cette confiance justifiée s'obtient à travers une analyse qualitative et quantitative de différentes propriétés du service délivré par le système, mesurée par les grandeurs probabilistes associées : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité [7].

### II.1.3 Les études de la sûreté de fonctionnement

Elles constituent un préalable indispensable à la conception d'un système voulu sur, et permet d'aider à la décision en :

- comprenant et identifiant les risques.
- optimisant l'architecture et comparant des solutions différentes.
- optimisant les moyens de soutien en comparant des solutions.
- justifiant les choix de façon rationnelle et démontrée.
- Vérifiant la bonne atteinte des objectifs de sureté de fonctionnement elles peuvent aussi aider l'optimisation en :
  - Diminuant le nombre de pannes qui seront observées durant la vie du système.
  - Optimisant économiquement la conception par le dimensionnement des équipements et des architecture au "juste nécessaire " ; rendant la maintenance plus ciblée et plus efficace dimensionnant au plus juste les moyens de soutien nécessaires (stocks de pièces de rechange) comme le montre la figure (II.3) [7].

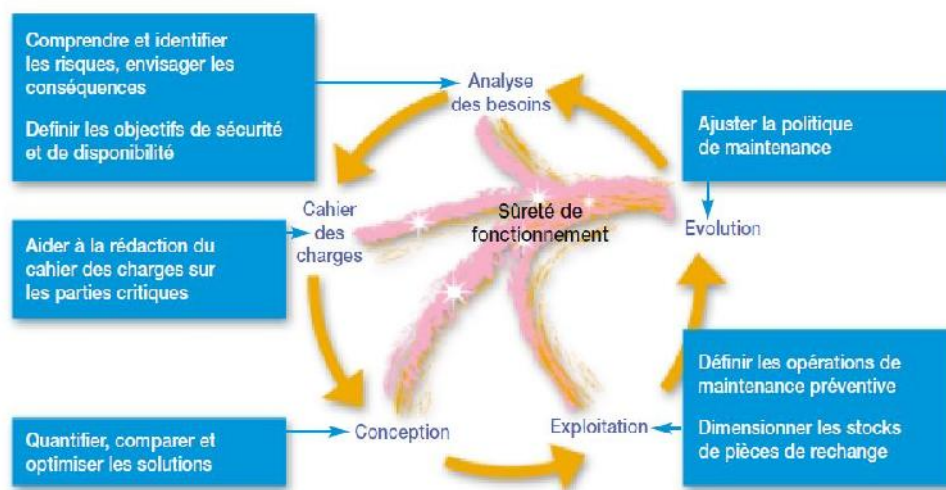


Figure II.3- Les études de la sûreté de fonctionnement.

### II.1.3.1 Les étapes d'analyse

La première étape consiste à analyser rigoureusement le besoin pour comprendre et identifier l'ensemble des risques, et envisager leurs conséquences. Ensuite, des niveaux d'acceptabilité sont attribués pour ces risques (on parle d'objectifs de F, M, D et /ou S selon les systèmes).

L'identification précise de ces risques va aider à la rédaction du cahier des charges du système, précisément sur ses parties critiques. Il faudra alors imaginer des solutions techniques, des architectures adaptées qui, toutes, seront quantifiées d'un point de vue sûreté de fonctionnement, comparées entre elles et, si nécessaire, optimisées.

Une fois la solution retenue, il sera nécessaire de préciser les conditions d'une exploitation la plus efficace possible en : définissant les opérations de maintenance préventive nécessaires pour maintenir les caractéristiques de sûreté de fonctionnement

Au niveau voulu, sans dégradation des équipements préjudiciable à l'une des quatre composantes.

Dimensionnant les stocks de pièces de rechange au plus juste, sans dégrader la disponibilité du système [7].

### II.1.4 Etudes périphériques

Cette recherche de l'optimisation des tailles de stocks de rechange (suffisamment de pièces en regard de l'aptitude du système à tomber en panne, mais pas trop de pièce pour éviter des immobilisations financières inutiles) a fait l'objet d'études particulières ou ce souci d'optimisation est couplé avec une démarche analogue sur :

-La maintenance des équipements (pas trop fréquemment pour ne pas grever la disponibilité du système, mais suffisamment pour ne pas laisser se développer une dérivée importante de la fiabilité) .L'ordonnancement des transports de pièces (par route, mer ou avion).

Il en résulte une méthodologie d'approche globale, soutien logistique intégré complémentaire aux études de sûreté de fonctionnement dans les milieux industriels [7].

### II.1.5 Etude pratique

L'étude de sûreté de fonctionnement comporte de volets complémentaires :

- Une analyse fonctionnelle, qui va détailler la matière dont le système va opérer dans toutes ses phases de vie ainsi que les autres systèmes avec lesquels il va pouvoir interagir ;
- une analyse dysfonctionnelle, qui vise à imaginer l'ensemble des défaillances pouvant survenir n'importe où dans le système, seules ou combinées entre elles, et à analyser l'impact de ces pannes schématisée par la figure (II.4) [7].

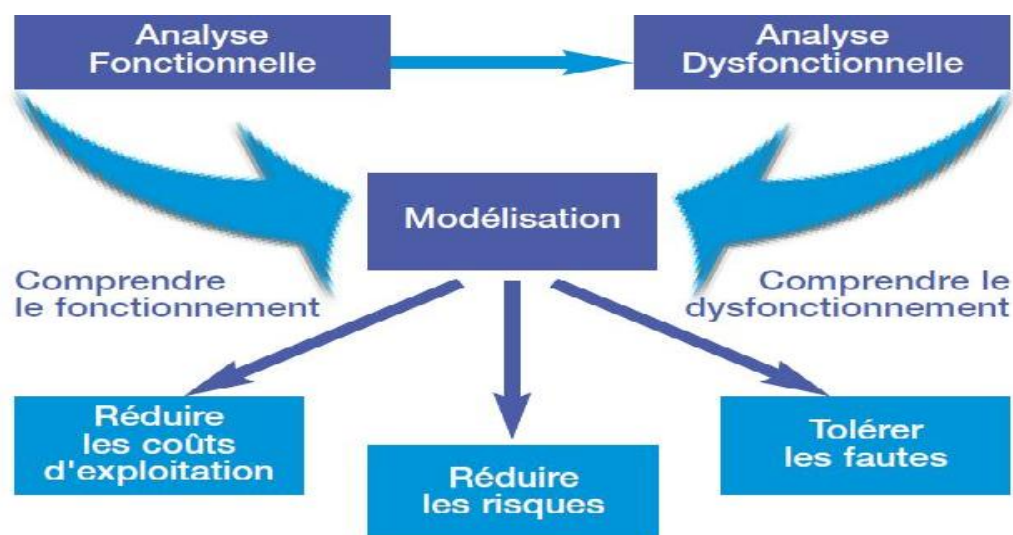
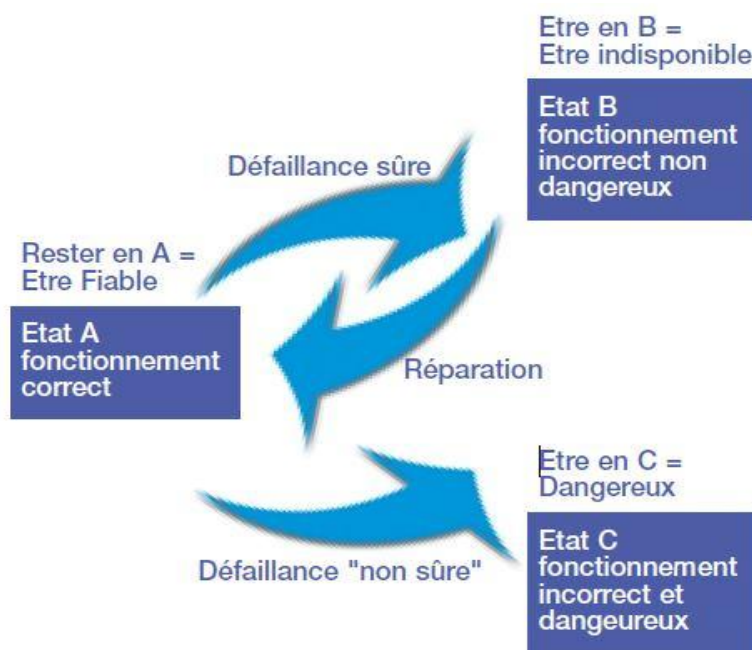


Figure II.4 - Analyse et modélisation.

Les résultats de ces deux études sont mis en commun dans une modélisation du système qui va représenté virtuellement celui-ci sa réalisation, tant dans son fonctionnement attendu que dans les pannes susceptibles de lui arriver tel schématisés par la figure (II.5) [7].



**Figure II.5** - résultat d'analyse

-En étudiant cette modélisation, il devient alors possible de valider une solution technique, optimiser des choix architecturaux, remplacer des composants critiques, ceci dans le but de :

- Réduire au maximum les risques.
- Réduire au maximum les coûts d'exploitations.
- Tolérer, dans la mesure du possible, certaines fautes en autorisant un fonctionnement En mode dégradé sous certaines conditions.

## II.2 Les méthodes d'analyse des défaillances

### II.2.1 L'AMDEC

(Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité)

#### II.2.1.1 Introduction

Historiquement, la méthode initiale est appelée Analyse des modes de défaillance et de leur effets (AMDE), il s'agit d'une méthode d'analyse préventive de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité).

L'AMDEC est une technique développée par l'armée américaine en 1949. Elle a 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'accréditations à certaines normes. Celles de l'industrie automobile [6].

L'AMDEC est une méthode :

- Participative**, fondée sur la mise en commun des expériences de chacun.
- Inductive**, car elle s'intéresse au réel et à l'imaginatif.
- Qualitative**, car elle concerne l'ensemble des organes et des fonctions constituant un système pour définir les modes de défaillance réels ou potentiels, les causes possibles, les conséquences sur la production, et les moyens à mettre en œuvre.

L'AMDEC est un outil de travail de groupe destiné à :

- Reconnaitre, évaluer les effets et l'échec potentiel d'un produit ou procédé
  - Identifier des actions qui pourraient éliminer ou réduire l'échec potentiel d'un produit ou procédé.
  - Documenter les processus.
- Elle s'applique à des systèmes :
- De types différentes (électrique, mécanique, hydraulique .....).
  - Alliant plusieurs technologies.
  - A des systèmes complexes (nombre important de composants ou de fonctions).
  - A des systèmes simples (faible nombre de composants ou de fonctions) [8].

### Synonymes

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance de leur Effet et de leur Criticité .Equivalence en anglais :

FMECA: Failure Mode, Effect and Criticality Analysis

#### II.2.1.2 Types d'AMDEC

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant que le système est :

- **Le produit** fabriqué par l'entreprise (Analyse de la conception d'un produit pour améliorer sa qualité et sa fiabilité).
- **Le processus** de fabrication du produit de l'entreprise. (On identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué(les pannes ne sont pas prises en compte)
- **Le moyen** de production intervenant dans la production de l'entreprise (On identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise.il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance.

### II.2.1.3 Méthodologie de L'AMDEC

Le groupe de L'AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude, il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse.

La démarche pratique de l'AMDEC comprend quatre étapes [9] :

**Etape 1** : initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser
- La définition de la phase de fonctionnement

**Etape 2** : description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Décomposition structurelle (nombre d'organes)
- Les liens entre la différente structure (sous ensembles)

**Etape 3** : analyse L'AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances (causes de la défaillance)
- Effet de la défaillance
- Evaluation de la criticité à travers :

- La probabilité d'occurrence F
- Gravité des conséquences G
- La probabilité de non détection D
  - ❖ La criticité est définie par le produit  $Cr=G.F.D$

-propositions d'actions correctives .

**Etape 4** : synthèse de l'étude/ décisions qui consiste :

- bilan des travaux
- décision des actions à engager

#### ➤ Avantages

L'AMDEC présente l'avantage de pouvoir être mise en œuvre tout au long du cycle de vie d'un système. Cependant, elle est principalement utilisée en tant que technique d'analyse préventive pour détecter les défaillances potentielles, évaluer les risques et susciter des actions de prévention .

#### ➤ Inconvénients

- Nécessite d'attendre que des documents existent .
- Pas de prise en compte des combinaisons d'événements ou de pannes [5].



## II.2 .2 L'Arbre de défaillance

### II.2.2.1 Introduction

L'arbre de défaillance(AdD) est une technique d'ingénierie bien connue et largement utilisée dans les études de sûreté de fonctionnement des systèmes .l'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques .Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine Bell Téléphone et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles. Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'évènements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique ...Elle est aussi utilisée pour analyser a posteriori les causes d'accidents qui se sont produits. Dans ces cas, l'évènement redouté final est généralement connu car observé. On parle alors d'analyse par arbre des causes, l'objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l'accident [10].

### II.2.2.2 Définition

C'est une méthode déductive (de l'effet vers la cause).l'arbre de défaillance est une représentation graphique de type arbre généalogique, il représente une démarche d'analyse d'évènement, il est construit en recherchant l'ensemble des évènements élémentaires, ou les combinaisons d'évènements, qui conduisent à un évènement redouté, il suit une logique déductive : on part d'un évènement redouté pour déterminer de manière exhaustive l'ensemble de ces causes jusqu'aux plus élémentaires

Les défaillances identifiées dans l'arbre sont relatives à des défaillances des matériels, des erreurs humaines et tout autre élément significatif [10].

### II .2.2.3 Construction de l' Arbre de défaillance

- Définition de l'Évènement Redouté (ER),
- Recherche des causes qui peuvent conduire à cet ER :
  - Recherche des évènements Intermédiaires(EI)
  - Recherches des Evénements Elémentaire(EE)
- On utilise des symboles. Le tableau (II.1) représente les symboles les plus utilisés pour la réalisation d'arbre de défaillance [11].



## Portes

Symbole	Nom	Signification
	Porte ET	L'événement de sortie de la porte ET est généré si toutes les entrées sont réalisées
	Porte OU	L'événement de sortie de la porte OU est généré si au moins une entrée est réalisée
	Porte combinaison r/n	L'événement de sortie de la porte est généré si r événements en entrée sont réalisés sur les n possibles
	Porte Non	L'événement de sortie de la porte est généré si l'événement en entrée n'est pas réalisé et inversement

Tableau II.1 les principaux symboles pour la réalisation de l'arbre de défaillance

## II.2.2.4 définition des événements

## ➤ Événement redouté

L'événement redouté est l'événement indésirable pour lequel nous faisons l'étude toutes les causes qui y conduisent. Cet événement est unique pour un arbre de défaillance et se trouve au « sommet » de l'arbre.

Avant de commencer la décomposition qui permet d'explorer toutes les combinaisons d'évènements conduisant à l'évènement redouté, il faut définir avec précision cet évènement ainsi que le contexte de son apparition.

« L'évènement redouté est représenté par un rectangle au sommet de l'arbre » [10]

➤ **Evénements intermédiaires**

Les évènements intermédiaires sont des évènements à définir comme l'évènement redouté. La différence avec l'évènement redouté est qu'ils sont des causes pour d'autres évènements. Par exemple c'est la combinaison d'évènements intermédiaires qui conduit à l'évènement redouté.

« Un évènement intermédiaire est représenté par un rectangle comme l'évènement redouté » [10]

➤ **Evénement élémentaires**

Les évènements élémentaires sont des évènements correspondants au niveau le plus détaillé de l'analyse du système. Dans un arbre de défaillance, ils représentent les défaillances des composants qui constituent le système étudié pour fixer le niveau de détail de l'étude, on considère en générale que les évènements élémentaires coïncident avec la défaillance des composants qui sont réparables ou interchangeable.

« Les évènements élémentaires sont représentés par des cercles » [10]

### II.2.2.5 Objectif de la méthode

C'est la méthode d'analyse de la fiabilité, de la disponibilité, et de la sécurité des systèmes la plus largement utilisée. Elle a également donné lieu à de très nombreux travaux de recherche et de développement et un grand nombre de publications, le principale avantage de l'analyse par arbre des défaillance est qu'elle permet de considérer des combinaisons d'évènements pouvant conduire en fin à un évènement redouté. Cette possibilité permet une bonne adéquation avec l'analyse d'accidents passés qui montre que les accidents majeurs observés résultants le plus souvent de la conjonction de plusieurs évènements qui seuls n'auraient pu entraîner de tels sinistres. Par ailleurs, en visant à l'estimation des probabilités d'occurrence des évènements conduisant à l'évènement final, elle permet de disposer de critère pour déterminer les priorités pour la prévention d'accidents potentiels [5].

### Conclusion

Dans le cas des systèmes réparables, l'arbre de défaillance devient dépendant du temps, il est alors nécessaire de quantifier un taux de réparation  $\mu$  caractérisant la maintenabilité. Associe au taux de défaillance, il permet de résoudre la quantification de l'arbre et obtenir la disponibilité prévisionnelle du système.

### II.2.3 la méthode de ABC (Activity Based Costing)

#### II.2.3.1 Définition

Cette loi dite des 20/80 traduit donc des répartitions déséquilibrées qui sont fréquentes. On peut supposer qu'en déterminant les causes qui produisent le maximum d'effets, on arrivera aux solutions les plus efficaces.

C'est une méthode qui permet de sélectionner les équipements les plus critiques à partir de données statistiques objectives. Elle est aussi appelée « règle des 20/ 80 », (20% des équipements provoquent 80% des pannes du système de production).

Le diagramme de Pareto permet de représenter l'importance relative de différents phénomènes lorsqu'on dispose de données quantitatives. il prend la forme d'un graphique qui aide le travail d'analyse, en déterminant l'importance relative des différents faits et en établissant des ordres de priorité sur les causes [6].

##### ➤ Le but

C'est un outil de visualisation, d'analyse et d'aide à la prise de décision. En soulignant la répartition des faits par ordre d'importance, il permet de faire un choix et de concentrer l'action autour des problèmes à traiter en priorité.

Le but de cette méthode est aussi de faire apparaître les causes les plus importantes qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets. Sachant que 20% des causes sont à l'origine de 80% des conséquences.

#### II.2.3.2 Méthodologie de la méthode ABC

L'étude suppose obligatoirement que l'on dispose d'un historique d'une période antérieure,

L'application de la **loi de Pareto** passe par plusieurs étapes :

- Définition de l'objectif de l'étude et de ses limites
- Choisir le critère de classement
- Construire la courbe représentative
- Déterminer les zones ABC

La figure(II.6) représente le diagramme de la méthode ABC

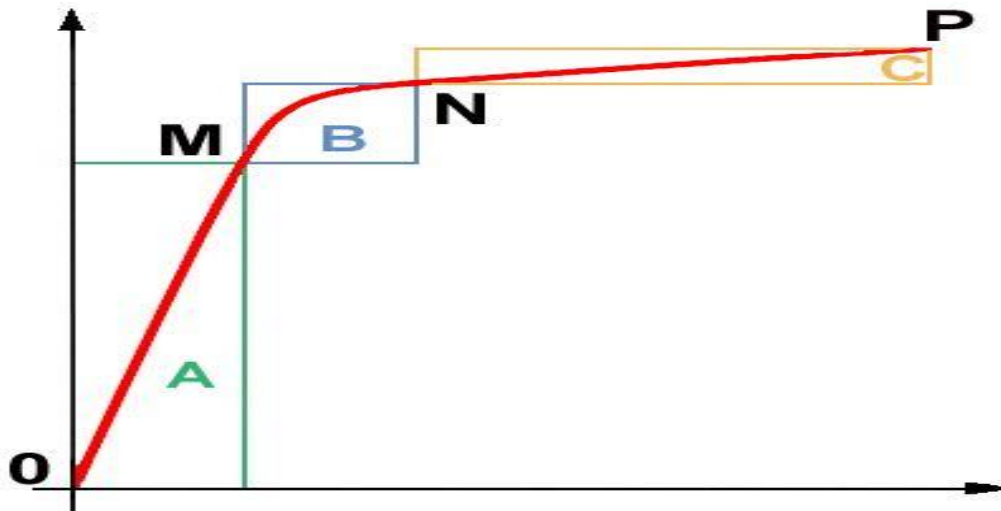


Figure II.6- Diagramme de la méthode ABC

- ✓ Cette méthode revient à partager la courbe de répartition en trois zones distinctes :
  - La partie droite de la courbe **OM** détermine la zone **A**.
  - La partie courbe **MN** détermine la zone **B**.
  - La partie assimilée à une droite **NP** détermine la zone **C**
- On porte en abscisse, les sous système suivant la valeur décroissante des heures d'arrêt qui leur sont effectuées
- On porte en ordonnées, les valeurs cumulées des heures d'arrêt.
- On trace la courbe, dite ABC, figure (II.6) [6]
- ✓ Les actions prioritaires portent dans un premier temps sur les éléments de la Zone A. Si les décisions apportées aux éléments de la zone A ne donnent pas satisfaction, des actions porteront sur les premiers éléments de la zone B. Les Éléments appartenant à la zone C peuvent être négligés, car ils ont peu d'influence sur le critère étudié.

### II.2.3.3 Objectifs de la méthode ABC

Le diagramme de Pareto est un moyen pour classer les phénomènes par ordre d'importance, ce diagramme est aussi connu sous le nom de règle 20%80 ou la méthode ABC

- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène
- Hiérarchiser les causes d'un problème
- Evaluer les effets d'une solution
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre

- Savoir définir précisément les objectifs et les ressources de son projet
- Déterminer les couts de revient, les rentabilités et les grilles de tarification selon la méthode ABC
- Améliorer ses tableaux de bord et son organisation
- Adapter la méthode ABC à son mode d'organisation
- Diminuer les couts de la maintenance
- Améliorer la fiabilité des systèmes
- Justifier la mise en place d'une politique de maintenance [5]

## II.2.4 Diagramme d'ISHIKAWA

### II.2.4.1 Introduction

Kaoru Ishikawa, (Tokyo, 1915-16 avril 1989), ingénieur chimiste japonais précurseur et un des théoriciens pour la gestion de la qualité. On lui doit notamment le diagramme de causes et effets qui est un des outils fondamentales pour assister les cercles de qualité.

#### Synonymes

Diagramme de causes et effets, diagramme d'Ishikawa ou diagramme en arêtes de poisson est le fruit de travaux de Kaoru Ishikawa pour la gestion de la qualité [6].

### II.2.4.2 Définition

- **Un outil d'investigation simple : le diagramme d'Ishikawa des 5M**

Cet outil « de la qualité » a vocation à rechercher les causes potentielles d'un dysfonctionnement .appliqué à la maintenance, il permet une investigation a priori menée à partir de cinq familles de causes de défaillance : les méthodes, la main d'œuvre , les moyens d'exploitation ,le milieu environnant et les matières d'œuvre .il se prête bien à une recherche collective, menée par construction d'une arborescence construite de l'aval (le défaut) vers l'amont (les causes potentielles) La figure (II .7) représente le diagramme de 5M [6].

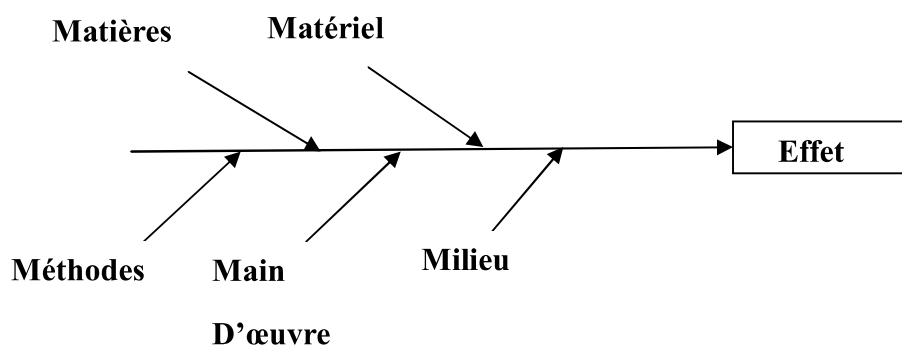


Figure II .7–Diagramme de 5 M

Cet outil graphique issu d'un brainstorming, recense les causes aboutissant à un effet. Son analyse permet une aide à la décision pour soit corriger un fait existant, soit la mise en place d'un projet.

Cette méthode sera idéalement effectuée sur une série de réunions, ce qui permettra à l'équipe de se plonger en profondeur dans le problème. De nouvelles suggestions concernant les causes peuvent être découvertes entre ces réunions et les membres, oubliant qui est à l'origine de telle idée, seront ainsi plus facilement critiques [6].

#### II.2.4.3 Les causes sont réparties dans les cinq catégories appelées 5M

- M comme Machine, c'est-à-dire tout ce qui exige un investissement et donc sujet à amortissement. On peut dire aussi Matériel concerne l'équipement, les logiciels, locaux, gros outillages, équipements pédagogiques lourds...font parties de cette catégorie.
- M comme Main d'œuvre : c'est le personnel, les membres, la hiérarchie...toute personne qui contribue à la marche de l'entreprise.
- M comme Méthodes :la façon de faire, les modes opératoires, les instructions, les programmes, les procédés, écrit ou non, imposés ou non, personnels ou collectifs.
- M comme Matière : C'est tout ce qui est consommable, les fluides, les matières premières, le papier...
- M comme Milieu : l'environnement physique et humain, l'ambiance de travail, les contacts avec l'extérieurs, le positionnement, le contexte [6].

##### ➤ Avantages

- Permettre de décomposer une situation ou un problème selon plusieurs dimensions(ou types de facteurs causaux).
- "décentrer" le point de vue de ceux qui font le diagnostic
- Constitué un outil de dialogue ou diagnostic partagé entre acteurs
- De classer les causes liées au problème posé
- De faire participer chaque membre à l'analyse
- De limiter l'oubli des causes grâce au travail de groupe
- De fournir des éléments pour l'étude de la solution

De plus, il est très productif et à la portée de n'importe qui, la critique du problème étant simple. Finalement, il a des applications très variées.

➤ **Inconvénients**

- Difficulté à adapter les termes à l'étude
- Représentation statique de situations complexes et donc évolutives
- Tendance à se polariser sur ce qui ne fonctionne pas

➤ **Conclusion**

Sous des apparences de simplicité, cet outil permet d'inventorier et de présenter toutes les causes possibles entraînant un effet, L'analyse du diagramme est une aide à la décision pour une action corrective sur un effet observé ou pour mettre en place un projet.

## II.2.5 La méthode QQQQCP

### II.2.5.1 Introduction

Toute entreprise est confrontée à des problèmes aussi variés, certains ont des solutions évidentes. D'autres sont plus complexes, et nécessitent une grande compréhension de la situation.

La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. Elle adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique.

### II.2.5.2 Définition

C'est une méthode interrogative désignée aussi par « méthode du QQQQCP ». Elle s'applique à toute collecte de données, Est un outil simple qui permet de décrire exhaustivement toute situation problématique. La méthode QQQQCP est une méthode de résolution de problèmes qui s'appuie sur un questionnement successif. Il permet de recueillir sur toutes les causes du problème, des informations suffisantes pour déterminer avec exactitude quelle est sa cause principale. Ces informations sont souvent basées sur des observations, des faits que l'on consigne au cours d'enquêtes [W1].

➤ **Le but**

Est d'obtenir un ensemble d'informations pour comprendre quelles sont les causes et aspects à traiter, puis de ne rien oublier dans l'exécution des tâches nécessaires à la réalisation d'un projet.

➤ **Utilisations**

Composé de 6 questions, cet outil permet de caractériser une utilisation de manière factuelle et précise. Il est souvent utilisé pour énoncer un problème, décrire un dysfonctionnement, caractériser un plan d'actions.

➤ **Synonymes**

**QQOQCP : Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?**

### **II.2.5.3 Principe [6]**

C'est une technique de recherche d'information sur un problème et notamment sur ses causes qui se réalisent grâce aux questions suivantes :

**Quoi ?** Description de l'activité ou de la tâche ou du problème :

Questions :

De Quoi s'agit-il ?

Quel est l'état de la situation ?

Quelles sont les caractéristiques ?

Quelles sont les conséquences ?

Quel est risque ?

#### **Cibles**

Action, Procédés, Objet, méthode, opération...

**Qui ?** Description des exécutants, acteurs ou personne concernées

Questions

Qui concerné ?

Qui a le problème ?

Qui est intéressé par le résultat ?

Qui est concerné par la mise en œuvre ?

#### **Cibles**

Responsable, victime, acteur ... ..

Unités de production, services, clients, opérateurs, fournisseurs, compétence, qualification...

**Où ?** Description des lieux :

Questions

Où cela se produit-il et s'applique-t-il ?



Où le problème apparaît-il ?

Dans quel lieu ?

Sur quelle machine ?

**Cibles**

Lieux, local, distance, service, atelier, poste, machine.....

**Quand ?** Description des temps.

Questions :

Depuis quand vous avez ce problème ?

Quand cela apparaît-il ?

Quand le problème a-t-il découvert ?

Quelle est sa fréquence ?

Quand se produit le risque ?

**Cibles**

Mois, jour, heure,

Moments, périodicité, fréquence, prévisibilité

Durée, planning ...délais,...

**Comment ?** Description de la manière ou de la méthode.

Questions :

Comment ce produit le problème ?

De quelle manière ?

Dans quelles conditions ou circonstances ?

Comment procède-t-on ?

Avec quelles méthodes, quels moyens, ... ?

Comment mettre en œuvre les moyennes nécessaires ?

Avec quelles procédures ?

**Cibles**

Méthode, modes opératoires, organisation du travail, procédures, règlements, consignes, équipements, matière première.

**Pourquoi ?**quelles sont les raisons ?conséquences, cause, effet. Cette question peut se poser à la suite des autres questions mais il convient aussi de la poser pour toute les questions Quoi ? Qui ? Ou ? Quand ? Comment ?

Pour mener une analyse critique, à chaque question se demander pourquoi ?

**II.3 Conclusion**

Dans ce chapitre nous donnons les quatre attributs fondamentaux de la sûreté de fonctionnements matérialisés par la fiabilité, la disponibilité, la sécurité, leurs objectifs et l'approche technique de celle –ci, les méthodes fréquentes d'analyse de défaillance.

# Chapitre III :

## Description du complexe SPE

### III.1 Introduction

L'électricité est un bien de consommation qui est devenu indispensable au bien-être de la population et au développement économique de toute société. En Algérie, la reprise de l'activité industrielle, l'accessibilité aux nouvelles technologies et les mutations socioculturelles engendrent une explosion de la demande en énergie électrique.

Pour illustrer l'étude d'analyse et diagnostic de défaillance dans un système industriel nous avons pris comme la Société de Production de l'Electricité (SPE) qui représente pour l'Algérie l'une des réalisations industrielles les plus importantes, ce dernier située dans la zone industrielle BELAHCEL (RELIZANE), La centrale est réalisée par la compagnie française ALSTOM , Avec Le démarrage de l'unité s'est fait en 2009.[12]

### III.2 Présentation du complexe

La centrale de RELIZANE est une usine de production d'énergie électrique. Le site de la centrale électrique de RELIZANE 3\*155 MW, se situe au niveau de la zone d'activité de RELIZANE à environ 06 Km au nord de la ville, Le terrain de l'implantation de la centrale est situé dans une enceinte clôturée, limité au sud et à l'est par la décharge public de la ville de RELIZANE, au nord et à l'ouest par la zone d'activité de la ville.

La centrale est réalisée par la compagnie française ALSTOM. [12]



Figure III.1- Situation géographique du SPE.

**Puissance**

La centrale est composée de trois groupes de puissance de **155 MW** chacun. Les groupes turboalternateurs ont la possibilité de fonctionner avec deux types de combustible à savoir :

- Gaz naturel
- gaz oïl (fuel)

**III.3 Organisation du centrale SPE**

La centrale de SPE est répartir en plusieurs départements,(figure (III.2)), chaque département est composé de plusieurs services. [12]

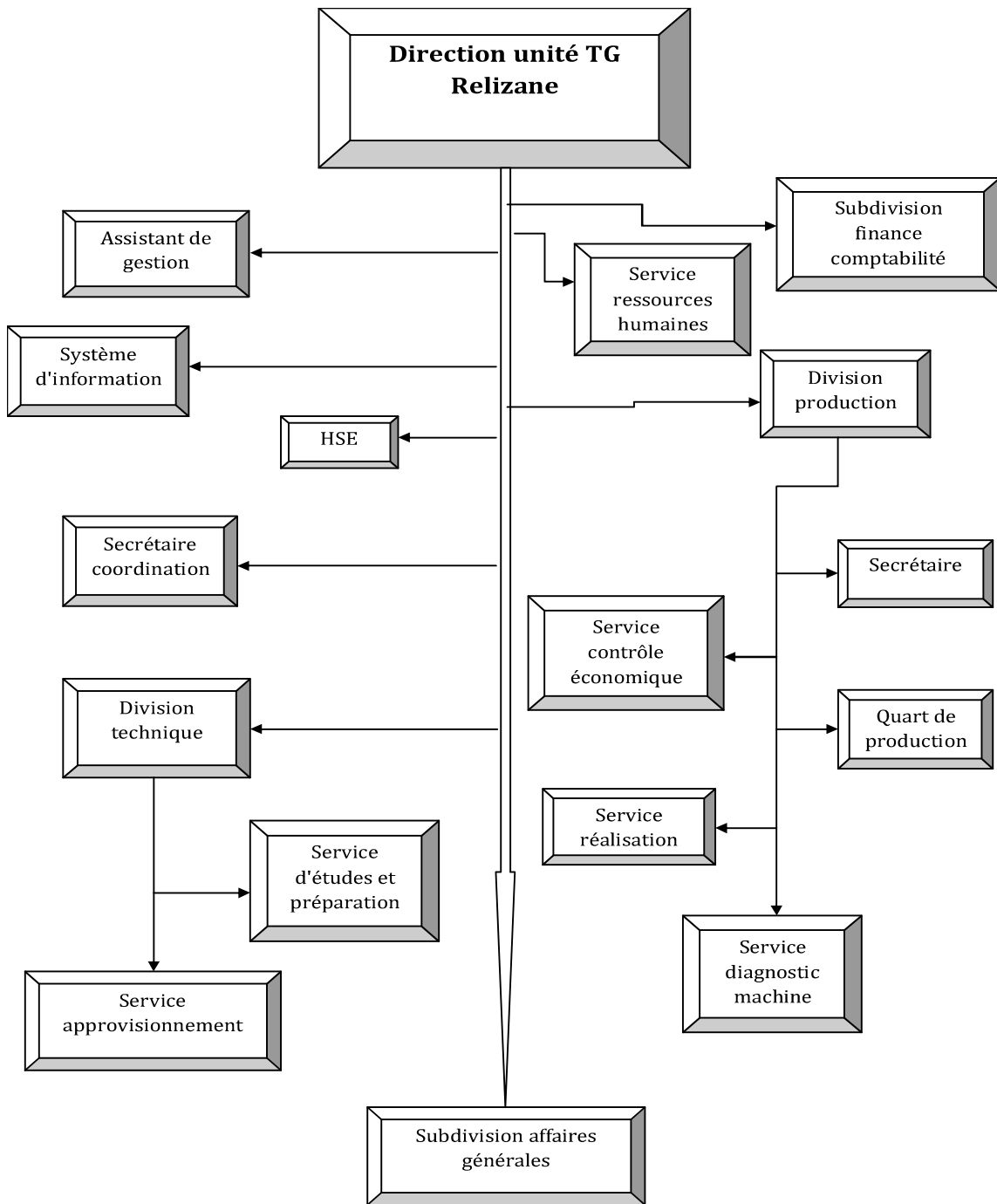


Figure III.2- Schéma de procédé du SPE

### **III.4 Direction du complexe**

Elle détermine le fonctionnement global du complexe et donne des orientations aux différents départements.

- **Département maintenance**

La maintenance occupe une place très importante au sein du centrale afin d'assurer l'entretien et le bon fonctionnement des équipements, il se composé des services suivants :

- **Service électricité**

Se service s'occupe trois types d'équipements :

- équipement industriel
- équipement électromécanique
- équipement de conditionnement

- **Service étude et préparation**

C'est un service de coordination entre les autres services, ses fonctions principales sont :

- suit des approvisionnements en matière première (pièce de rechange)
- établissement de plans de production
- élaboration des rapports d'incidents
- analyse des dossiers technique et historiques des équipements
- établissement des mis a jours des catalogues constatant des dossiers

équipements

- **Service mécanique**

Se service s'occupe essentiellement de la maintenance des parties mécaniques des équipements principaux des stations de pompage il est constitué d'un atelier de réparation, doté de toutes les équipements nécessaire pour dépannage et modification.

- **Service instrumentation**

La tache de se service est de faire l'étalonnage, vérification et réparation des instruments des mesures.

- **Département approvisionnement**

Sa tache est de mettre en disponibilité tout produit nécessaire à la bonne marche des équipements, il est organisé en deux services : Service achats, service de stocks ;

- **Département Technique**

Ce département effectue le contrôle technique, l'étude des projets de modification ou d'amélioration des équipements, il est structuré comme : Service étude, service inspection,

- **Département Sécurité**

Comme dans tout les complexes industriels, la SPE dispose d'un système de sécurité préventive afin d'assurer un niveau d'efficacités satisfaisant et éviter les risques tels que l'éclatement, incendie, explosion, etc.

### **III.5 Poste Gaz [12]**

Le poste gaz assure l'alimentation de la turbine à gaz en gaz naturel de bonne qualité. Il comprend :

- ❖ Une vanne principale.
- ❖ Un skid de séparation et filtration pour purifier le gaz de toute particule liquide en suspension (humidité et poussière) ;
- ❖ Une manchette de mesure pour mesurer le débit, la température et la pression.
- ❖ Un skid de réchauffage gaz pour assurer que le gaz restera bien au-dessus du point de rosée pendant son parcours aval ;
- ❖ Un skid de détente (régulateur de pression) de gaz qui permet de régler la pression à la condition requise pour le fonctionnement de la turbine ;
- ❖ Un skid de filtration final qui purifie d'avantage le gaz au plus proche de la turbine et d'une manchette de mesure finale.

La figure suivante montre un schéma simplifié de poste gaz :





Figure III.3- Schémas simplifié de poste gaz

### III .5 .1 Section du filtre

- Principe du fonctionnement

Au total, quatre filtres/séparateurs de gaz combustible ont été installés pour la séparation du liquide et de la poussière du gaz combustible. Chaque filtre/séparateur est conçu pour une capacité de 50% du flux opérationnel. Pendant le fonctionnement normal, deux filtres/séparateurs sont en fonctionnement. La fonction du filtre/séparateur du gaz combustible est de séparer des gouttes de liquide et des particules de poussière du gaz naturel en deux phases. Le premier compartiment est une chicane dans laquelle les gouttes de liquide et des particules plus larges sont séparées et récupérées au bas du premier compartiment. La figure au dessous représente les quatre filtres de poste gaz :



Figure III.4- les quatre filtres de poste gaz

- **Données techniques**

Description	Valeur
Médium :	Gaz naturel
Débit par filtre	23,8 kg/s
Pression Exploitation	35 – 70 bar-g
Conception	80 bar-g
Température Exploitation	5 – 45 ° C
Conception	-2 - 100 ° C
Press. Diff. Max	propre
	500 mbar
	Sale
	800 mbar

**Tableau III.1-**les Données techniques des filtres

- **Composants principaux**

Les composants ne sont indiqués que pour le cycle 90EKE10. D'autres cycles Sont égaux. Le numéro KKS est précédé par 90EKE20, 90EKE30 ou 90EKE40. [12]

Description	KKS	Fonction
Filtre/séparateur	90EKE10AT001	Séparer les liquides et les solides du gaz
Vanne isolante	90EKE10AA001 90EKE10AA004	Isoler le Filtre/Séparateur
Clapet de décharge thermique	90EKE10A020	Protéger le Filtre/Séparateur
Compartiment de drainage automatique	90EKE10AA202 90EKE10AA208	Purge automatique du condensat
Jauge de niveau	90EKE10CL001 90EKE10CL006	Indication de niveau local
Interrupteur de niveau	90EKE10CL002 90EKE10CL003 90EKE10CL007 90EKE10CL008 90EKE10CL005 90EKE10CL010 90EKE10CL004 90EKE10CL009	Indication de niveau Elevée –Elevé distant  Indication de niveau Elevé distant  Indication de niveau Bas distant
Jauge / Interrupteur de pression diff	90EKE10CP001	Indication d'engorgement (élevé et élevé-élevé) local et distant
Indicateur de pression	90EKE10CP002	Indication de pression locale
Soupapes de pressurisation	90EKE10AA002 90EKE10AA003	Pressuriser le système aval avant l'ouverture du grand clapet à bille
Clapets de ventilation	90EKE10AA401 90EKE10AA402	Ventiler le Filtre/Séparateur

**Tableau III.2-** les Composants principaux du filtre [12]

- **Entretien :**

Les filtres anti poussières à gaz combustible nécessitent des activités de maintenance dans le cas :

- Lorsque la pression différentielle au niveau de la cuve de filtre a atteint la valeur d'alarme 800mbar, les cartouches filtrantes doivent être remplacées.
- Lorsqu'une fuite est constatée au niveau des cuves des filtres.

### III.5.2 Section de récupération du condensat

- **Principe de fonctionnement**

Le compartiment du condensat stocke le condensat collecté depuis le filtre/les Séparateurs. La capacité de stockage maximale du réservoir est de 2m<sup>3</sup>. Le réservoir peut être isolé par un clapet à bille. Si cela est nécessaire, le réservoir du condensat peut être drainé manuellement.

Pour indiquer le niveau de condensat dans le réservoir, une jauge de niveau est installée avec deux interrupteurs de niveau.

La jauge de niveau peut être isolée par deux clapets à bille pour le remplacement ou la maintenance. L'interrupteur de haut niveau donne au DCS le signal que le réservoir de condensat doit être déchargé.

Le condensat est filtré avant qu'il n'entre dans la pompe de décharge. En aval de la pompe,

Une vanne de contrôle est placée afin d'éviter au condensat de refluer dans la ligne de décharge.

- **Données techniques [12]**

Description	Valeur
Médium :	Condensat
Pompe Débit	2 m3/h
Pression Conception	5 bar-g
Température Conception	-2 – 60 ° C

**Tableau III.3-** les Paramètres de conception

### III.5.3 Section de la chaudière

- **Définition**

Une chaudière est un échangeur particulier, ou un ensemble d'échangeurs, conçu pour transformer de l'eau en vapeur en utilisant une source de chaleur définie, pour porter le fluide caloporteur à une température désirée.

Les principales utilisations industrielles sont en premier lieu la production d'énergie motrice et électricité par détente dans une turbine, mais aussi l'emploi comme matière

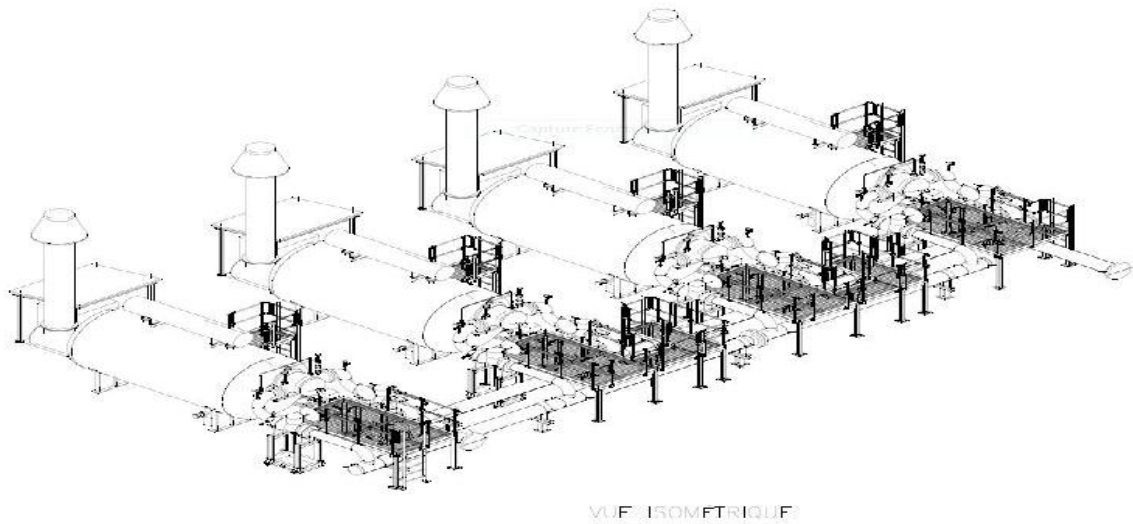
première ou comme source de chaleur intermédiaire dans presque toutes les branches : industrie chimique, alimentaire, papetière, textile ... etc.

- **Principe de fonctionnement**

Pour garantir une température minimale à la sortie des stations de réduction, quatre chaudières de bain d'eau sont installés. Chaque chaudière de bain d'eau est conçue pour chauffer 50% du débit de gaz total. Pendant le fonctionnement normal, deux chaudières de bain d'eau sont en fonctionnement, l'un est en veille à chaud et le dernier est en veille.

La chaudière de bain d'eau contrôle une température constante du bain d'eau. La température du gaz de sortie est déterminée par la quantité de gaz passant par l'échangeur de gaz chaleur à l'intérieur de la chaudière du bain d'eau. La position de la vanne de Commande, située dans la tête de l'échangeur de gaz chaleur, est déterminée par la comparaison entre la mesure de la température de sortie du gaz, et le point de consigne, qui est reçu du DCS [12].

Pour se conformer avec les exigences d'extraction du gaz chaque chaudière de bain d'eau est équipée d'un brûleur forcé. Le gaz combustible pour le brûleur est extrait en aval de la chaudière de bain d'eau. Le gaz combustible du brûleur est Préchauffé par le bain d'eau. Pour l'indication locale des indicateurs de pression et de température sont installés. Un clapet de décharge thermique est installé pour la protection. Il y a également une ligne de ventilation manuelle avec un clapet à bille et une soupape globulaire.



**Figure III.5-** schéma synoptique des quatre chaudières 90EKC10/20/30/40. [12]

- **Données techniques [12]**

Description		Valeur	
Médium		Gaz naturel	
Débit total		0.2 - 47.6	kg /s
Pression	Exploitation	35 - 70	bar-g
	Conception	80	bar-g
Température	Entrée Opér.	5 - 45	° C
	Sortie Opér.	35 - 53	° C
	Conception	-2 - 100	°C

**Tableau III.4-** les paramètres de conception

Description		Valeur	
Médium		Eau	
Pression	Conception	Atm	
Température	Exploitation	85	°C
	Conception	100	°C
Charge		3450	KW
Consommation de gaz		450	Nm <sup>3</sup> /h

**Tableau III.5 -**les paramètres de conception [12]

- **Composants principaux [12]**

Les composants ne sont indiqués que pour le cycle 90EKC10. D'autres cycles Sont égaux. Le numéro KKS est précédé par 90EKC20, 90EKC30 ou 90EKC40.

Description	KKS	Fonction
<b>Ligne de gaz</b>		
Robinetts d'isolation	90EKC10AAOO1 90EKC10AAOO1	Isoler le radiateur de bain d'eau
Radiateur de bain d'eau	90EKC10AAOO1	Chauffer le gaz
Vanne de commande	90EKC10AAOO1	Commander la température de sortie du gaz
Soupapes de pressurisation	90EKC10AAOO1 90EKC10AAOO1	Pressuriser le système aval avant l'ouverture du grand clapet à bille
Transmetteur de pression	90EKC10AAOO1	Indication de pression distante
Transmetteur de température	90EKC10AAOO1	Indication de température distante
Indicateur de pression	90EKC10AAOO1 90EKC10AAOO1	Indication de pression locale
Indicateur de température	90EKC10AAOO1	Indication de température locale
Clapets de ventilation	90EKC10AAOO1 90EKC10AAOO1	Ventiler le cycle du débitmètre US
Clapet de décharge	90EKC10AAOO1	Protéger le cycle du débitmètre US

Tableau III.6- les composants principaux

Description	KKS	Fonction
<b>Radiateur de bain d'eau</b>		
Bruleur	90EKC10AV001	Chauffer le bain d'eau
Détecteur de flammes	90EKC10UV001	Détecter le fonctionnement du bruleur
Vannes à fermeture rapide	90EKC10AA701 90EKC10AA702	Protéger la ligne d'alimentation du gaz combustible du bruleur
Régulateur de pression	90EKC10AA703 90EKC10AA704	Contrôler la pression d'alimentation du gaz combustible vers le bruleur
Transmetteur/interrupteur de température	90EKC10CT002 90EKC10CT004	Contrôle la température du bain d'eau
Interrupteur/jauge de niveau	90EKC10CL501 90EKC10CL001 90EKC10CL502	Détection d'un faible niveau d'eau
Indicateur de pression	90EKC10CP503 90EKC10CP504	Indication de pression locale
Indicateur de température	90EKC10CT503	Indication de température locale

Tableau III.7- les composants principaux

- **maintenances conditionnelles**

-Si la pression après détendeur 90EKC... AA707 (60/04bar) dépasse la valeur de consigne 4.2 bar il faut vérifier l'étanchéité de ce détendeur.

-Si la pression après détendeur 90EKC... AA708 (04/550mbar) dépasse la valeur de consigne 550 mbar il faut vérifier l'étanchéité de ce détendeur.

-Si la température de l'eau de la chaudière diminuée au bas de 75c°il faut vérifier le réglage des paramètres du bruleur.

-Si la température de gaz de sortie de la chaudière dépasse la limite (58 c°) il faut vérifier l'état du contrôleur de la température [12].

### III.5.4 Section de réduction de la pression

- **Principe de fonctionnement**

Les cycles de réduction de la pression sont conçus pour réduire la pression d'entrée à une pression de sortie constante. Chaque cycle est conçu pour 50% du débit total et est équipé d'un régulateur de pression du gaz, de deux vannes de sécurité à fermeture rapide séparées .Pendant le fonctionnement normal, deux cycles de réduction de la pression sont en cours, l'un est en veille et l'autre sur veille manuelle [12].

- **Données techniques [12]**

Description		Valeur
Médium :		Gaz naturel
Débit		47.6 kg/s
Vannes à fermeture rapide	Délai de fermeture	≤ 1 s
	Précision de la réponse	1 % du point de consigne
Régulateur de Pression	Précision de régulation	1 % du point de consigne
	Catégorie de press.de fermeture	2.5 % du point de consigne
<b>Entrée</b>		
Pression	Exploitation	35 – 70 bar-g
	Conception	80 bar-g
Température	Entrée Opér	3 – 45 ° C
	Sortie Opér	35 – 53 ° C
	Conception	-2 - 100 ° C
<b>Sortie</b>		
Pression	Exploitation	25 - 29 bar-g
	Point de consigne	27.5 bar-g
	Conception	33 bar-g
Température	Entrée Opér	35 – 53 °
	Sortie Opér	Min. 31 ° C
	Conception	-2 - 100 ° C

**Tableau III.8** – les composants principaux



Description	KKS	Fonction
Robinets d'isolation	90EKD10AA001 90EKD10AA008	Isoler le cycle de réduction de la pression
Vanne à fermeture rapide	90EKD10AA004 90EKD10AA005	Protéger le cycle de réduction de la pression
Régulateur de pression	90EKD10AA006	Contrôler la pression de sortie du gaz
Soupapes de pressurisation	90EKD10AA002 90EKD10AA003	Pressuriser le système aval avant l'ouverture du grand clapet à bille
Transmetteur de pression	90EKD10CP001	Indication de pression distante
Transmetteur de température	90EKD10CT001	Indication de température distante
Indicateur de pression	90EKD10CP002 90EKD10CP003	Indication de pression locale
Indicateur de température	90EKED10CT002	Indication de température locale

Tableau III.9- les Composants principaux



Figure III.6- Section de réduction de pression

### III.6 Conclusion

Dans ce chapitre ,nous avons présenté le centrale SPE , nous avons donner une importance sur la partie poste gaz et le principe de fonctionnement de ces principaux sections (section du filtres, section de récupération du condensat ,section du chaudière et section de réduction de la pression) les deux section(filte 90EKE10/20/30/40 et chaudières 90EKC10/20/30/40 sont données pour être utiliser dans le chapitre quatre .

# Chapitre IV :

## Illustration et application

IV .1 Introduction

Les statistiques des dossiers techniques du SPE nous ont permis d’effectuer des relevés détaillés sur quatre chaudières 90EKC 10/ 20 /30 /40, des quatre filtres 90EKE 10/20/30/40 installés dans le poste gaz, le synoptique de l’installation des équipements étudiés sont représentés par la figure (IV.1)

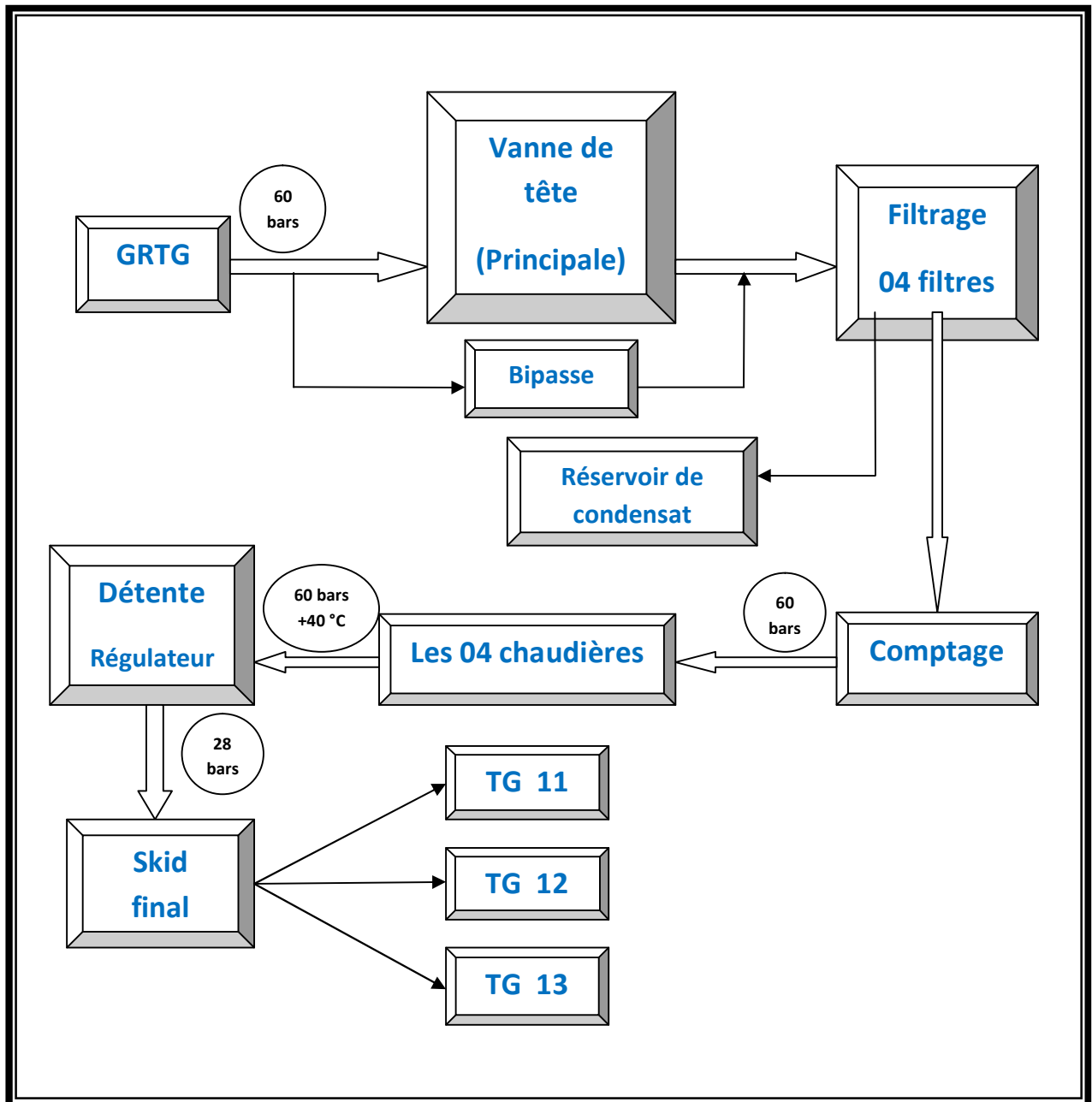


Figure IV.1- Schéma simplifié de poste gaz

**IV.2 Etude de la sureté de fonctionnement des chaudières 90EKC 10 /20/ 30 /40 et des filtres 90EKE 10 /20/ 30/40**

**IV.2.1 Les chaudières 90EKC10 /20 /30 /40**

Les chaudières présentent des pannes de nature diverse classées comme suit :

**E** : représente les pannes électriques.

**M** : représente les pannes mécaniques.

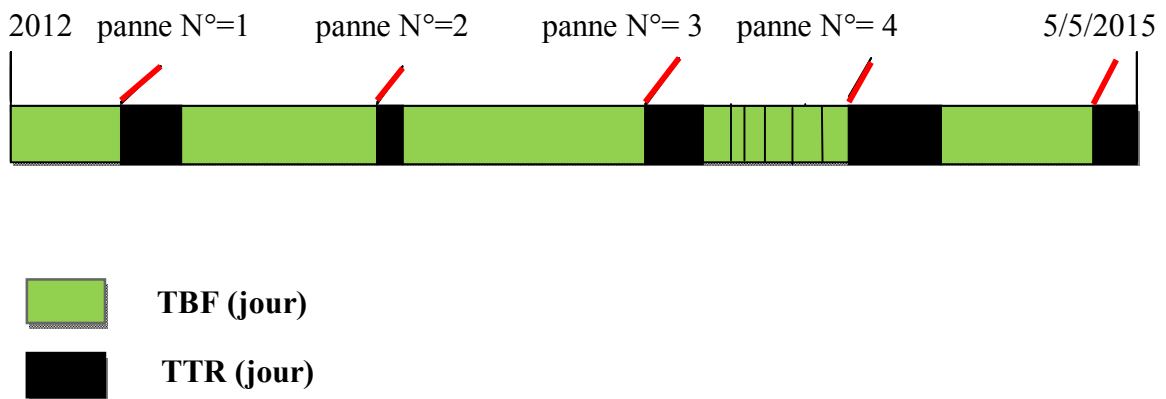
**I** : représente les pannes d'instrumentation.

L'historique technique des pannes relevé pour les chaudières 90EKC 10/ 20/30/40 est limité entre l'année 2012 à l'année 2015[12].

Les quatre chaudières travaillent en redondance selon le besoins.

**-Calcul de la moyenne de temps totale de bon fonctionnement (MTBF)**

Pour calculer la durée de bon de fonctionnement il faut calculer le temps total de réparation (TTR) de chaque panne qui est égale la somme des hommes heures (H) puis on calcule la moyenne totale des temps de réparation MTTR.



**Figure IV.2-** La période choisie des équipements à étudier.

TTF= 3 ans = 3\*365= 1095 jours

Pour une panne  $TTR = H$  Équation (1)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{NP} \quad \text{Équation (2)}$$

$$\Sigma TBF = TTF - \Sigma TTR \quad \text{Équation (3)}$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{NP} \quad \text{Équation (4)}$$

#### -Le taux de défaillance

Selon la formule suivante on calcule le taux de défaillance

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \text{Formule (1)}$$

#### -Le taux de réparation

Selon la formule suivante on calcule le taux de réparation

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{Formule (2)}$$

#### -La disponibilité

Le calcul de la disponibilité stationnaire est donné par la formule suivante

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{Formule (3)}$$

#### ❖ La chaudière 90EKC10

L'historique du nombre des pannes, de la nature des pannes, des causes des pannes ainsi que les indicateurs TTR et TBF exprimés en jours sont donnés dans le tableau (IV.1)

Nombre des pannes	Nature des pannes	Cause de la panne	TTR (jour)	TBF (jour)
1	I	Visite générale de la chaudière (arrêt programmé)	0.22	26.78
2	I	Déclenchement répétitive de la vanne de déclenchement de la chaudière	0.07	6.93
3	I	Déclenchement des deux vannes de sécurité de la chaudière	0.25	83.75
4	M	fuite de la chaleur.	0.41	8.59
5	E	Défaut de démarrage de la chaudière	0.08	4.92
6	I	Défaut au niveau de réchauffeur gaz	0.75	167.25
7	I	Le niveau du bassin d'eau de la chaudière est Défaillant	0.02	97.98
8	M	des fuites de gaz au niveau de l'échangeur de la chaudière.	0.83	747.17
9	I	bruit de vibration anormale,	0.08	35.92
10	I	Déclenchement de bain marin de la chaudière gaz	0.22	44.78
11	I	Mauvaise combustion (sortie des fumés noirs).	0.12	137.88

**Tableau IV.1** –Relevé de panne du 90EKC10

Le MTBF est calculé par l'équation (4), la MTTR par l'équation (2), le  $\lambda$  par la formule (1),  $\mu$  par la formule (2), la disponibilité par la formule (3), Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau (IV.2)

MTBF (jours)	MTTR (jours)	$\lambda$	$\mu$	D
123,81	0,2772	0,008	3,6	0,99

Tableau IV .2- Les indicateurs de la SDF du 90EKC10

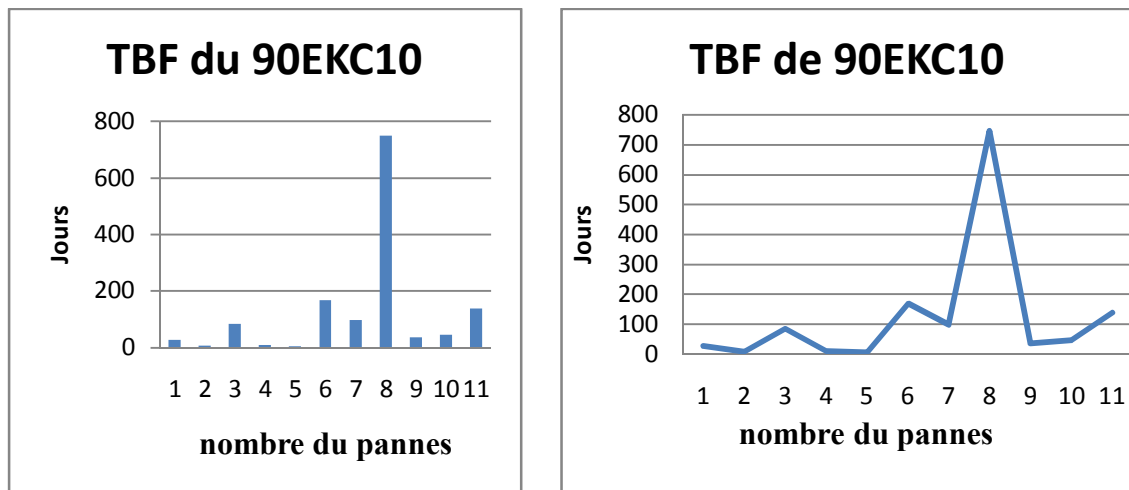


Figure IV.3- Histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne du 90EKC10

**Interprétation de la figure(IV.2)**

La courbe présente les variations du TBF en fonction de nombre des pannes. On constate que le TBF est le plus faible à la 5<sup>ème</sup> panne due à une panne électrique ainsi que des pannes d’instrumentation et mécanique qui nous donnent un TBF relativement faible à la 2<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> panne

**La chaudière 90EKC20**

Le nombre des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par jours, Le TBF par jours du 90EKC20 est représentés dans le tableau(IV.3)

Nombre des pannes	Nature des pannes	Cause de la panne	TTR par (jours)	TBF par (jours)
2	I	la vanne de sécurité 90EKC20AA705 est fermée à cause de haute pression	0.12	1.88
3	I	Déclenchement de la chaudière N°02 du poste gaz par vanne de sécurité.	0.09	55.91
4	I	Déclenchement de la chaudière 02 par fuite de gaz 20%.	0.06	1102.94
5	E	fuite au niveau détendeur gaz 60 / 4 bar)	0.14	14.86

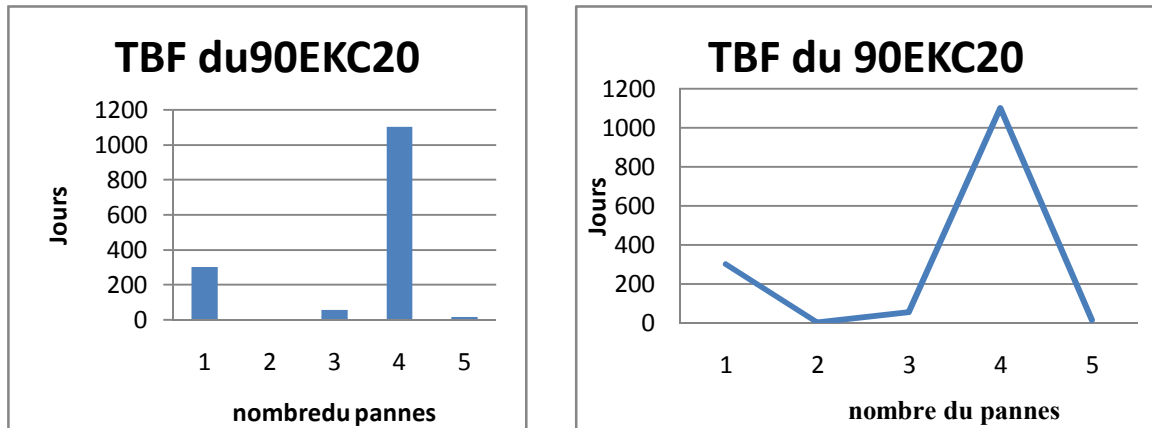
**Tableau IV.3-**Relevé de panne de 90EKC 20

La MTBF (jours),  $\lambda$ ,  $\mu$ , D sont déterminées par les formules citées précédemment le tableau (IV.4) représente les résultats obtenues.

MTBF (jours)	MTTR (jours)	$\lambda$	$\mu$	D
295.268	0.132	0.003	7.57	0.99

**Tableau IV.4-** Les indicateurs de la SDF du 90EKC 20





**Figure IV.4-** Histogramme et graphe du TBF en fonction de nombre de la panne du 90EKC20

#### Interprétation de la figure (IV.3)

On remarque que le TBF est le plus faible à la 2<sup>ème</sup> panne due à une panne d'instrumentation ainsi que des pannes électrique qui nous donnent un TBF relativement faible à la 5<sup>ème</sup> panne

#### La chaudière 90EKC 30

Le nombre des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par jours, le TBF par jours du 90EKC 30 sont regroupés dans le tableau (IV.5)

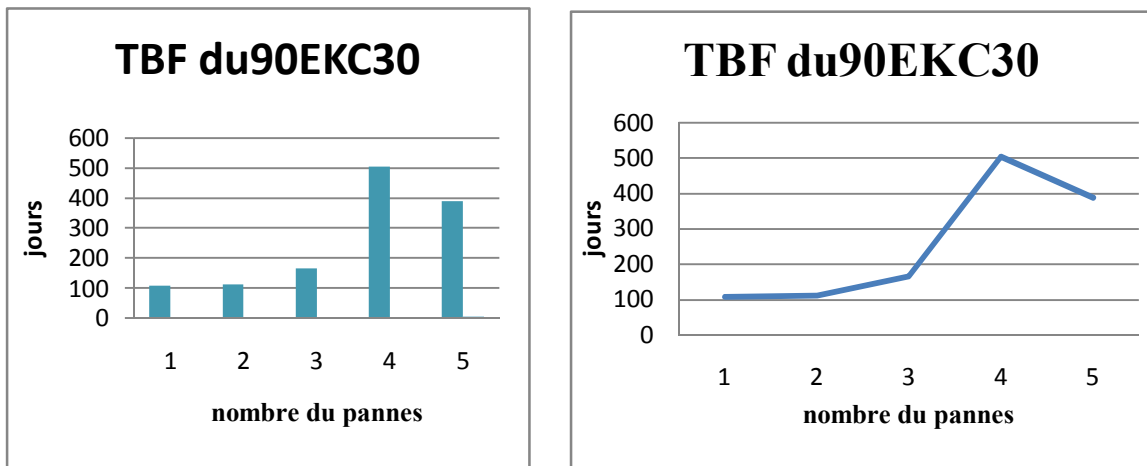
Nombre des pannes	Nature des pannes	Cause de panne	TTR (jours)	TBF (jours)
1	M	Déclenchement Chaudière par détection de fuite de gaz supérieur ou égale 10%.	0.10	107.9
2	M	Réparation et essai de montage de l'échangeur eau/gaz de la chaudière 90EKC30 au niveau de poste de gaz.	1.06	111.94
3	M	Visite préventive (Montage l'échangeur de la chaudière	2	165
4	I	Défaut vanne de sécurité du gaz pilote 90EKC30AA705 de la chaudière problème de l'ouverture en cas leur déclenchement"	0.07	503.93
5	I	Le démarrage et l'arrêt du Réchauffeur gaz n°3 est répétitif (la température eau bassin est inférieur à 75C°)	0.10	388.9

**Tableau IV.5-**Relevé des pannes de 90EKC 30

La MTBF (jours), la MTTR (jours),  $\lambda$ ,  $\mu$ , D sont déterminées par les formules citées précédemment le tableau (IV.6) représente les résultats obtenues.

MTBF (jours)	MTTR (jours)	$\lambda$	$\mu$	D
255.534	0.66	0.003	1.51	0.99

**Tableau IV.6-**Les indicateurs de SDF du 90EKC30



**Figure. IV.5-** Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de panne du 90EKC30

#### Interprétation de la figure(IV.4)

On remarque que le TBF est le plus faible à la 1<sup>ème</sup> et 2<sup>ème</sup> panne due à des pannes mécaniques

#### La chaudière 90EKC 40

Le nombre des pannes, la nature des pannes, les Causes des pannes, le TTR par jours, le TBF par jours du 90EKC40 sont regroupés dans le tableau(IV.7)

Nombre des pannes	Nature des pannes	Cause de panne	TTR (jours)	TBF (jours)
1	M	fuite gaz au niveau VTR de chaudière	0.12	123.94
2	M	Défaut de chaudière gaz à cause de déclenchement les deux vannes gaz pilote de sécurités qui va provoquer le déclenchement de la chaudière	0.47	47.3
3	M	La vanne de sureté de la chaudière Bloqué sur fermeture.	0.02	19.98
4	I	(vanne 1 et 2 de sécurité sont déclenché)	0.08	78.96
5	E	Projecteur et néon grille au niveau de la chaudière	0.08	446.93
6	M	Visite préventive (vérification fuite GAZ en niveau chaudière).	0.04	771.96
7	I	Baisse Température a la sortie du Réchauffeur gaz (90EKC40CT003)	0.06	72.94

**Tableau IV.7-**Relevé des pannes de 90EKC40

La MTBF (jours), la MTTR (jours),  $\lambda$ ,  $\mu$ , D sont déterminées par les formules citées précédemment le tableau (IV.8) représente les résultats obtenues.

MTBF (jours)	MTTR (jours)	$\lambda$	$\mu$	D
223.14	0.12	0.004	8.04	0.99

Tableau IV.8-Les indicateurs de SDF du 90EKC 40

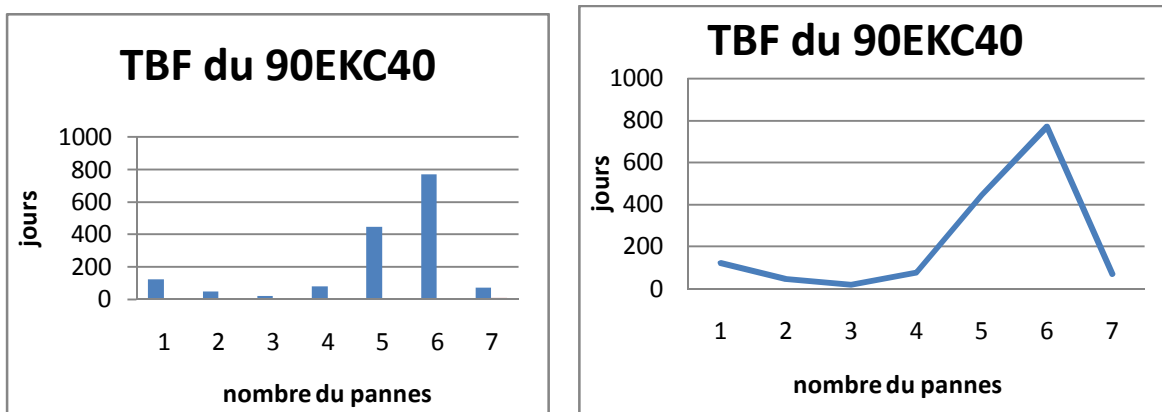


Figure IV.6-Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de pannes du 90EKC40

**Interprétation de la figure (IV.5)**

On remarque que le TBF est le plus faible à la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> panne due à des pannes mécanique.

**IV.2.2 Les filtres poste gaz 90 EKE 10/20/30/40**

Tout les filtres de poste gaz ont la même panne. Tel que Le nombre des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par jours, le TBF par jours, du 90EKE 10 sont regroupés dans le tableau(IV.9).

Nombre des pannes	Nature des pannes	Cause de panne	TTR (jours)	TBF (jours)
1	M	Le joint de la trappe est dilaté	0.20	14.8
2	I	intervention sur le filtre gaz 90EKE20AT pour éliminer la fuite	0.02	978.98
3	I	90EKE 30CL005 (alarme au niveau glace de filtre N° 03 est fermer.	0.02	19.98
4	I	une mauvaise connexion dans la boîte de jonction du capteur très haut niveau	0.02	203.98
5	I	Alarme au niveau du Filtre Séparateur N°1 (indicateurs de niveau ont indiqués qu'il ya des condensats au niveau des filtres 90EKE10/40)	0.02	77.98
6	I	Intervention sur les filtres poste gaz 90EKE10/30	0.04	39.96
7	I	Apparition alarme indiquant que le filtre à gaz a atteint son niveau Max 1(90EKE40CL001)	0.08	48.92

**Tableau IV.9-**Relevé de panne de filtre 90EKE 10

La MTBF (jours), la MTTR (jours),  $\lambda$ ,  $\mu$ , D sont déterminées par les formules citées précédemment le tableau(IV.9) représente les résultats obtenus.

MTBF (jours)	MTTR (jours)	$\lambda$	$\mu$	D
197.8	0.05	0.005	20	0.99

**Tableau IV.10-**Les indicateurs de SDF des filtres

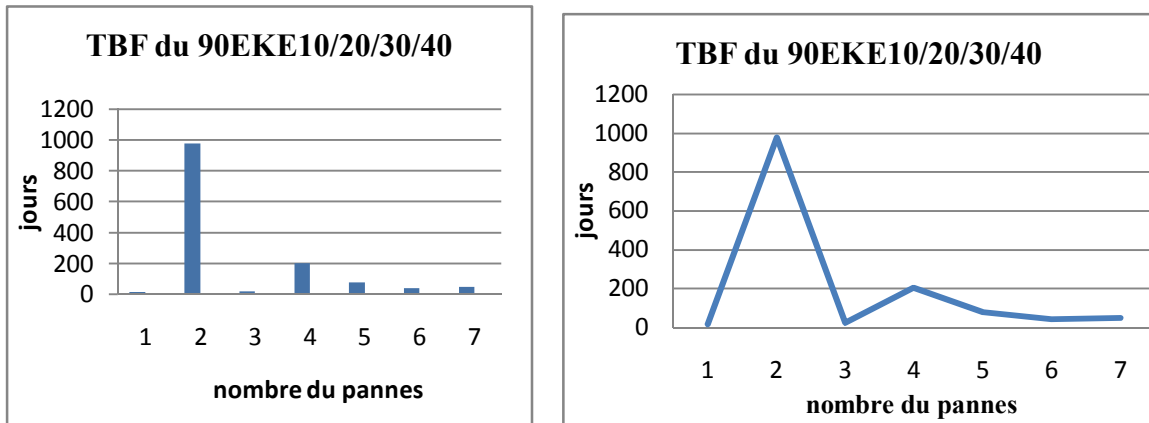


Figure IV.7- Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre des pannes des filtres

**Interprétation de la figure(IV.6)**

On remarque que le TBF est le plus faible à la 1<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> panne due à des pannes mécanique et d'instrumentation

**IV.3 Analyse selon la nature des pannes**

Pour synthétiser les résultats obtenues on regroupe les valeurs des pannes, des MTTR, des MTBF, par nature des pannes pour les 90EKC 10/20/30/40, et le 90EKE 10, afin de calculer le pourcentage des trois nature des pannes.

**- 90EKC 10**

Nature des pannes	Nombre des pannes	MTTR (jours)	MTBF (jours)
E	1	0.08	4.92
M	2	0.62	377.88
I	8	0.17	52.32

Tableau IV.11-Relevé de nature des pannes du 90EKC10

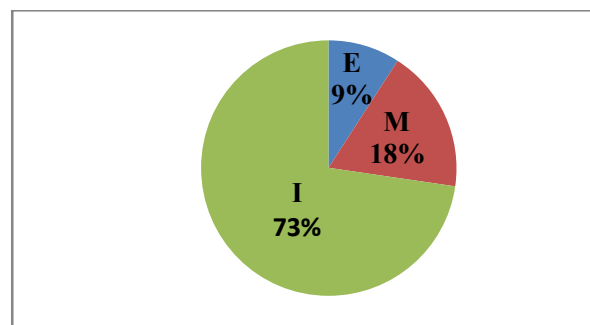
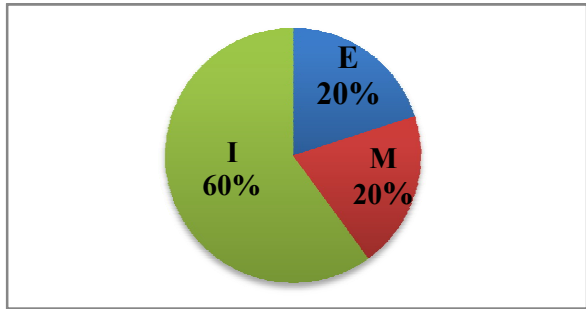


Figure IV.8-Pourcentage de nature des pannes du 90EKC10

Nous constatons que les pannes d’origines d’instrumentations sont majoritaires avec un pourcentage de 73% par rapport à celle d’origine mécanique qui représente que 18% et électrique avec un pourcentage de 9%

**-90EKC20**

Nature des pannes	Nombre des pannes	MTTR (jours)	MTBF (jours)
E	1	0.14	14.86
M	1	0.25	300.75
I	3	0.09	386.91



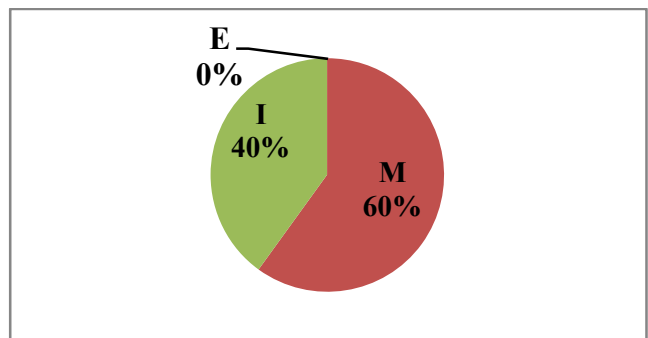
**Tableau IV.12-**Relevée de nature des pannes du 90EKC20

**Figure IV.9-**Pourcentage de nature des pannes du 90EKC20

Nous constatons que les pannes d’origines d’instrumentations sont majoritaires avec un pourcentage de 60% alors que les pannes d’origine mécanique et électrique sont équivalentes avec un pourcentage de 20%

**-90EKC30**

Nature des pannes	Nombre des pannes	MTTR (jours)	MTBF (jours)
E	/	/	/
M	3	1.05	128.28
I	2	0.085	446.415



**Tableau IV.13-**Relevé de nature des pannes du 90EKC30

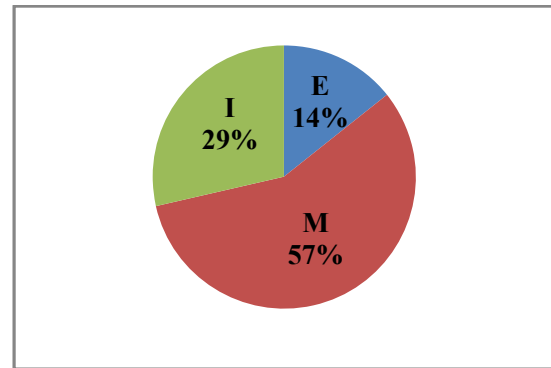
**Figure IV.10-**Pourcentage de nature des pannes du 90EKC30



Nous constatons que les pannes d'origines électriques sont inexistantes. Elles sont essentiellement d'origines mécaniques avec un pourcentage de 60% et de 40% pour instrumentation

**- 90EKC40**

Nature des pannes	Nombre des pannes	MTTR (jours)	MTBF (jours)
E	1	0.08	446.93
M	4	0.16	240.795
I	2	0.07	75.95



**Tableau IV.14-**Relevée de nature des pannes du90EKC40

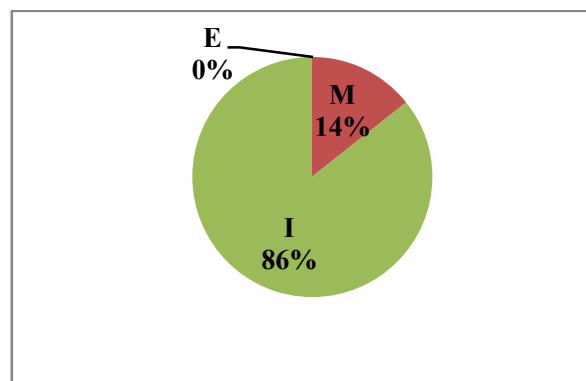
**Figure IV.11-**Pourcentage de nature des pannes du 90EKC40

**Interprétation**

Nous constatons que les pannes d'origines mécaniques sont majoritaires avec un pourcentage de 57% alors que les pannes d'origine instrumentation sont de 29% celle d'origine électrique sont faible avec pourcentage de 14%.

**-90EKE10**

Nature des pannes	Nombre des pannes	MTTR (jours)	MTBF (jours)
E	/	/	/
M	1	0.20	14.8
I	6	0.034	228.3



**Tableau IV.15-**Relevée de nature des pannes du 90EKE 10

**Figure IV.12-**Pourcentage de nature des pannes 90EKE10

**Interprétation**

Nous constatons que les pannes d'origines électriques sont inexistantes. Les pannes d'origines instrumentation sont les plus fréquentes avec un pourcentage de 86% devant les pannes mécaniques avec 14%.

**IV.4 Conclusion**

L'analyse de cette étude sur les chaudières et leurs filtres montre que les pannes d'origine d'instrumentation sont majoritaires avec un pourcentage de 57,6 % devant les pannes mécaniques avec un pourcentage de 33,8% alors que celles d'origines électriques sont minoritaires elles représentent que 8,6%.

Une action de maintenance préventive est préconisée à des intervalles plus réduits par rapport à la planification existante.

Une attention plus particulière concernant la maintenance préventive conditionnelle est envisagée sur les éléments critiques tel que les détendeurs.

### **Conclusion générale**

Nous avons abordé dans ce mémoire un ensemble de problématiques qui permettent aux personnes chargées de la maintenance de déterminer la stratégie de maintenance sur les chaudières de l'unité de production d'électricité (SPE de la wilaya RELIZANE).

A cette fin, il est nécessaire de disposer des données. Ces données proviennent d'un historique de suivi d'un indicateur de dégradation des équipements selon les dates d'apparition.

Notre étude repose sur l'analyse de sureté de fonctionnement des quatre chaudières 90EKC10/20/30/40 et les quatre filtres 90EKE de l'unité poste gaz de SPE concernant leurs nombre des pannes, la moyenne de temps de bon fonctionnement, la moyenne de temps de réparation, ainsi que la nature des pannes fréquentes.

Les résultats de cette étude nous ont permis d'envisager une approche plus ciblée de la maintenance préventive sur les équipements étudiés en accentuant la surveillance des parties d'instrumentations et mécaniques pour les quatre chaudières et leurs filtres nécessaires et indispensables afin de diminuer le nombre des défaillances.

## Bibliographie

- [1] H. Benaïcha, thèse Doctorat En-Science « Analyse des Stratèges de Maintenance des Systèmes de Production Industrielle » 2015.
- [2] F.Monchy « Maintenance Méthodes et Organisations » (2e édition), Paris,Dunod (2003).
- [3] G. Zwingelstein « Diagnostic des défaillances » Hermes Science publication ,1995.
- [4] A. Abdelkrim / H. Ahmed « AMDEC » Mémoire Ingéniorat, IMSI, 2012.
- [5] H. Benssada / I. Saadi « Méthodes et Outils pour Etude de la Maintenance des Motopompes et Moto compresseurs 5.5 KV » IMSI, 2009-2010.
- [6] M. Khatem / H. Djilali Mémoire « Méthodes d’analyse prévisionnelles des défaillances », IMSI 2008-2009.
- [7] Cour de sûreté de fonctionnement « le magazine Schneider Electric de l’enseignement technologique et professionnel Intersection » novembre 2004.
- [8] Riout « AMDEC Machine, moyen de production, aide-mémoire » Cétim, 1994
- [9] M. Bouanaka « Contribution A l’amélioration des Performances opérationnelle des machines industrielles » Université de Constantine 2008-2009.
- [10] A.Villemeur, « Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels » Eyrolles édition ,1988.
- [11] DR.R .Nourddine, Cour « Arbre de Défaillance» 2014-215.
- [12] Données de complexe industrielle SPE (Relizane), Service d’étude et préparation.

Les sites Web

[W1] [www.ouati.com/QOOQCP.HTML](http://www.ouati.com/QOOQCP.HTML)