



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Mécanique Filière : Métallurgie

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Métallurgie

Spécialité : Génie Métallurgique

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :

**LEGOUIRAH Amrane**

Le : Entrez la référence du document

## Maintenance industrielle Application au niveau de l'Entreprise SONELGAZ

---

### Jury :

Dr.SALIM MEASSAOUDI

Université de biskra

Rapporteur

Dr.BOULEGROUNE.ABDELMALEK

Université de biskra

Président

Dr.BEGAR.ABDELHAKIM

Université de biskra

Examineur

Année universitaire : 2019 – 2020

## REMERCIEMENT

TOUT D'ABORD, JE REMERCIE LE MON DIEU (الله) QUI M'A  
DONNÉ LA FORCE ET LA PATIENCE POUR TERMINER  
MON ÉTUDE.

J'ADRESSE MA RECONNAISSANCE PARTICULIÈRE À MA  
CHÈRE MÈRE. POUR SON SOUTIEN MORAL ET SON AIDE  
SANS FAILLE QU'ELLE M'A APPORTÉE DURANT TOUT LE  
CYCLE DE MA SCOLARITÉ.

JE TIENS À REMERCIE DOCTEURE  
BOULEGROUNE.ABDELMALEK ENCADREUR DE CE  
MÉMOIRE QUI A MÉNAGÉ UN GRAND EFFORT AFIN DE  
ME PERMETTRE DE MENER À BIEN MON MODESTE  
TRAVAIL ET À QUI J'EXPRIME MA GRATITUDE ET MES  
RESPECTS.

UN GRAND MERCI POUR LES RESPONSABLES DE  
DISTRICT ÉLEC QUI M'ONT FACILITÉ LA TÂCHE DANS  
L'ENTREPRISE SONELGAZ DE CE MÉMOIRE  
ENFIN, JE REMERCIE TOUS CEUX QUI ONT PARTICIPÉ  
DE PRÈS OU DE LOIN, À LA RÉALISATION DE CE  
TRAVAIL ET QUE L'ON PAS PUT LES CITER.

MERCI.

## **DÉDICACES**

**À L'AIDE DE DIEU J'AI PU RÉALISER CE TRAVAIL QUE JE**

**DÉDIE**

**À LA MON PÈRE**

**A MA TRÈS CHÈRE MÈRE**

**POUR LEUR BIENVEILLANCE ET LEUR SACRIFICE,  
POUR M'ENCOURAGER À TERMINER MON TRAVAIL**

**DANS DE BONNES CONDITIONS.**

**A MON FRÈRE**

**A TOUS LES MEMBRES DE MA FAMILLE**

**A TOUS MES AMI(È)S CHACUN A SON NOM**

**EN PARTICULIER LES COMPAGNONS DU LONG CHEMIN**

**AVEC TOUS MES VŒUX DE SUCCÈS**

**A TOUTE LA FAMILLE UNIVERSITAIRE.**

**LEGOUIRAH**

**AMRANE**

# SOMMAIRE

## Remerciement

## Dédicaces

## Introduction générale..... 1

### Chapitre I : GENERALITES SUR MAINTENANCE INDUSTRIELLE

I.1. Introduction .....	2
I.1.1. Production intensive, la complexité des systèmes et surtout la rentabilité .....	2
I.1.2. Différentes tâches sont attribuées à ce service, en particulier.....	2
I.2. Définition de la maintenance .....	2
I.3. Différence entre l'entretien et la maintenance .....	3
I.3.1. Entretien .....	3
I.3.2. Maintenance .....	3
I.4. Situation du service de maintenance dans une entreprise .....	3
I.5. Structure d'une organisation de maintenance .....	4
I.6. Structure des activités de l'atelier de maintenance .....	6
I.6.1. Intervention est prévue et planifiée .....	7
I.6.2. Intervention est imprévue et provient d'un incident (technique) .....	7
I.7. Opérations de prévention .....	8
I.8. Différentes politiques de Maintenance .....	8
I.8.1. Maintenance préventive systématique et conditionnelle et prévisionnelle.....	8
I.8.2. Maintenance corrective palliative et curative .....	10
I.8.3. Maintenance « a méliorative » .....	10
I.9. Niveaux de maintenance .....	11
I.10. Documents nécessaires à prévoir .....	13
I.10.1 Dossier technique .....	13
I.10.2. Dossier machine .....	14
I.11. Schéma d'une intervention de maintenance [1] .....	15

### Chapitre II : MOYENS UTILISES EN MAINTENANCES

II.1. Fiabilité .....	17
II.1.1. Définition et quantification .....	17
II.1.2. Terminologie de la fiabilité R(t).....	18
II.1.3. Méthodologie d'une étude de fiabilité .....	21
II.1.4. Détermination de la fonction de répartition estimée .....	21
II.1.5. Utilisation du papier fonctionnel .....	21
II.2. Notions de fiabilité des ensembles .....	24
II.2.1. Définitions .....	27
II.2.2. Application à la loi exponentielle.....	21
II.2.3. Redondance k parmi n (notée redondance k/n) .....	21
II.1.3. Calcule de la durée de vie d'un composant .....	27
II.1.4 Calcule De La périodicité de changement Systématique Loi De Wei bull .....	29
II.5. Maintenabilité .....	32
II.5.1. Définition et quantification .....	32
II.5.2. Amélioration de la maintenabilité .....	32
II.5.3. Approche probabiliste de la maintenabilité .....	32
II.5.3.1. Maintenabilité M(t) .....	32

II.5.3.2. Taux (instantané) de remise en service $\mu(t)$ .....	32
II.6. Aide à la localisation .....	36
II.7. Disponibilité .....	37
II.7.1. Définition et quantification .....	37
II.7.2. Types de disponibilité .....	37
II.7.3. Quantification de la disponibilité.....	37
II.7.4. Définition et quantification (mesures de disponibilité) .....	37
II.7.5. Calcul de la disponibilité d'une ligne d'assemblage de haut-parleurs.....	40

### **Chapitre III : STRATEGIE DE LA MAINTENANCE SONELGAZ**

III.1. Historique .....	43
III.2. Organisation de SONELGAZ en Groupe .....	44
III.3. Structure de la Direction de Distribution Biskra .....	45
III.4. Division de la technique électricité .....	45
III.5. Service contrôle exploitation .....	47
III.5.1. Gestion des ouvrages .....	47
III.5.2. Exploitation des réseaux .....	47
III.5.3. Gestion Des Transformateurs .....	48
III.5.4. Service Maintenance Electricité .....	48
III.5.5. Subdivision Travaux Sous Tension .....	49
III.5.6. service Teleconduite (maintenance) .....	49

### **Chapitre IV : APPLICATION DE MAINTENANCE AU SEIN DE SONELGAZ**

IV.1. Introduction .....	51
IV.2. Définition d'un réseau électrique .....	51
IV.3. Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ .....	52
IV.4. Architecture et exploitation des réseaux .....	52
IV.4.1. Réseaux de transport et d'interconnexion .....	53
IV.4.2. Réseaux de répartition .....	54
IV.4.3. Réseaux de distribution.....	54
IV.4.3.1. Réseaux de distribution à moyenne tension .....	54
IV.4.3.2 Réseaux de distribution à basse tension .....	55
IV.5. Définition d'un poste électrique .....	55
IV.5.1. Postes à fonction d'interconnexion .....	55
IV.5.2. Postes de transformation .....	55
IV.5.3. Postes mixtes .....	55
IV.5.4. Différents éléments d'un poste électrique.....	56
IV.6. Transformateurs .....	57
IV.6.1. Défauts dans les transformateurs .....	59
IV.7. Principales opérations de maintenance sur les transformateurs .....	60
IV.7.1. Principales opérations de maintenance préventive sont .....	60
IV.7.2. Principales opérations de maintenance corrective suite à une avarie sont .....	60
IV.8. Disjoncteurs .....	60
IV.8.1. Différents types des disjoncteurs .....	61
IV.8.2. Défauts dans les disjoncteurs .....	63
IV.9. Lrincipales actions de maintenance sur les disjoncteurs .....	63
IV.10. Sectionneurs .....	64
IV.10.1. Défauts dans les sectionnaire .....	64
IV.11. Actions principales de maintenance appliquée aux sectionneurs .....	64

IV.12. Relais de protection .....	65
IV.12.1. Définition .....	65
IV.12.2. Léfauts dans les relais de protection .....	65
IV.13. Actions de maintenance pour les relais de protection.....	66
<b>Conclusion générale</b> .....	67
<b>Référence bibliographie</b>	
<b>Résumé</b>	

### Liste des Figures

Figure I.1. Structure d'une organisation de maintenance.....	5
Figure I.2. Structure des activités de l'atelier de maintenance .....	6
Figure I.3. Schéma d'une Intervention de maintenance.....	15
Figure II.1. Temps moyen entre la défaillance (MTBF), est la fiabilité, TBF .....	18
Figure II.2. Taux la défaillance.....	19
Figure II.3. Détermination de la fonction de répartition estimée .....	23
Figure II.4. Diagramme Tracé La durée de vie d'un composant.....	29
Figure II.5. Diagramme Tracé La Périodicité Avec Loi De Wei Bull.....	31
Figure II.6. Maintenabilité est quantifiée par la mesure du temps .....	33
Figure II.7. Temps d'arrêt après défaillance.....	34
Figure II.8. Types disponibilité du point de vue de l'utilisateur .....	38
Figure III.1. Organigramme de L'entreprise.....	46
Figure IV.1. Hiérarchisation d'un réseau électrique .....	52
Figure IV.2. Différents éléments dans un poste .....	56
Figure IV.3. Transformateur à cuve a radiateur [13].....	57
Figure IV.4. Compartiment disjoncteur [16] .....	65
Figure IV.5. Relais de protection.....	65

### Liste des Tableaux

Tableau I.1. Ensemble de sous-systèmes en interrelation (Fonction de direction) .....	4
Tableau II.1. Principaux résultats de calcul de redondance la fiabilité.....	27
Tableau II.2. Caractéristiques intrinsèques du bien .....	65
Tableau II.3. Logistique de maintenance.....	34
Tableau II.4. Programmation de la temporisation de surveillance .....	36
Tableau II.5. Disponibilité sur décomposition précise des temps.....	39
Tableau IV.1. Tableau des domaines de tension .....	52

## Introduction générale

De nos jours, la production et le transport d'électricité d'une manière efficace et continue est nécessaire pour répondre à la consommation croissante d'électricité. Le système industriel qui sera étudié « réseaux électriques » est conçu et exploité pour acheminer l'électricité depuis les sites de production jusqu'aux usagers en grand quantités, ce système complexe en volume et en diversité des composants à maintenir (générateurs, transformateurs, lignes, contrôleurs, systèmes de protection...) nécessite un savoir-faire en entretien non négligeable.

Maintenir ce matériel industriel coûteux et le garder en bon état de fonctionnement est un enjeu majeur dans une entreprise d'énergie électrique. La maintenance peut être définie comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans son état de bon fonctionnement, ce qui nécessite obligatoirement son arrêt pendant un temps donné pour y intervenir.

L'objectif de notre travail est de construire pour l'acteur de maintenance d'entreprise. Cette mémoire à base de connaissance, est définie comme la représentation explicite et la persistante des connaissances et informations cruciales d'une organisation à travers l'exploitation

- Expérience en maintenance : Assurer et faciliter une partageabilité d'informations entre les différents membres de l'entreprise dans leurs tâches individuelles et collectives à travers une interface.
- Expérience en maintenance : Assurer une assistance des acteurs de maintenance en leurs fournissant les informations utiles au moment où ils ont en besoin et surtout dans les meilleurs délais possibles.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres. Le premier chapitre décrit généralités industrielle. Dans le deuxième chapitre, nous présenterons la stratégie de la maintenance industrielle. Le troisième chapitre nous décrit présentation de lieu de travail SONELGAZ,

Dans le quatrième chapitre sera consacré à la présentation des différents équipements du réseau électrique ainsi que leurs pannes, nous détaillerons aussi les détails Avec la méthode de maintenance de ces appareils. Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion, où nous évoquerons les principaux apports de ce travail.

**Chapitre I**  
**GENERALITES SUR**  
**MAINTENANCE**  
**INDUSTRIELLE**

## **I.1. Introduction**

L'évolution et la complexité des systèmes de production ainsi que le besoin de produire vite et bien, ont obligé les industriels à structurer et à organiser les ateliers d'entretien ; ils ont surtout créé de nouveaux concepts d'organisation et de nouvelles manières d'intervenir sur des structures de production concernant les produits manufacturés.

Aujourd'hui, l'entretien a laissé la place à la maintenance Ce changement ne réside pas uniquement dans un changement de dénomination, mais aussi dans un bouleversement complet de la manière de faire et de concevoir ce qui s'appelait e entretien w et que l'on appelle aujourd'hui maintenance ».

Il y a quelques dizaines d'années, les ateliers de production ne dis- posaient d'aucune structure de maintenance. L'entretien des machines ou des unités de production se faisait par des personnes, spécialisées ou non, sans logistique établie et surtout définie.

### **I.1.1. Production intensive, la complexité des systèmes et surtout la rentabilité**

Ont poussé les industriels à créer un domaine et une structure dans l'entreprise appelée : « service maintenance ». Ce service structuré comporte différents corps de métiers comme des électriciens, des mécaniciens, des électroniciens, des automaticiens. Ces spécialistes interviennent chacun dans leur domaine respectif, mais en respectant une coordination dans les tâches à effectuer.

### **I.1.2. Différentes tâches sont attribuées à ce service, en particulier**

- L'entretien du matériel de production.
- la remise en état du matériel en situation de dysfonctionnement.
- la remise à neuf du matériel (rénovation).
- la gestion et l'étude des coûts d'intervention.
- l'organisation et la planification judicieuse des opérations de maintenance.
- le suivi informatique de l'évolution dans le temps du matériel (fichier historique).

## **I.2. Définition de la maintenance**

L'opération de maintenance peut se définir comme étant une suite d'actions organisées, intervenant sur un système et ayant un double objectif.

- **Premier objectif** : rétablir un bien, en état de dysfonctionnement et le replacer en état de fonctionnement, donc de produire.
- **Deuxième objectif** : maintenir ce bien, par une suite d'actions préventives et planifiées, en état parfait de fonctionnement, donc de produire. En règle générale, le service maintenance doit garder l'outil de production en état opérationnel, afin d'assurer une production efficace et maximale. [1]

### **I.3. Différence entre l'entretien et la maintenance**

#### **I.3.1. Entretien**

Ce terme désigne les opérations ou les interventions à effectuer sur un matériel de production afin de le conserver en parfait état de produire. Les opérations correspondantes, souvent ordonnées par le constructeur, peuvent prendre la forme:

- Vidange (huile de lubrification);
- Graissage (paliers de guidage);
- Changement de courroies, etc.

#### **I.3.2. Maintenance**

La maintenance permet d'organiser, prévoir, planifier et gérer les opérations d'entretien. La maintenance permet donc de conserver un bien dans son état maximal de production. Aux activités techniques effectuées par des spécialistes viennent se greffer d'autres responsabilités comme:

- l'organisation d'une structure de maintenance préventive;
- le suivi des coûts;
- L'analyse des pannes ainsi que le compte rendu des interventions de maintenance;
- le suivi informatique du vieillissement du matériel;
- l'établissement d'un fichier historique du suivi de maintenance par secteur et par machine;
- la gestion des stocks de pièces détachées;
- les activités de conseil (AMDEC...).

### **I.4. Situation du service de maintenance dans une entreprise**

- **Finalité d'une entreprise est double**

Point de vue économique : elle investit des capitaux, d'état ou privés, afin de rechercher un profit maximal dans la production des biens ou la prestation de services.

Point de vue social: elle facilite l'accession de couches sociales de plus en plus larges à plus de sécurité, de bien-être, d'épanouissement individuel et collectif.

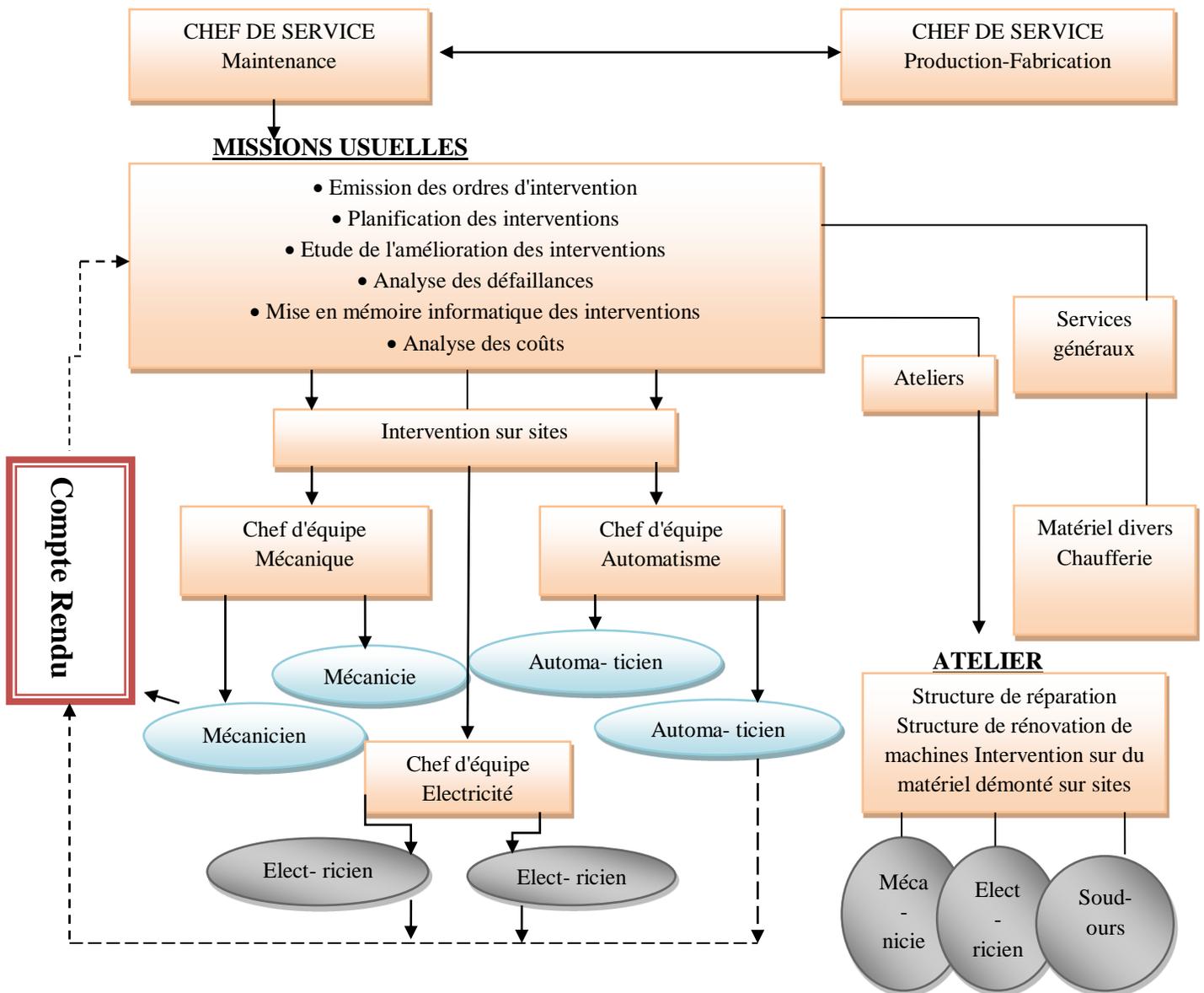
Pour satisfaire ce double objectif une entreprise est un système, c'est à dire un tout organisé d'un ensemble de sous-systèmes en interrelation.[1]

<b>Fonction de direction</b>		
<p><b>*Définir et appliquer</b> la politique de l'entreprise.  <b>*Coordonner</b> l'ensemble des activités des fonctions et des services.  <b>*Assurer</b> la responsabilité des décisions prises.  <b>*Dégager</b> le profit nécessaire à la bonne marche et à son développement.  <b>*Créer des emplois</b> durables et participer à la richesse de l'économie nationale.</p>		
<b>Fonction administrative</b>	<b>Réseau de communication</b>	<b>Fonction production</b>
Saisir et gérer l'ensemble des informations administratives, comptable et fiscales relatives à la gestion des personnels, aux impôts		<p><b>Transformer</b> les matières d'œuvre en produits  <b>Transformer</b> le travail en services  <b>Réduire</b> les coûts de production  <b>Améliorer</b> la qualité</p>
<b>Fonction financière</b>		<b>Fonction maintenance</b>
Bien gérer l'argent de l'entreprise. Financer les investissements Encaisser les factures. Payer les salaires, les fournisseurs.		<p><b>Maintenir</b> le potentiel de production  <b>Améliorer</b> la disponibilité.  <b>Assurer</b> la sécurité.  <b>Rechercher et mettre</b> en œuvre. les actions de prévention</p>
<b>Fonction organisation</b>		<b>Fonction mercatique</b>
Coordonner les activités Eviter les pertes de temps. Solutionner les aléas. Réduire les circuits administratifs.		<p><b>Adapter</b> le produit aux besoins  <b>Proposer</b> de nouveaux produits.  <b>Rechercher</b> de nouvelles cibles.  <b>Valoriser</b> l'image de marque de l'entreprise.</p>
<b>Fonction achats et stocks</b>		<b>Fonction commerciale</b>
Rechercher les meilleures conditions. Approvisionner à temps. Limiter les stocks Organiser le magasinage.		<p><b>Faire connaître</b> les produits.  <b>Assurer</b> les circuits de distribution  <b>Vendre</b> au meilleurs prix.  <b>Livrer</b> les produits.</p>

Tableau I.1. Ensemble de sous-systèmes en interrelation (Fonction de direction)

**I.5. Structure d'une organisation de maintenance**

Gardien de l'outil de production, le service maintenance comporte une structure parfaitement organisée qui permet d'optimiser au maximum la production et donc d'en réduire les coûts. L'organigramme qui suit représente une structure d'une organisation type d'un service de maintenance. Ce schéma représente une structure classique d'une "logistique" de maintenance, La taille et l'organisation de celle-ci dépendent de l'importance du secteur d'activité. Les corps de métiers et le nombre d'intervenants dépendent également de ce facteur. "Logistique" organisation, structure. [1]



**Figure I.1. Structure d'une organisation de maintenance**

I.6. Structure des activités de l'atelier de maintenance

Schéma ci-dessous donne un aspect général de cette structure. [1]

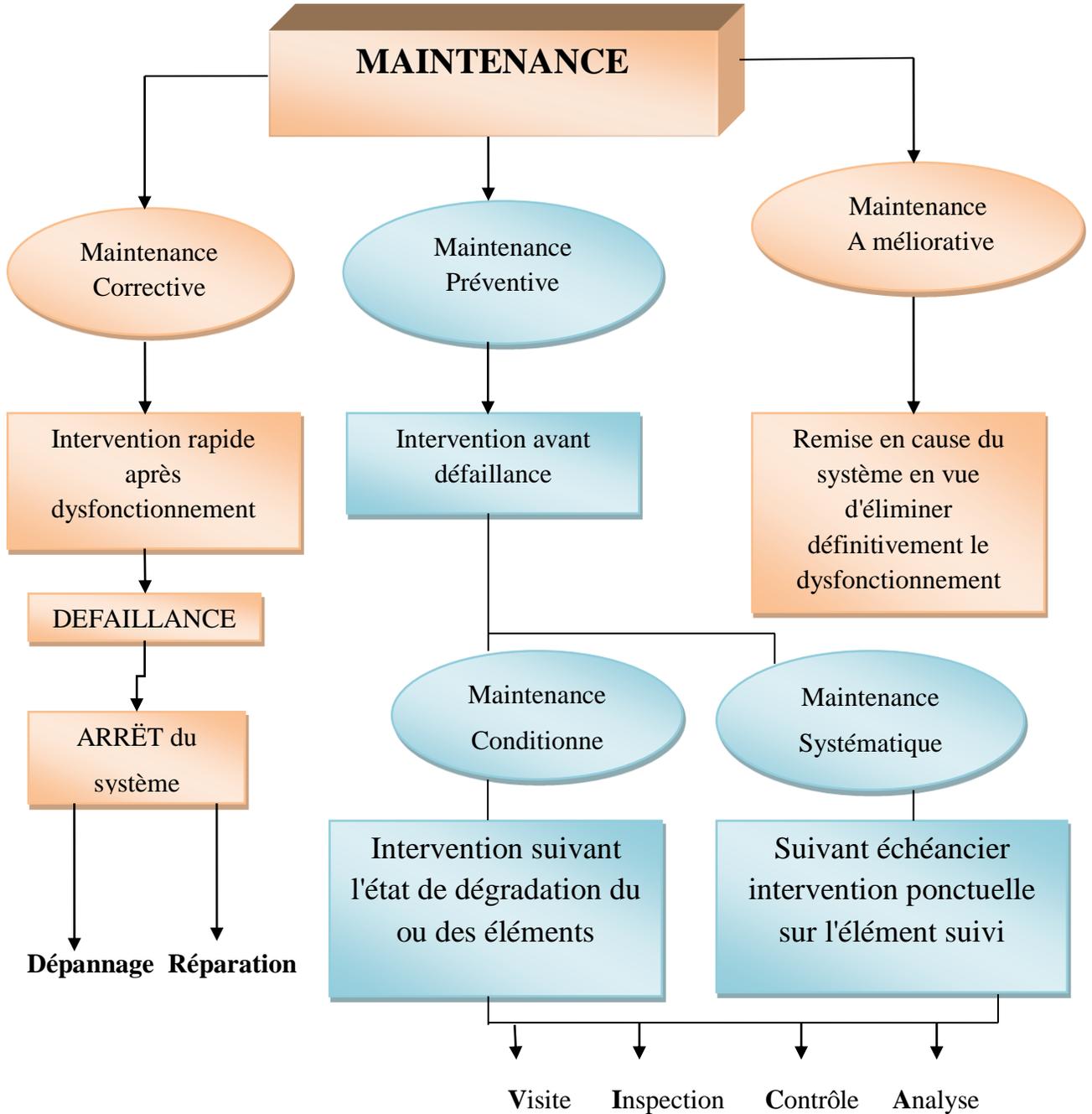


Figure I.2. Structure des activités de l'atelier de maintenance

Suivant les interventions de maintenance à effectuer, la logique la méthode de travail qui permettent de garder le système en état fonctionnement optimum sont différentes. Deux types d'événements sont possibles.

#### **I.6.1. Intervention est prévue et planifiée**

Dans ce cas, l'intervention est une opération de maintenance préventive. L'arrêt machine intervient quand celui-ci ne porte pas à conséquence sur la production. Les interventions peuvent prendre deux aspects différents

- le changement systématique des éléments ou pièces mécaniques prévus. La maintenance est dite «systématique ».
- Le changement en fonction de l'état d'usure des éléments mécaniques. La maintenance est dite «conditionnelle».

#### **I.6.2. Intervention est imprévue et provient d'un incident (technique)**

L'intervention est alors une opération de maintenance corrective. L'arrêt machine n'a pas été prévu et a presque toujours des conséquences sur la production. Les interventions doivent être rapides et ne sont pas toujours définitives.

Il peut se produire dans un premier temps, pour remettre rapidement le système en fonctionnement, une opération dite « de dépannage » qui ne sera pas définitive. Elle sera suivie. Le plus rapidement possible d'une réparation qui elle sera définitive.

#### **Remarque**

Dans le cas d'une intervention de maintenance corrective, si les éléments défectueux sont disponibles, il est alors possible d'effectuer une opération dite « de réparation». Dans le cas contraire, il faut.

Procéder le plus vite possible à un approvisionnement des pièces manquantes Suivant le degré d'urgence, le technicien procède à une intervention provisoire afin de remettre le système en service en respectant, toutefois, les consignes de sécurité.

Dans tous les cas, chaque intervention fait l'objet d'un compte rendu d'intervention, suivi d'une mise à jour des fichiers historiques.

## I.7. Opérations de prévention

Opérations relatives à la prévention peuvent être regroupées en trois grandes familles.

- **Visite** : c'est une opération de surveillance, se situant dans le cadre d'actions de maintenance préventive. Elle peut consister en un examen détaillé et approfondi d'une partie ou de l'ensemble du système suivi.
- **Contrôle** : cette opération a pour objectif de vérifier des critères ou des données définis. Elle a pour base des références de vérification parfaitement établies.
- **Inspection**: c'est l'examen attentif exécuté dans un but de surveillance. Au cours d'une inspection, il est possible de suivre l'évolution, sans intervenir, d'un défaut connu et évoluant dans le temps.

Les trois opérations de surveillance (visite, contrôle et inspection) se situent dans le cadre d'une structure de maintenance préventive. Elles peuvent par la suite, et suivant l'évolution du ou des défauts constatés, suivis et enregistrés, donner lieu à des opérations de maintenance corrective.

Cette méthode de suivi évite souvent des arrêts accidentels des chaînes de production. Cette façon de concevoir l'entretien des biens de production, permet de planifier à des moments choisis, interventions correctives de maintenance.

## I.8. Différentes politiques de Maintenance

Le choix d'une méthode de maintenance traduit la politique de maintenance de l'entreprise qui a pris en compte certains objectifs tels que:

- Réduction des périodes d'indisponibilité des matériels.
- réduction des coûts de maintenance
- amélioration de la qualité des produits.
- assurer la plus grande sécurité possible dans l'exploitation des matériels.

### I.8.1. Maintenance préventive systématique et conditionnelle et prévisionnelle

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Autrement dit, la maintenance préventive permet de réduire les risques et probabilités de dysfonctionnement des systèmes de production.

La maintenance préventive peut être :

- Systématique.
- Conditionnelle
- Prévisionnelle

Maintenance préventive systématique permet d'effectuer des opérations de maintenance, afin d'éliminer ou de diminuer les risques de dysfonctionnement des systèmes de production. Elle s'effectue suivant un échéancier prévu et établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage du bien. Cette unité d'usage caractérise l'exploitation du bien.

Exemples

- Km parcouru pour une locomotive
- Tonne produite pour un haut-fourneau
- Palette conditionnée pour une empaqueteuse.

Cette méthode de maintenance s'applique à des équipements:

- soumis à une réglementation sécuritaire: ponts roulants, matériels d'incendie, installations sous pression,...
- Présentant des coûts de défaillance très élevés : système avec de production continu, lignes de fabrication processus automatisées,
- Pour lesquels une défaillance peut entraîner des accidents graves : matériels de transport en commun des personnes, appareils et constituants utilisés dans l'énergie nucléaire,...

Maintenance préventive conditionnelle est subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé significatif de l'état de dégradation du bien. Le franchissement du seuil peut être mis en évidence par l'information donnée par un capteur ou par tout autre moyen.

### **Exemple**

Presse hydraulique le déclenchement d'un indicateur de colmatage entraîne le remplacement ou le nettoyage du fil encrassé.

Maintenance préventive prévisionnelle est subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de dégradation du bien, permettant, grâce à une surveillance très précise, de

suivre l'évolution d'un défaut ou d'une usure et donc de planifier une intervention avant défaillance totale ou partielle. Elle est encore appelée maintenance prédictive, mais ce terme n'est pas normalisé.

Exemples

- Mesure périodique du niveau vibratoire d'une machine permet de programmer des activités de maintenance lorsque ce niveau augmente puis dépasse une valeur prédéterminée.
- Intensité à vide, absorbée par un transformateur de puissance traduit l'état de l'isolement diélectrique des enroulements et à partir d'une valeur donnée déclenche la révision générale du transformateur
- La maintenance préventive prévisionnelle peut s'appliquer à tous les matériels. Son efficacité est grandement accrue par l'utilisation de l'outil informatique.

### **I.8.2.Maintenance corrective palliative et curative**

Maintenance corrective regroupe l'ensemble des activités réalisées après la défaillance (totale ou partielle) d'un bien, ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Maintenance corrective peut être

- palliative
- curative

Maintenance corrective palliative regroupe les activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Ces activités du type dépannage qui présentent un caractère provisoire devront être suivies d'activités curatives.

Maintenance corrective curative regroupe les activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Ces activités du type réparation, modification ou amélioration doivent présenter un caractère permanent.

### **I.8.3. Maintenance « a améliorative »**

Après plusieurs défaillances de même nature, ce type de maintenance permet, après réflexion et étude, d'éliminer le problème. Elle nécessite obligatoirement une concertation entre, services Production - Bureau d'étude et Maintenance.

## I.9. Niveaux de maintenance

Niveau de maintenance se définit par rapport

- Nature de l'intervention.
- Qualification de l'intervenant.
- Moyens mis en œuvre.
- Norme NF X 60-010 donne, à titre indicatif, cinq niveaux de maintenance, en précisant le service qui en a la responsabilité, la production ou la maintenance.[1]

### • Premier niveau

Il s'agit de réglages simples prévus par le constructeur ou le service de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement.

#### Exemples

- Echanges en toute sécurité d'éléments consommables tels que : fusibles, voyants...
- Dégagement d'un produit défectueux sur une machine automatisée après la mise en sécurité de la machine.

Ces interventions de premier niveau peuvent être réalisées par l'exploitant du bien, sans outillage particulier à partir des instructions d'utilisation.

### • Deuxième niveau

Il s'agit de dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opérations mineures de maintenance préventive.

#### Exemples

- Graissage d'une machine;
- Contrôle du bon fonctionnement d'un four de traitements thermiques;
- Remplacement d'une électrovanne sur un système de serrage de pièce

Interventions de deuxième niveau peuvent être réalisées par un technicien ou l'exploitant du bien dans la mesure où ils ont reçu une formation pour les exécuter en toute sécurité.

**• Troisième niveau**

Il s'agit d'identification et de diagnostic de pannes suivis éventuellement :

- D'échanges de constituants:
- Réparations mécaniques mineures:
- Réglage et ré étalonnage général des mesureurs.

**Exemples**

- Remplacement d'une bobine de contacteur défectueuse à la suite d'une surtension;
- Démontage d'un manomètre donnant des indications erronées, réétalonnage sur un banc de contrôle, remontage sur la machine;
- Remplacement d'une clavette cisailée nécessitant l'ajustage de la nouvelle clavette.

Interventions de troisième niveau peuvent être réalisées par un technicien spécialisé directement sur le site ou dans un atelier de maintenance.

**• Quatrième niveau**

Il s'agit de tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction.

**Exemples**

- Révision générale d'un compresseur;
- Démontage, réparation, remontage, réglage d'un treuil de levage:
- Remplacement du coffret d'équipement électrique de démarrage d'une machine-outil ;

Ces interventions de quatrième niveau peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et de moyens importants bien adaptés à la nature de l'intervention.

**• Cinquième niveau**

Il s'agit de tous les travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés à un atelier central de maintenance ou à une entreprise extérieure prestataire de services.

**Exemples**

- Révision générale de la chaufferie d'une usine;
- Rénovation d'une ligne de conditionnement de flacons pour améliorer son degré d'automatisation;
- Réparation d'un engin de levage portuaire partiellement endommagé à la suite d'une tempête.

Dans ce type de travaux les moyens et les méthodes sont comparables à ceux mis en œuvre lors de la fabrication des matériels. C'est au constructeur d'en fournir, les spécifications techniques et constructives.

**I.10. Documents nécessaires à prévoir**

Une intervention de maintenance sur un système ne peut se faire sans référence à des documents précis et à jour. Chaque machine ou système possède différents dossiers qui permettent de connaître les différentes structures de l'ensemble. Les interventions de maintenance sont obligatoires pour la conservation du système dans un état optimal de production. De plus, ces interventions doivent se faire au moindre coût, sans gêner la production. Pour tenir cet objectif, il est indispensable de pouvoir consulter à tout moment le passé, au niveau technique, du bien de production. [1]

L'informatique, grâce à des logiciels parfaitement adaptés à cette gestion de maintenance, permet d'établir des dossiers, de les tenir à jour, de les consulter à tous moments, facilitant ainsi les interventions de maintenance.

**I.10.1.Dossier technique**

Ce dossier d'ordre général regroupe les aspects techniques propres à un type de machine, à savoir:

- les schémas électriques;
- les plans et schémas mécaniques;
- les données et paramètres de fonctionnement;
- les caractéristiques fonctionnelles.

**I.10.2.Dossier machine**

Ce dossier, particulier à la machine, ne concerne que celle-ci. Il peut comporter des documents ou renseignements comme:

- Mise en service.
- Consignes particulières d'installation et de mise en place.

**• Dossier relatif à son cycle de fonctionnement**

- Différents GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Command Etape Transition);
- GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts)

**• Dossier relatif à la partie mécanique**

- Spécifications de réglage
- Interventions de maintenance particulières;
- Modifications intervenues après mise en service;
- Spécifications particulières, au niveau sécurité, concernant certaines interventions présentant des risques.

**• Sous-dossier dit « fichier historique »**

Il va regrouper les traces écrites ou informatisées du passé propres au système. C'est à ce niveau que l'on peut parler d'évolution de maintenance par rapport à un entretien.

- **Tout le passé de l'entretien classique, préconisé par la constructeur comme :**
  - Révisions des éléments mécaniques
  - Vidanges et graissages des éléments de transmission de mouvement.
- **Dysfonctionnements**
  - Pannes ou arrêts anormaux;
  - Dépannages puis les réparations.
- **Logique maintenance doit faire apparaitre également le con financier de cette "logistique". Seront pris en compte.**
  - Coûts d'intervention.
  - Temps passé par intervention.
  - Coût des éléments changés.
  - Gestion du magasin de pièces détachées, en tenant compte de préserver un stock minimum.

L'outil informatique peut se montrer très performant et permettre une gestion facile et logique de la structure « maintenance » d'une unité de production. [1]

**I.11. Schéma d'une intervention de maintenance**

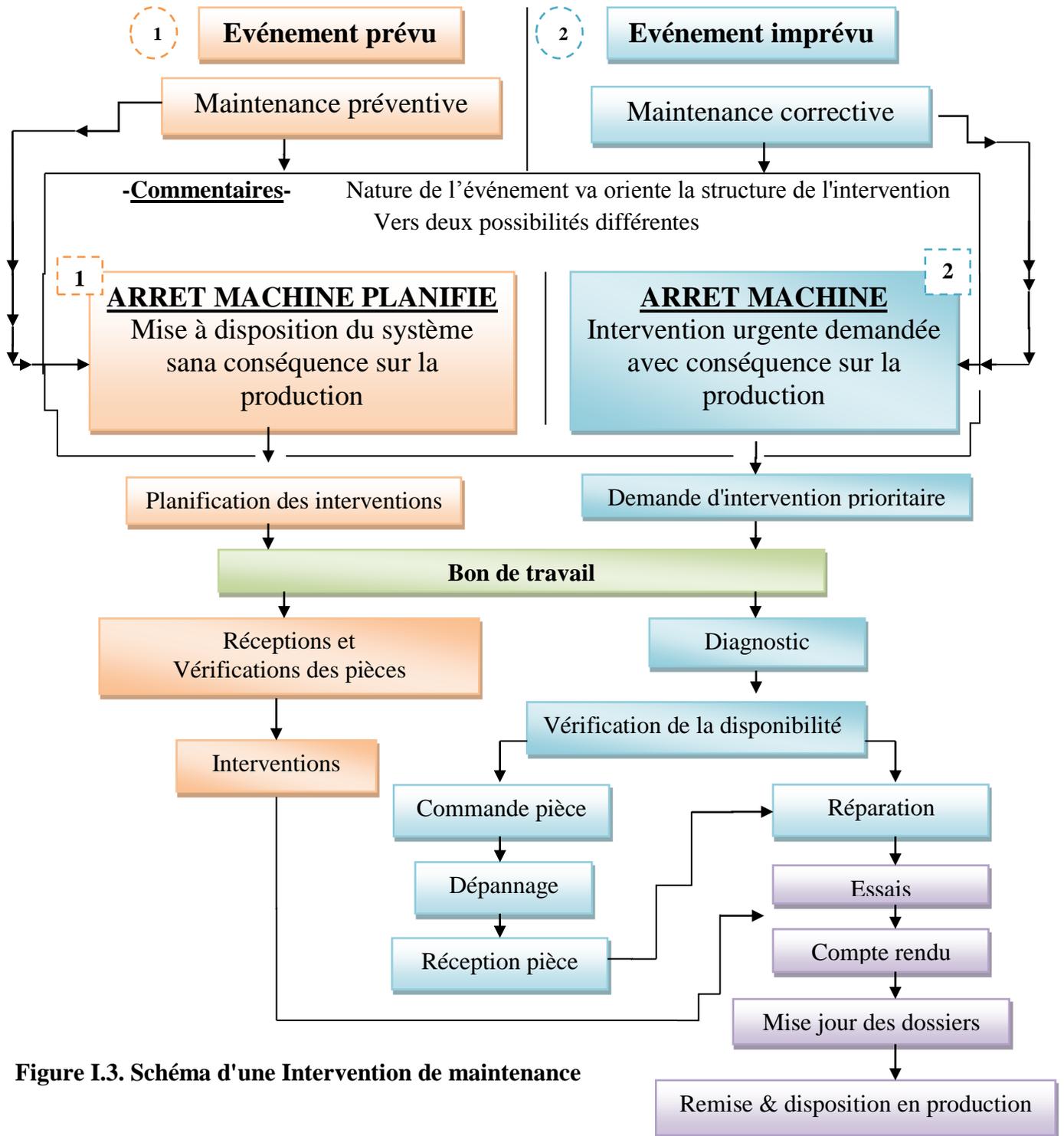


Figure I.3. Schéma d'une Intervention de maintenance

**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques généralités sur la maintenance industrielle, l'objectif de la maintenance et les Différence entre l'entretien et la maintenance. Puis Situation du service de maintenance dans une entreprise.

Par la suite nous avons parlé sur les Structure de maintenance, est mise en évidence les opérations de prévention & maintenance corrective ;« a méliorative » en fin nous avons expliqué à Niveaux de maintenance.

Nous avons vu aussi comment se forme les documents nécessaires à prévoir ; l'évolution de la maintenance, la limitation de chaque système à donner Schéma d'une intervention de maintenance.

**Chapitre II**  
**MOYENS UTILISES**  
**EN MAINTENANCES**

## II.1. Fiabilité

### II.1.1. Définition et quantification

La fiabilité est l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné, le terme «fiabilité» est également utilisé pour désigner la valeur de la fiabilité et peut être défini comme une probabilité et est noté  $R(t)$ , la fiabilité d'un roulement de broche pendant 20000 heures de fonctionnement est égale à 0,9 et signifie

- Qu'il y a 90 chances sur 100 —————> Probabilité
- Pour que le roulement fonctionne sans signe d'usure —————> Fonction requise
- Pendant 20000 heures —————> Temps donné
- Fréquence de rotation moyenne de 1500 tr/min —————> Conditions données

Il faut distinguer la fiabilité d'un composant (généralement non réparable) caractérisé par sa durée de vie, et la fiabilité d'un bien (système réparable) caractérisé par la fréquence de ses pannes. [2]

#### – Quantification de la fiabilité

##### 1) Fiabilité d'un système non réparable

Les retours clients concernant une carte d'acquisition électronique ont permis de constituer un historique sur une durée de 7 ans pour une totalité de 100 cartes en service.

Année	1	2	3	4	5	6	7
Nombre de composants défectueux	8	5	7	6	6	9	10

Notons  $N(0)$  le nombre de composants fonctionnant à l'instant  $t=0$  et  $N(t)$ , le nombre de composants encore en fonctionnement à l'instant  $t$ , le rapport  $N(t)/N(0)$  est un estimateur de la fiabilité  $R(t)$ . Par exemple  $R(4) = (100 - 26)/100 = 0,74$  signifie qu'il y a 74 % de chances qu'une carte fonctionne sans défaillance pendant 4 ans.

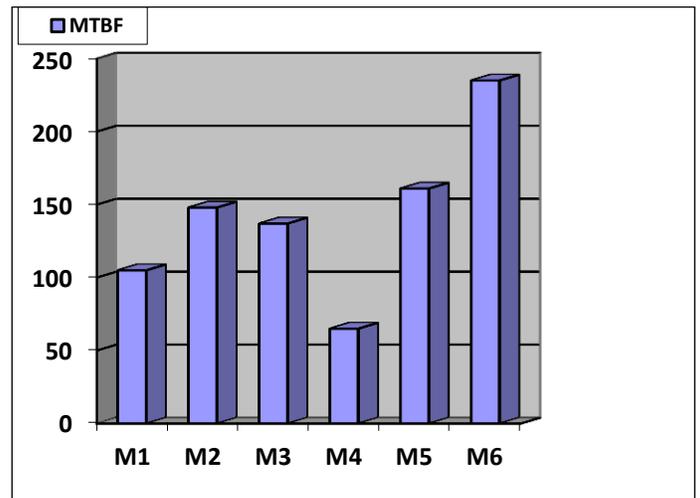
##### 2) Fiabilité d'un Système réparable

Le suivi des temps de fonctionnement entre chaque défaillance (TBF) sur une ligne de conditionnement pendant les 6 derniers mois a conduit à l'historique suivant:

Mois	M1	M2	M3	M4	M5	M6
TBF	74-105-184-58	176-21-246	139-127-145	35-126-12-56-98	137-59-287	158-312

Il est possible pour chaque mois de calculer un temps moyen de fonctionnement entre défaillances (MTBF), estimateur de la fiabilité, moyenne des TBF:

Mois	MTBF	Mois	MTBF
M1	105	M4	65
M2	148	M5	161
M3	137	M6	235



Cet indicateur permet dans cet exemple d'apprécier une tendance à l'amélioration de la fiabilité (augmentation du MTBF). Une révision a en effet eu lieu le mois M4.

Figure II.1. Temps moyen entre la défaillance (MTBF), est la fiabilité, TBF

**II.1.2. Terminologie de la fiabilité R(t)**

La probabilité pour qu'une entité accomplisse une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné [0 ; t] Elle est notée R(t). R (3500 heures) = 0,95 pour un roulement donné signifie qu'il y a 95 chances sur ton ment fonctionne 3500 heures.

Fonction 1— R(t) correspond mathématiquement à une fonction de répartition et est appelée F(t).

– **Taux de défaillance  $\lambda(t)$**

Limite, si elle existe, du quotient de la probabilité conditionnelle pour que l'instant d'une défaillance d'e soit compris dans un intervalle de temps donné  $[t;t+\Delta t]$  par la durée  $\Delta t$  de l'intervalle de temps lorsque  $\Delta t$  tend 0 sachant que l'entité n'a pas été défaillante entre 0 et t.

$$\text{Soit } \lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \times R(t)} \quad \text{II. (1)}$$

$\lambda(t)$  correspond mathématiquement à une **densité de probabilité conditionnelle** et peut s'écrire en fonction de  $R(t)$  :

$$\lambda(t) = \frac{1}{R(t)} \left[ - \frac{dR(t)}{dt} \right] \quad \text{ou encore} \quad R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(u).du} \quad \text{II. (2)}$$

- Dans beaucoup d'applications  $\lambda(t)$  est considéré comme constant et égal à  $\lambda$ .
- Dans ce cas  $R(t)$  est égal  $e^{-\lambda t}$  la variable aléatoire temps de fonctionnement suit alors une loi exponentielle.
- Le taux de défaillance peut être exprimé comme le rapport, ramené à l'unité de temps du nombre d'entités ayant subi une défaillance pendant l'intervalle  $[t;t+\Delta t]$  au nombre d'entités non défaillantes à l'instant t. [2]

$$\text{Soit } \lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{[N - n(t)]. \Delta t} \quad \text{II. (3)}$$

La plupart des entités présentent un taux de défaillance dont l'allure, en fonction du temps présente une forme de «courbe en baignoire». [2]

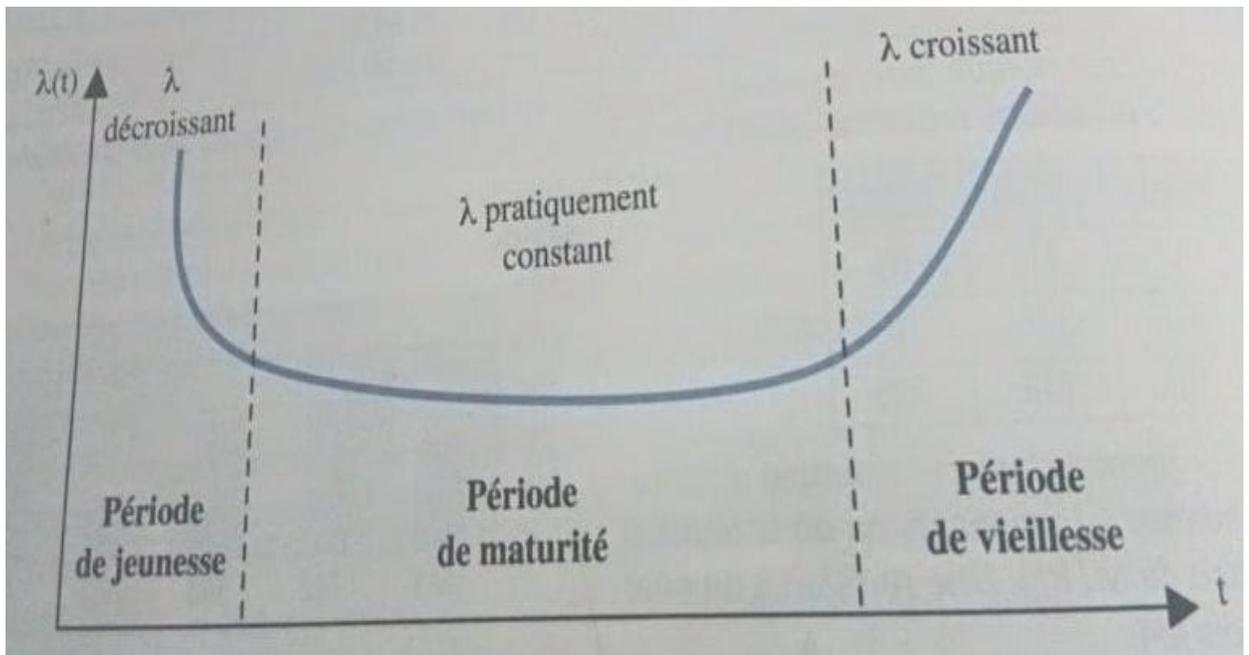


Figure II.2. Taux la défaillance

– Terminologie relative à la fiabilité et relations fondamentales

– Densité de défaillance  $f(t)$

Limite si elle existe, du quotient de la probabilité pour que l'instant d'une défaillance d'une entité soit compris dans l'intervalle  $[t; t+\Delta t]$  par la durée  $\Delta t$  de l'intervalle de temps, lorsque  $\Delta t$  tend vers 0.

$$\text{Soit } f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t} \quad \text{II. (4)}$$

$f(t)$  correspond mathématiquement à une densité de probabilité et peut s'écrire en fonction de  $R(t)$ :

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt} \quad \text{Et également } f(t) = \lambda(t) \cdot R(t) \quad \text{II. (5)}$$

– Temps moyen de fonctionnement avant la première défaillance (FMAP)

C'est l'espérance mathématique du temps de fonctionnement avant la première défaillance. Il correspond à la durée de vie pour les systèmes non réparables. [2]

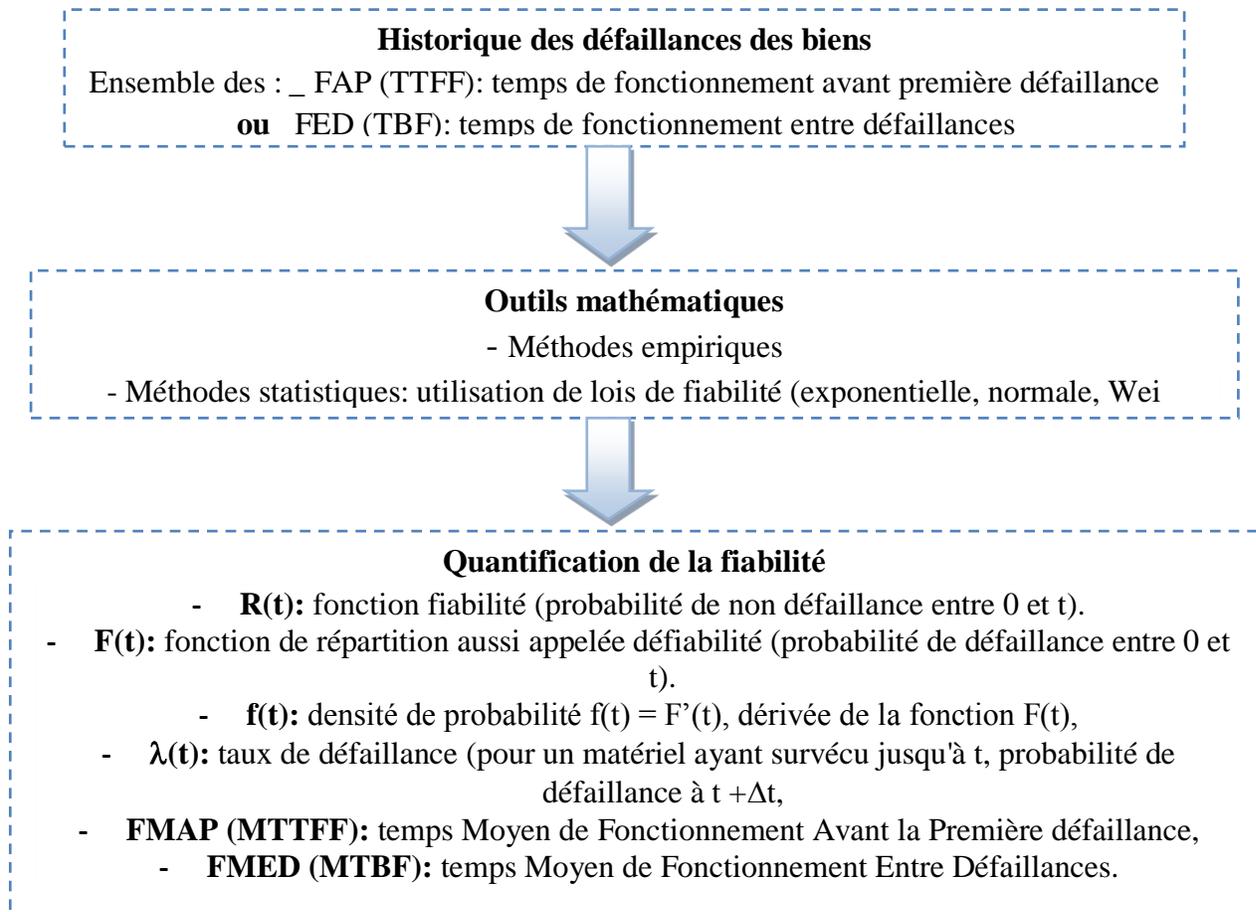
$$FMAP = \int_0^{+\infty} R(t) \cdot dt \quad \text{II. (6)}$$

– **Temps moyen de fonctionnement entre défaillance (FMED)**

C'est l'espérance mathématique du temps de fonctionnement entre défaillances.

Il est utilisé dans le cas de systèmes réparables.

– **Quantification de la fiabilité en maintenance :**



**II.1.3. Méthodologie d'une étude de fiabilité**

– **Méthodologie :** Pour quantifier la fiabilité, les fonctions suivantes sont utilisées

- **f(t)** : densité de probabilité (probabilité de défaillance à t)
- **F(t)**: fonction de répartition (probabilité de défaillance entre 0 et t)
- **R(t)** : fonction fiabilité (probabilité de non défaillance entre 0 et t)
- **λ(t)**: taux de défaillance

Où t est une variable aléatoire continue qui représente le temps. Ces fonctions sont définies en utilisant des modèles mathématiques. [2]

- La loi exponentielle la loi de Weibull et .Les lois normale et log-normale

Échantillon de départ



Recherche d'un modèle mathématique adapté



Détermination des paramètres de fiabilité



Application

**L'étude d'un historique conduit à la détermination de**

- Durée de vie (FAP ou TTFF)
- Temps de fonctionnement entre défaillance (FED ou TBE)

**La recherche de la loi la mieux adaptée à l'échantillon de données se fait par utilisation**

- Papier fonctionnel
- Test de validité
- Logiciel de fiabilité

**Le modèle mathématique retenu permet de caractériser les fonctions  $f(t)$ ,  $F(t)$ ,  $R(t)$  et  $\lambda(t)$**

**Les paramètres de fiabilité permettent de calculer:**

- une durée de vie moyenne (FMAP ou MTTFF)
- une probabilité de défaillance ou non défaillance pendant une durée donnée
- le taux défaillance

Les résultats de calcul de fiabilité trouvent des applications directes en maintenance comme la détermination d'une périodicité de changement systématique, connaissant la durée de vie du composant, le temps moyen de fonctionnement entre défaillances (FMED ou MTBF) est souvent utilisée comme indicateur de maintenance.

– **Recherche des lois utilisation d'un papier fonctionnel**

Les papiers fonctionnels sont construits avec des échelles particulières et permettent à partir du trace de résultats d'expérience de valider une loi statistique

– **Marche à suivre pour une étude de fiabilité**

**Classement des éléments de l'échantillon de données**

Les relevés de temps (durée de vie ou temps de fonctionnement entre défaillances par exemple) sont classés par ordre croissant et affectés d'un rang de classement.

RANG i	FAP ou FED
1	150
2	240
3	370
...	...

**II.1.4. Détermination de la fonction de répartition estimée**

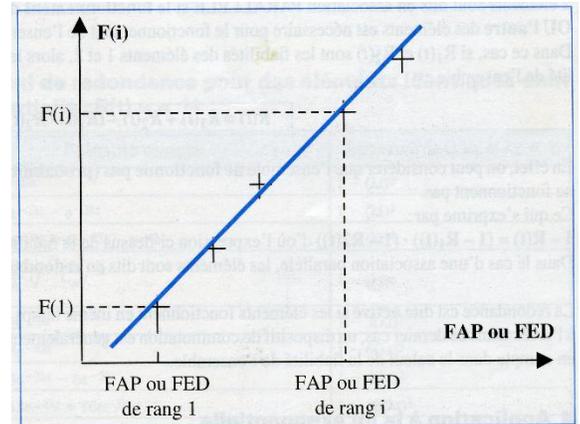
Soit N la taille de l'échantillon de données, c'est-à-dire le nombre d'éléments qui le compose; il est possible d'estimer la fonction de répartition de la manière suivante:

- Si  $N > 50$ :  $F(i)=i/N$
- Si  $20 \leq N \leq 50$ : méthodes des rangs moyens

$F(i) = i/N + 1$  ou  $F(i) = (2i - 1)/2N$

- Si  $N < 20$ : méthode des rangs médians

$F(i) = (i - 0,3) / (N + 0,4)$



**Figure II.3. Détermination de la fonction de répartition estimée**

**II.1.5. Utilisation du papier fonctionnel**

Chaque point de coordonnées (FAP ou FED de rang i, F(i)) est reporté sur le papier fonctionnel. FAP ou FED de rang i sur l'axe des abscisses et F(i) sur l'axe des ordonnées.

Si le nuage de points est assimilable à une droite, la loi est acceptée et un certain nombre d'informations concernant les paramètres de la loi peuvent être déterminées graphiquement. [2]

Les papiers fonctionnels les plus couramment utilisés en fiabilité sont:

- pour la loi exponentielle: papier semi-log
- pour la loi normale: papier gauss-arithmétique
- pour la loi log-normale: papier gauss-logarithmique
- pour la loi de Wei bull: papier d'Allan Plait

## II.2. Notions de fiabilité des ensembles

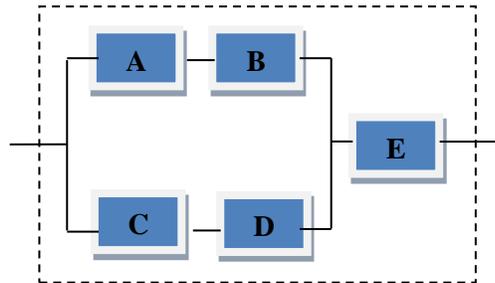
### II.2.1. Définitions

Les calculs de fiabilité des ensembles consistent à exprimer la fiabilité d'un ensemble à partir de la fiabilité connue de chaque élément qui le compose ; Les relations entre chaque élément sont représentées par un diagramme de fiabilité.

- L'ensemble S est composé de 5 éléments A, B, C, D et E
- Lecture du diagramme: chaque élément possède 2 états:

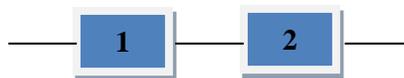
Un état de fonctionnement ou un état de défaillance.

- L'ensemble S fonctionne si A, B et E fonctionnent ou C, D et E fonctionnent.
- Les associations SÉRIE-PARALLÈLE des éléments vont permettre de calculer la fiabilité d'un ensemble.



- **Association série :**

2 éléments sont dits en association SERIE si le fonctionnement des 2 éléments est nécessaire pour le fonctionnement de l'ensemble.

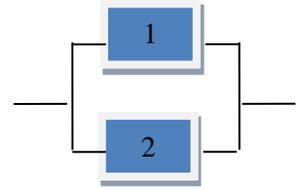


Dans ce cas, si  $R_1(t)$  et  $R_2(t)$  sont les fiabilités des éléments 1 et 2, alors la fiabilité de l'ensemble est:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \qquad \text{II. (7)}$$

- Association parallèle :

2 éléments sont dits en association PARALLÈLE si le fonctionnement de L'un OU L'autre des éléments est nécessaire pour le fonctionnement de l'ensemble.



Dans ce cas, si  $R_1(t)$  et  $R_2(t)$  sont les fiabilités de l'élément 1 et 2, alors la fiabilité de l'ensemble est:

$$R(t) = R_1(t) + R_2(t) - R_1(t) \cdot R_2(t) \tag{II. 8}$$

En effet, on peut considérer que l'ensemble ne fonctionne pas (probabilité  $1-R(t)$  si l'un ET l'autre des éléments ne fonctionnent pas. Ce qui s'exprime par:  $1-R(t) = (1-R_1(t)) \cdot (1-R_2(t))$  d'où l'expression ci-dessus de la fiabilité, dans le cas d'une association parallèle, les éléments sont dits en redondance.

La redondance est dite active si les éléments fonctionnent en même temps et passive si l'un fonctionne et l'autre à l'arrêt. Dans ce dernier cas, un dispositif de commutation est généralement nécessaire: sa fiabilité est alors à prendre en compte dans le calcul de la fiabilité de l'ensemble.

**II.2.2. Application à la loi exponentielle :**

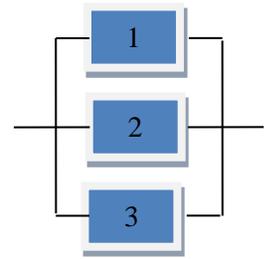
Soit 2 composants dont la fiabilité est supposés de type exponentiel, alors  $R_1(t) = e^{-\lambda_1 t}$  et  $R_2(t) = e^{-\lambda_2 t}$  avec  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , taux de défaillance constants de 1 et 2. En association série:  $R(t) = e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$  et suit donc une loi exponentielle de paramètre  $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$ . alors en association parallèle:  $R(t) = e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$  se défaillance n'est pas constant. Et ne suit donc pas une loi exponentielle et le taux de défaillance n'est pas constant.

- Formule généralisée pour n éléments :

ASSOCIATION SERIE	ASSOCIATION PARALLELE
$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$	$1 - R(t) = \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$

**II.2.3. Redondance k parmi n (notée redondance k/n)**

Un système composé de n éléments est dit en redondance k/n si k éléments sont nécessaires pour le fonctionnement correct de l'ensemble. La redondance peut être active ou passive.



Redondance active 2 parmi 3. Les 3 éléments fonctionnent et 2 sont nécessaires pour assurer la fonction de l'ensemble.

Soit  $R_1(t)$ ,  $R_2(t)$  et  $R_3(t)$  les fonctions fiabilité de chaque composant. L'ensemble assure sa fonction si : 1,2 et 3 fonctionnent OU {1 Et 2 fonctionnent ET 3 ne fonctionne pas } OU {1 ET 3 fonctionnent Et 2 ne fonctionne pas } OU {2 ET 3 fonctionnent ET 1 ne fonctionne pas } ; ce qui s'écrit d'un point de vue probabilité : [2]

$$R(t) = R_1(t).R_2(t).R_3(t) + R_1(t).R_2(t). (1-R_3(t)) + R_1(t). R_3(t). (1-R_2(t)) + R_2(t). R_3(t). (1-R_1(t)) \quad \text{II. (9)}$$

Ce qui donne après développement :

$$R(t) = R_1(t).R_2(t) + R_1(t).R_3(t) + R_2(t).R_3(t) - 2R_1(t).R_2(t). R_3(t) \quad \text{II. (10)}$$

- **Formule généralisée redondance k parmi n éléments identiques de fiabilité  $R_e(t)$**

$$R(t) = \sum_{i=k}^n C_n^i [R_e(t)]^i [1 - R_e(t)]^{n-k} \quad \text{II. (11)}$$

Principaux résultats de calcul de redondance pour des éléments identiques dont la fiabilité est de type exponentielle :  $R(t) = e^{-\lambda t}$

Type de redondance		Formule exacte	Approximation si $\lambda t \ll 1$
Active totale	1 parmi 2	$2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}$	$1 - (\lambda t)^2$
	1 parmi 3	$3e^{-\lambda t} - 3e^{-2\lambda t} - e^{-3\lambda t}$	$1 - (\lambda t)^3$
	1 parmi 4	$4e^{-\lambda t} - 6e^{-2\lambda t} - 4e^{-3\lambda t} - e^{-4\lambda t}$	$1 - (\lambda t)^4$
	1 parmi n	$R(t) = \sum_{i=1}^n (-1)^{i+1} C_n^i e^{-ix}$	$1 - (\lambda t)^n$
Active partielle	2 parmi 3	$3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}$	$1 - 3(\lambda t)^2$
	3 parmi 4	$4e^{-3\lambda t} - 3e^{-4\lambda t}$	$1 - 6(\lambda t)^2$
	2 parmi 4	$3e^{-4\lambda t} - 8e^{-3\lambda t} - 6e^{-2\lambda t}$	$1 - 4(\lambda t)^2$
	3 parmi 5	$6e^{-5\lambda t} - 15e^{-4\lambda t} - 10e^{-3\lambda t}$	$1 - 10(\lambda t)^2$
	k parmi n	$R(t) = \sum_{i=k}^n C_n^i e^{-i\lambda t} [1 - e^{-\lambda t}]^{n-i}$	$1 - C_n^{k-1} (\lambda t)^{n-k+1}$
passive	1 parmi 2	$(1 + \lambda t)e^{-\lambda t}$	$1 - \frac{(\lambda t)^2}{2}$
	1 parmi 3	$(1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2})e^{-\lambda t}$	$1 - \frac{(\lambda t)^3}{6}$
	1 parmi n	$(1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2} + \dots + \frac{(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!})e^{-\lambda t}$	$1 - \frac{(\lambda t)^n}{n!}$

Tableau II.1. Principaux résultats de calcul de redondance la fiabilité

### II.3. Calcule de la durée de vie d'un composant

Une entreprise dans le domaine électronique a réalisé des essais de durée de vie sur un type de composants et souhaite en déduire ses caractéristiques de fiabilité. [2]

3000	760	460	5200	100	400	4600	1160	510	710	6300	1950	600
7700	6000	2380	200	930	4900	480	220	6700	1120	1720	150	3820
870	320	2070	2600	1270	1050	420	1310	3420	2190	4350		

La loi supposée s'adapter le mieux à des composants électronique est la loi exponentielle. L'utilisation d'un papier fonctionnel du type semi-log doit permettre de vérifier cette hypothèse en traçant la fonction fiabilité estimée.

- **Classement des données**

Les FAP ou TTFF sont classées par ordre

Croissant et affectés d'un rang  $i$  de

Classement.

- **Recherche de la fonction de répartition estimée**

La taille de l'échantillon étant de 37 la

Fonction de répartition estimée sera

Calculée par la méthode des rangs

Moyens :

$$F(i) = \frac{i}{N + 1} \quad \text{II. (12)}$$

Rang	TTFF	F(i)	1-F(i)	Rang	TTFF	F(i)	1-F(i)
1	100	0.03	0.97	20	1310	0.53	0.47
2	150	0.05	0.95	21	1720	0.55	0.45
3	200	0.08	0.92	22	1950	0.58	0.42
4	220	0.11	0.89	23	2070	0.61	0.39
5	320	0.13	0.87	24	2190	0.63	0.37
6	400	0.16	0.84	25	2380	0.66	0.34
7	420	0.18	0.82	26	2600	0.68	0.32
8	460	0.21	0.79	27	3000	0.71	0.29
9	480	0.24	0.76	28	3420	0.74	0.26
10	510	0.26	0.74	29	3820	0.76	0.24
11	600	0.29	0.71	30	4350	0.79	0.21
12	710	0.32	0.68	31	4600	0.82	0.18
13	760	0.34	0.66	32	4900	0.84	0.16
14	870	0.37	0.63	33	5200	0.87	0.13
15	930	0.39	0.61	34	6000	0.89	0.11
16	1050	0.42	0.58	35	6300	0.92	0.08
17	1120	0.45	0.55	36	6700	0.95	0.05
18	1160	0.47	0.53	37	7700	0.97	0.03
19	1270	0.50	0.50				

- **Report des points** de coordonnées (TTFF, 1-F(i)) sur le papier fonctionnel.

- **Le nuage de points est à une droite** : la fonction exponentielle peut être validée comme modèle de fiabilité

A partir du tracé de la fonction FIABILITE  $R(t)$ ,

- 1- Calculer la valeur du taux de défaillance  $\lambda$ ,
- 2- En déduire la valeur de la durée de vie moyenne MTTF du composant,
- 3- Donner, en fonction de  $\lambda$ , l'expression de la fonction fiabilité  $R(t)$ ,
- 4- Calculer la probabilité de non défaillance au bout de 1500 heures.

Pour répondre à une demande des clients, l'entreprise doit fournir pour les fiabilités suivantes la durée de vie probable du composant électronique étudié.

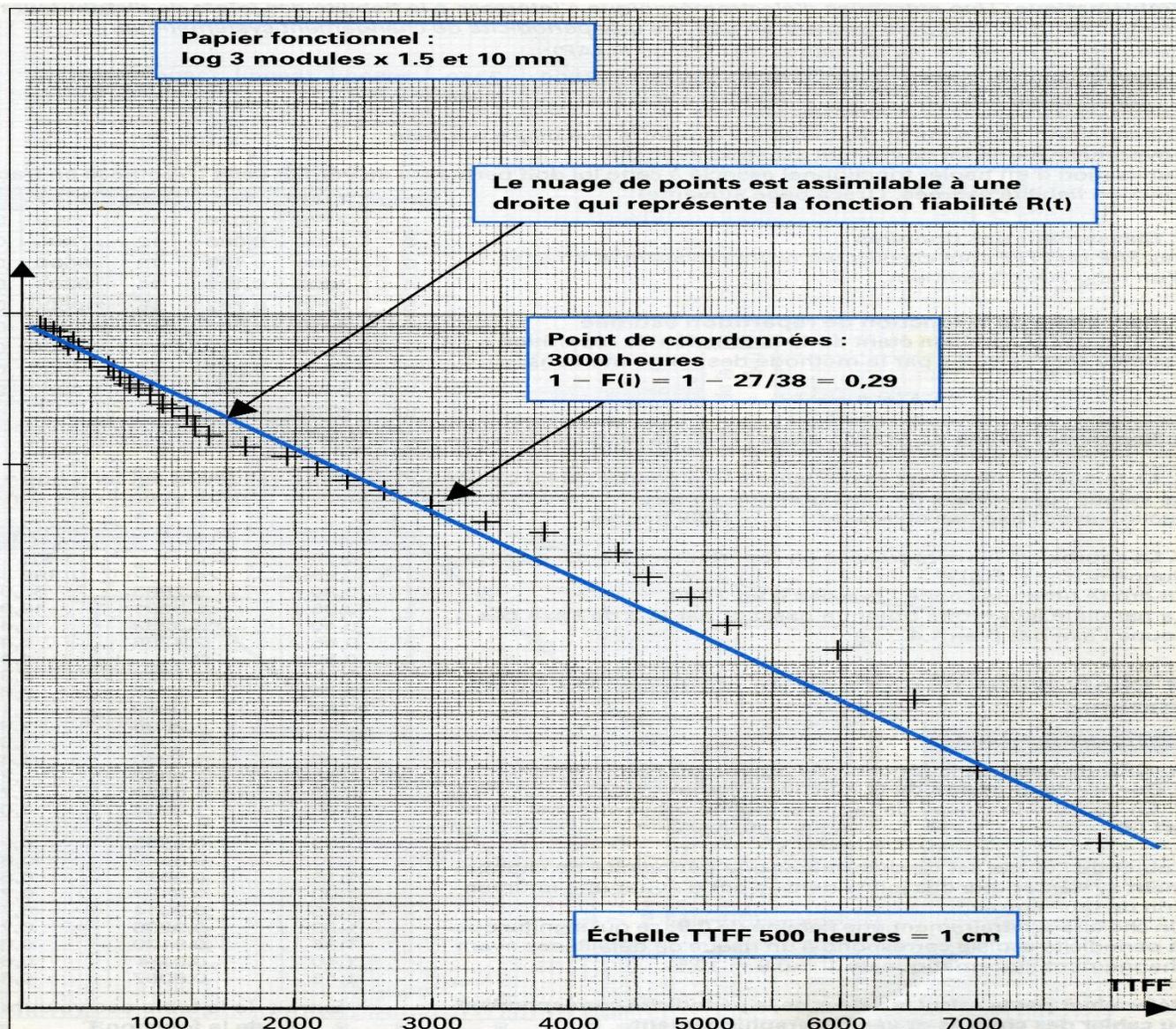


Figure II.4. Diagramme Tracé La durée de vie d'un composant

### II.4. Calcule de la périodicité de changement systématique loi de Wei bull

L'entreprise d'électromécanique s'intéresse à la fiabilité des joints de distributeurs particulièrement sollicités pour pouvoir en déduire une périodicité de changement systématique.

Résultats de durée de vie en heures (MTTFF ou FMAP) : [2]

4650	3800	2175	2800	5840	6700	8500	7150	10500	15800	12600
1400	11000	9200	7800	6300	4250	5250	3300			

- ❖ L'observation des joints après défaillance montre une usure normale.
- ❖ L'hypothèse d'une loi de Wei bull est alors avancée.
- ❖ L'utilisation d'un papier fonctionnel associé à cette loi doit permettre de vérifier cette hypothèse en traçant la fonction fiabilité estimée.

- **Classement des données**

Les FAP ou TTFF sont classées par ordre Croissant et affectés d'un rang i de Classement.

- **Recherche de la fonction de répartition estimée**

La taille de l'échantillon étant de 19 la

Fonction de répartition estimée sera

Calculée par la méthode des rangs médians :

$$F(i) = \frac{i}{N + 1}$$

Rang	TTFF	F(i)	Rang	TTFF	F(i)
1	2175	0.036	11	7150	0.552
2	2800	0.088	12	7800	0.603
3	3300	0.139	13	8500	0.655
4	3800	0.191	14	9200	0.706
5	4250	0.242	15	10500	0.758
6	4650	0.294	16	11000	0.809
7	5250	0.345	17	12600	0.861
8	5840	0.397	18	14000	0.912
9	6300	0.448	19	15800	0.964
10	6700	0.500			

- **Report des points** de coordonnées (TTFF, 1-F(i)) sur le papier fonctionnel.
- **Le nuage de points est assimilable à une courbe** ; la loi de Wei bull est alors validée et est telle que  $\gamma > 0$ . La valeur approximée de  $\gamma$  est obtenue en traçant l'asymptote verticale de la courbe et en lisant son intersection avec l'axe des abscisses t :  $\gamma = 1500$  heures.

L'objet de l'étude est de déterminer une périodicité de changement systématique des joints dans le but d'éviter une intervention de type correctif.

- Choisira arbitrairement une fiabilité de 0.9 ; ce qui signifie que
- Périodicité choisie correspond à un risque de défaillance avant

Changement systématique de  $1-0.9 = 10 \%$ .

- **La courbe** est alors redressée en reportant les points de coordonnées  $(t - \gamma, F(i))$ . La droite obtenue coupe l'axe des  $\eta$  en 7000. La parallèle à la droite obtenue passant par le 1 de l'axe  $\eta$ .

La parallèle à la droite obtenue passant par le 1 de l'axe  $\eta$

Coupe l'axe des  $\beta$  en 1,4

- **Choix d'une périodicité de changement systématique**

A partir du tracé de la fonction de répartition  $F(t)$ ,

1. Donner l'expression de la fonction fiabilité,
2. En déduire la valeur de la durée de vie moyenne des joints MTTF.

$\beta$	A	B
0.20	120	1901
0.25	24	199
0.30	9.2605	50.08
0.35	5.0291	19.98
0.40	3.3232	10.44
0.45	2.4786	6.46
0.50	2	4.47
0.55	1.7024	3.35
0.60	1.5046	2.65
0.65	1.3663	2.18
0.70	1.2638	1.85
0.75	1.1906	1.61
0.80	1.1330	1.43
0.85	1.0880	1.29
0.90	1.0522	1.77
0.95	1.0234	1.08
1	1	1
1.05	0.9803	0.934
1.10	0.9649	0.878
1.15	0.9517	0.830
1.20	0.9407	0.787
1.25	0.9314	0.750
1.30	0.9236	0.716
1.35	0.9170	0.687
1.40	0.9114	0.660
1.45	0.9067	0.635
<b>Extrait de la table des valeurs de la fonction G</b>		

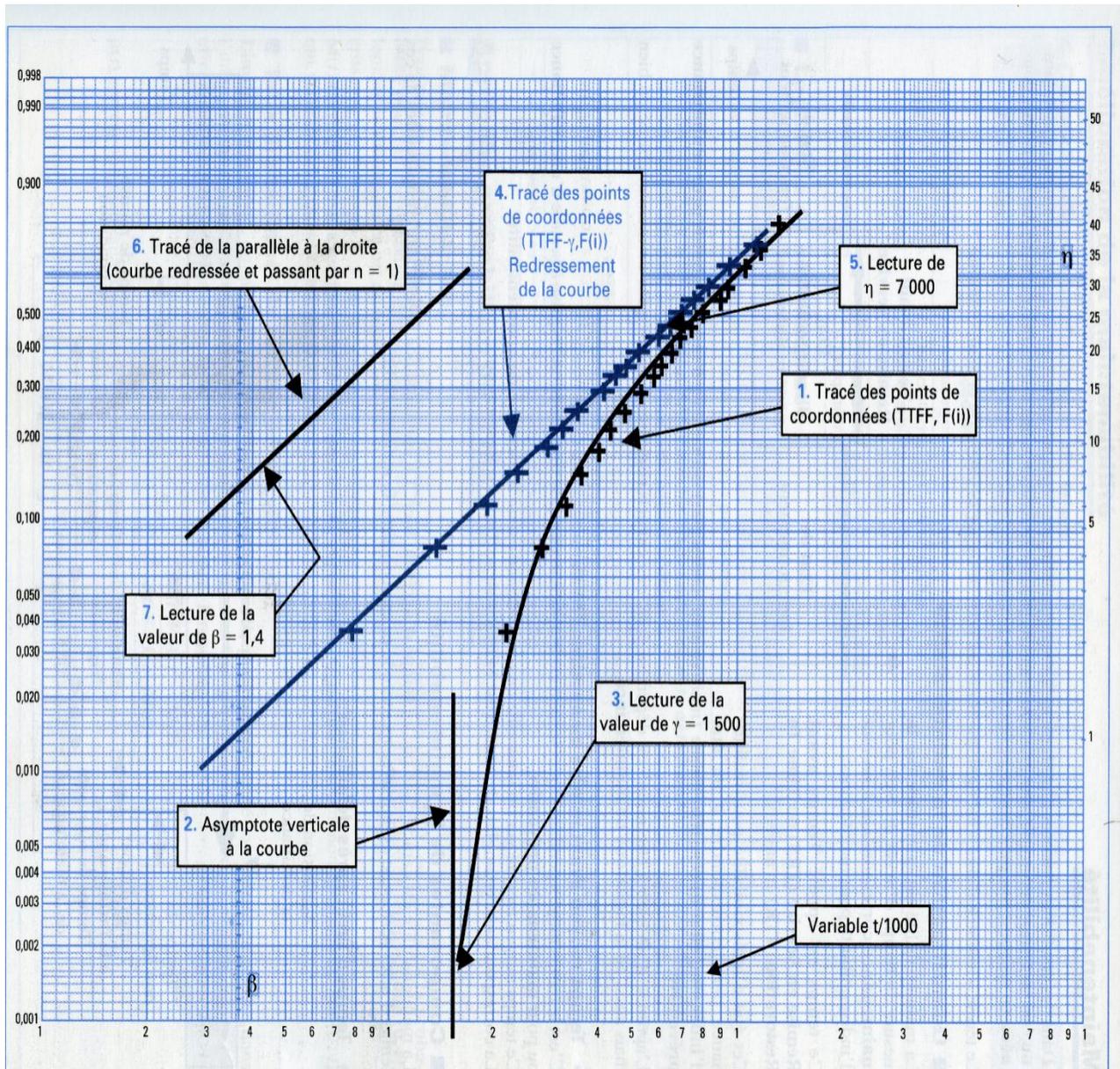


Figure II.5. Diagramme Tracé La Périodicité Avec Loi De Wei Bull

## II.5. Maintenabilité

### II.5.1. Définition et quantification

Dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

### - Quantification de la maintenabilité

La maintenabilité est quantifiée par la mesure du temps d'arrêt du bien pour maintenance correspondant à un état d'indisponibilité pour maintenance.

Ce temps est appelé Temps avant Remise en Service (TRS) en anglais.

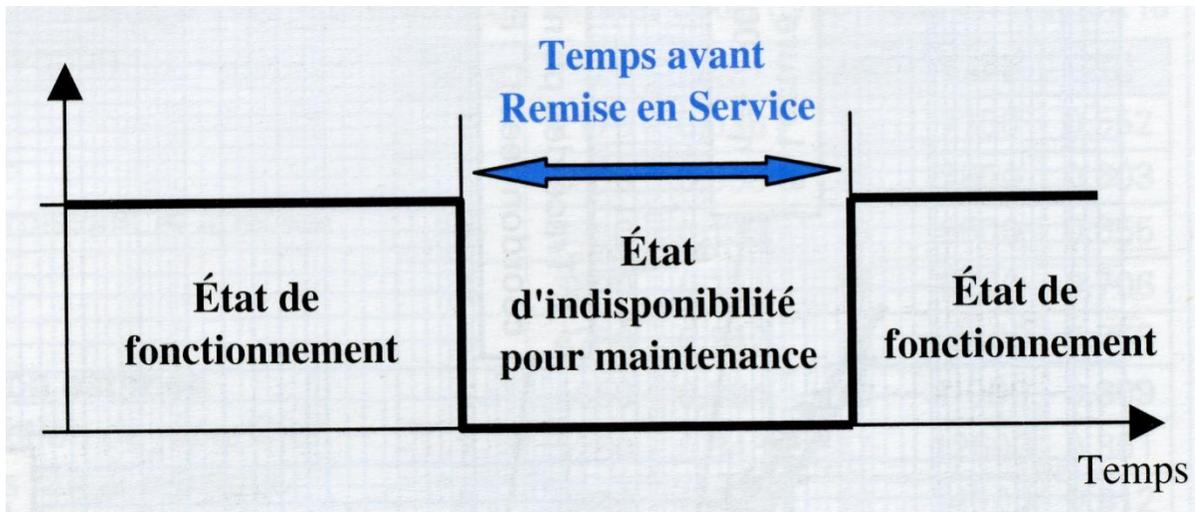


Figure II.6. Maintenabilité est quantifiée par la mesure du temps

Cet état d'indisponibilité pour maintenance peut correspondre à un état d'indisponibilité après défaillance (maintenance corrective) ou un état d'indisponibilité pour maintenance préventive.

L'aptitude d'un bien à être maintenu dépendra donc des caractéristiques intrinsèques de maintenabilité du bien mais aussi de la logistique de maintenance.[2]

### - Temps moyen avant remise en service TMRS

C'est le temps moyen pendant lequel le bien est inapte à accomplir une fonction requise à la suite d'une défaillance ou pour maintenance préventive.

Ce temps moyen mesuré sur un intervalle de temps donné est un indicateur de maintenabilité.

### - Composantes de la maintenabilité

La maintenabilité est caractérisée par un temps d'arrêt du bien. La connaissance précise des composantes de ces temps d'arrêt permet de définir avec exactitude ce qui constitue la maintenabilité.

- Temps d'arrêt après défaillance :

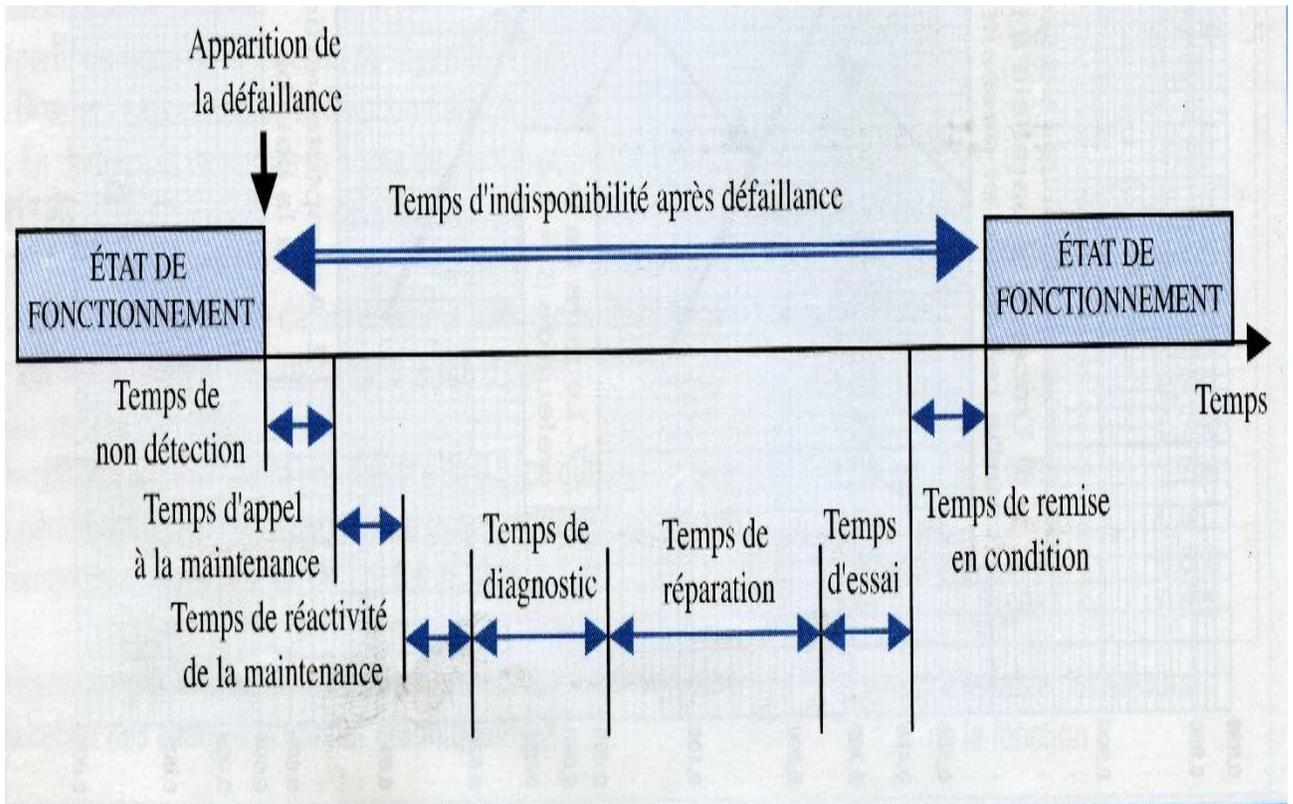


Figure II.7. Temps d'arrêt après défaillance

II.5.2. Amélioration de la maintenabilité

- Caractéristiques intrinsèques du bien

Caractéristique	Axe d'amélioration
Non détection	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alarme, voyants, capteurs</li> <li>- Surveillance par temps enveloppe</li> </ul>
Diagnostic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédures d'autotest</li> <li>- Messages de localisation de la défaillance</li> </ul>
Réparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modularité de l'architecture</li> <li>- Accessibilité, interchangeabilité</li> <li>- Aptitude à la pose et à la dépose</li> </ul>
Essais, contrôles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositifs de contrôles incorporés</li> <li>- Paramètres de contrôle simple</li> </ul>

Tableau II.2. Caractéristiques intrinsèques du bien

- **Logistique de maintenance**

Caractéristique	Axe d'amélioration
Temps d'appel, réactivité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informations centralisées des alarmes, capteurs</li> <li>- Communication par réseau</li> </ul>
Diagnostic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dossier machine complet</li> <li>- Algorigramme de diagnostic, arbre de défaillance</li> <li>- Diagrammes causes et effets</li> <li>- Système expert</li> </ul>
Réparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gammes de démontage-remontage</li> <li>- Disponibilité des pièces de rechange</li> <li>- Formation du personnel de maintenance</li> <li>- Standardisation des composants</li> </ul>
Essais, contrôles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédures d'essais et contrôles</li> </ul>

**Tableau II.3. Logistique de maintenance****II.5.3. Approche probabiliste de la maintenabilité****II.5.3.1. Maintenabilité  $M(t)$** 

Pour une entité utilisée dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité  $M(t)$  est également la probabilité pour qu'une opération donnée de maintenance puisse être effectuée sur un intervalle de temps donné  $(0, t)$ , lorsque la maintenance est assurée dans des conditions données et avec l'utilisation de procédures et moyens prescrits.

$M(t)$  correspond mathématiquement à une fonction de répartition. C'est une fonction non décroissante sur  $[0 ; t]$  qui varie de 0 à 1 quand  $t$  varie de 0 à l'infini.[2]

**II.5.3.2. Taux (instantané) de remise en service  $\mu(t)$** 

Limite, si elle existe, du quotient de la probabilité conditionnelle pour qu'une entité soit remise en service dans l'intervalle  $[t ; t + \Delta t]$ , sachant qu'elle a une défaillance à l'instant 0 et que la remise en service n'a pas encore été effectuée à l'instant  $t$ , par la durée  $\Delta t$  de l'intervalle de temps, lorsque  $\Delta t$  tend vers 0.[2]

$$\text{Soit } \mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M(t + \Delta t) - M(t)}{\Delta t \times (1 - M(t))} \quad \text{II. (13)}$$

$\mu(t)$  correspond mathématiquement à une densité de probabilité conditionnelle. Si  $M(t)$  est dérivable :

$$\mu(t) = \frac{1}{1 - M(t)} [dM(t)/dt] \text{ ou encore } M(t) = 1 - e^{-\int_0^t \mu(u).du} \quad \text{II. (14)}$$

## II.6. Aide à la localisation

Dans le cadre d'une politique d'amélioration de la maintenabilité, le service maintenance a décidé de mettre en place des outils permettant de diminuer les temps d'arrêt pour maintenance corrective. Les équipements étant pour la plupart automatisée, un des outils retenus est une aide à la localisation de panne par la méthode du temps enveloppe.

Le principe est de déclencher une temporisation à chaque action demandée par la partie commande. [2]

Quand l'étape 21 est active, l'action 5C+ est commandée. Détection de la réalisation de l'action par 5S1 est effective en un temps inférieur à  $t_i$ , l'action s'est alors déroulée normalement.

Dans le cas contraire, il y a défaut soit :

- ❖ Sur la chaîne d'action : l'action ne s'est pas réalisée,
- ❖ Sur la chaîne d'acquisition.

### - Programmation de la temporisation

Les automates sont de marque SCHNEIDER. La programmation de la temporisation de surveillance se fera à l'aide des blocs fonction temporisateur de type %TMI, dont le principe de fonctionnement est décrit ci-contre et ci-dessous.

Phase	Description
1	Lors d'un front montant sur l'entrée IN, le temporisateur est lancé.
2	La valeur courante %TMI.V du temporisateur croît de 0 vers % TMI.P d'une unité à chaque impulsion de la base de temps TB.
3	Le bit de sortie % TMI.Q passe à 1 tant que l'entrée IN est à 1.
4	Le bit de sortie %TMI.Q reste à 1 tant que l'entrée IN est à 1
5	Quand l'entrée IN est à 0, le temporisateur est arrêté même s'il était en cours d'évolution : %TMI.V prend la valeur 0.

**Tableau II.4. Programmation de la temporisation de surveillance**

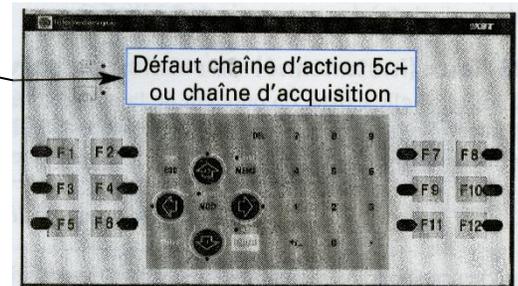
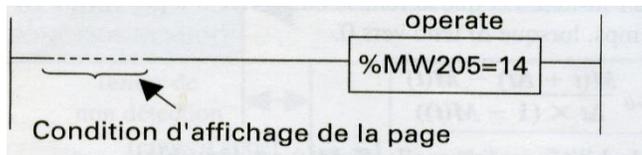
Test d'écoulement de la temporisation se fera à l'aide du bit de sortie %TMI.Q

- **Alerte du service maintenance**

Service maintenance sera alerté d'une panne d'un équipement par l'allumage d'un voyant sur une console de supervision. L'allumage de ce voyant correspond à la mise à 1 du bit de sortie % Q2.1.

- **Aide à la localisation**

Le technicien, une fois sur place pour dépanner l'équipement, un message d'aide à la localisation apparaîtra sur la console de dialogue.



Réaliser en langage ladder la programmation de l'allumage du voyant et l'apparition du message d'aide à la localisation.

**II.7. Disponibilité**

**II.7.1. Définition et quantification**

La disponibilité est l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée.

Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la supportabilité de maintenance. La supportabilité de maintenance est l'aptitude d'une organisation de maintenance à mettre en place les moyens de maintenance appropriés à l'endroit voulu en vue d'exécuter l'activité de maintenance demandée à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné.

- Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance de main-d'œuvre n'est pas considéré comme un temps d'indisponibilité. [2]

**II.7.2. Types de disponibilité**

- **Disponibilité intrinsèque**

Elle exprime le point de vue du constructeur. Ce dernier a conçu et fabriqué le bien en lui conférant un certain nombre de caractéristique intrinsèques, c'est-à-dire des caractéristiques qui prennent en compte des conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement supposées être idéales.

- **Disponibilité opérationnelle**

Il s'agit de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de maintenance. C'est la disponibilité du point de vue de l'utilisateur.

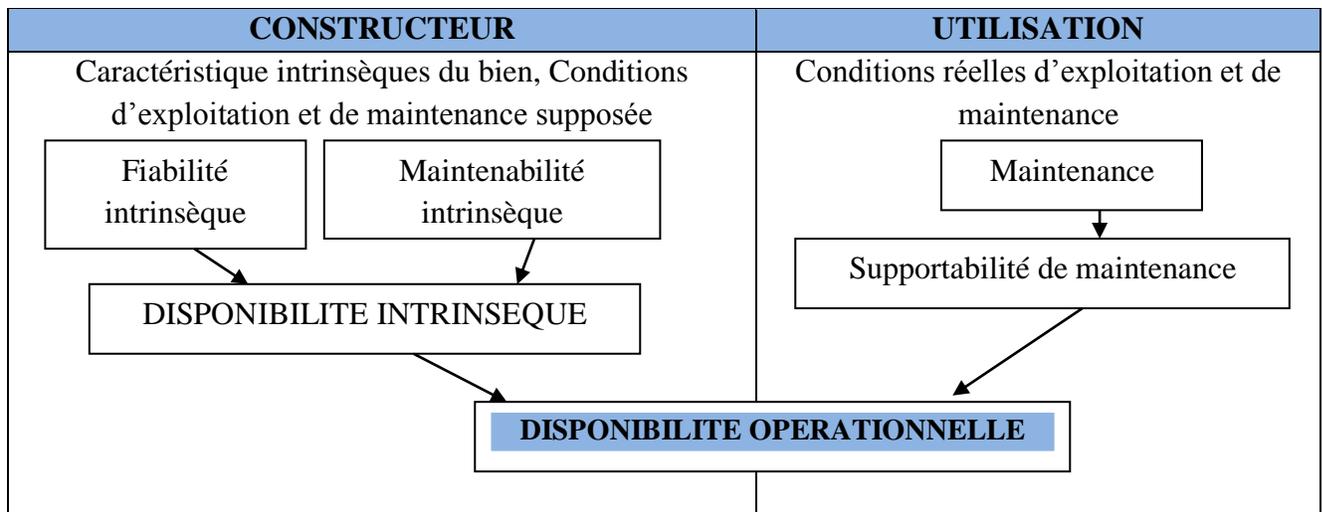


Figure II.8. Types disponibilité du point de vue de l'utilisateur

**II.7.3. Quantification de la disponibilité**

La disponibilité sur un intervalle de temps peut être évaluée par le rapport :

$$\frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \text{Temps de disponibilité}} \tag{II. (15)}$$

En l'exprimant par rapport à des temps moyens, la disponibilité D s'écrit :

$$D = \frac{\text{Temps moyen de disponibilité}}{\text{Temps moyen de disponibilité} + \text{Temps moyen de disponibilité}} = \frac{\text{TMD}}{\text{TMD} + \text{TMD}} \tag{II. (16)}$$

II.7.4. Définition et quantification (mesures de disponibilité)

- Décomposition temporelle

Toute mesure de disponibilité doit s'appuyer sur une décomposition précise des temps :

SITUATIONS CORRESPONDANTES		Nature des temps																	
		Temps total							Temps non requis										
		Temps requis						Temps d'incapacité											
		Temps effectif de disponibilité																	
Temps de disponibilité				Temps d'indisponibilité			Temps potentiel de disponibilité	Temps potentiel d'indisponibilité											
Fonctionnement		attente		Incapacité pour causes extérieures		Maintenance préventive			Contraintes d'exploitation	Panne									
Bien accomplissant une fonction requise		Bien non sollicité	Manque d'énergie	Manque de main d'œuvre	Manque ou saturation de pièces	Pièces amont non conformes	Entretien préventif niveaux 1 et 2	Inspection - Contrôle	Visite	Changement d'outil programme	Changement de fabrication	Contrôle produit fabriqué	Temps de réparation	Remise en condition	Non détection	Appel à la maintenance	Approvisionnement en outillages, pièces de rechange	Non besoin de production	Travaux lourds de maintenance
		①		③							④								

Tableau II.5. Disponibilité sur décomposition précise des temps

Une prise en compte plus ou moins restrictive de ces différents temps permet de définir des mesures de disponibilités comme par exemple :

- Disponibilité intrinsèque

$$\frac{\textcircled{1}}{\textcircled{1} + \textcircled{3}} = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{\text{Temps de fonctionnement} + \text{Temmps d'arrêt intrisèques au bien}} \quad \text{II. (17)}$$

- Disponibilité opérationnelle

$$\frac{\textcircled{1}}{\textcircled{1} + \textcircled{4}} = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps requis}} \quad \text{II. (18)}$$

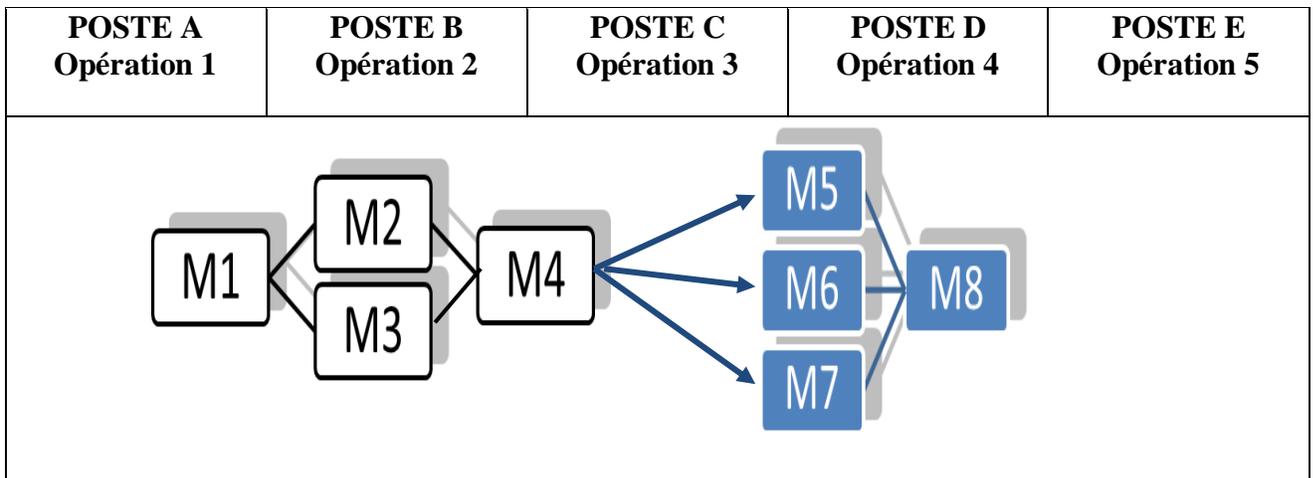
On encore à partir de ces différents temps, la disponibilité peut s'exprimer par :

$$\frac{\text{FMED (temps Moyen de fonctionnement Entre défaillances)}}{\text{FMED} + \text{TMRS (temps Moyen avant Remise en Service)}} \quad \text{II. (19)}$$

**II.7.5. Calcule de la disponibilité d'une ligne d'assemblage de haut-parleurs**

Une entreprise de fabrication de haut-parleurs destinés à équiper des automobiles possède une ligne d'assemblage qui pose problème. La structure de cette ligne est la suivante : l'assemblage des haut-parleurs est réalisé en 5 opérations. Chaque opération est exécutée par une ou plusieurs machines repérées M1 à M8 composant un poste repéré A à E.

- Structure de la ligne d'assemblage



Un poste constitue de plusieurs machines est tel que chaque machine a la même cadence de production. Par exemple, au poste 2, M2 et M3 assurent chacune 50% de la production ; L'arrêt de M1, M4 ou M8 provoque l'arrêt total de la ligne d'assemblage.[2]

Historique des temps d'arrêt TA en heures de chaque machine sur une période de 1 an correspondant à un temps d'ouverture ou temps requis TR de 3760 heures.

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
37	43	19	26	18	74	53	41

- **Recherche du poste le plus pénalisant :**

L'indicateur choisi pour recherche le poste le plus pénalisant est la disponibilité D.

- **Calcul de la disponibilité pour les postes A et C**

$$D_A = \frac{3760-37}{3760} = 99.02\% \quad D_C = \frac{3760-26}{3760} = 99.31\%$$

1. Calculer de la même manière la disponibilité pour le poste E

- **Calcul de la disponibilité pour le poste B**

Lorsqu'une des deux machines M2 ou M3 s'arrête, 50% de la production est assurée. Disponibilité du poste sera alors calculée de la manière de la manière suivante :

$$D_B = \frac{TR - \left(\frac{TA_2}{2} + \frac{TA_3}{2}\right)}{TR} = \frac{3760 - \left(\frac{43}{2} + \frac{19}{2}\right)}{3760} = 99.18\%$$

2. Calculer de la même manière la disponibilité pour le poste D et en déduire la poste le plus pénalisant.

- **Calcul de la disponibilité de la ligne d'assemblage**

D'une manière générale la disponibilité D d'une fabrication composée de n machines en série en notant D la disponibilité de la machine i est :

$$D = (D_1 + D_2 + \dots + D_n) - (n - 1)$$

En effet la disponibilité de la ligne d'assemblage peut se calculer de la manière suivante :

$$D = \frac{3760 - \left(37 + \frac{42}{2} + \frac{19}{2} + 26 + \frac{18}{3} + \frac{74}{3} + \frac{53}{3} + 41\right)}{3760}$$

$$= \frac{(3760 - 37) + \left((3760 - \left(\frac{42}{2} + \frac{19}{2}\right)) + (3760 - 26) + \left(3760 - \left(\frac{18}{3} + \frac{74}{3} + \frac{53}{3}\right)\right) + (3760 - 41) - 4 \times 3760\right)}{3760}$$

$$D = D_A + D_B + D_C + D_D + D_E - 4 = 95.13 \%$$

## Conclusion

Vu l'importance de la stratégie de la maintenance dont ces différents type, les entreprises industrielles prennent de plus en plus conscience de la nécessité de stratégie leurs savoirs et savoirs faire individuels et collectifs. Plus elles sont grandes et situées dans des secteurs de haute technologie, plus elles mettent en place de telles politiques.

L'exploitation efficace des connaissances acquises suite à des activités des maintenances nécessite de stratégie explicite. Pour mieux profiter des avantages apportés par les Trois Substrats nécessité pour la maintenance (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)

**Chapitre III**  
**STRATEGIE DE LA**  
**MAINTENANCE**  
**SONELGAZ**

### III.1. Historique

- **1947 : Création d'Electricité et Gaz d'Algérie (EGA)**

L'entreprise EGA créée en 1947 détenait le monopole de la production, du transport, de la distribution de l'énergie électrique à travers tout le territoire algérien.

- **1969 : Création de la Société Nationale de l'Electricité et du Gaz « SONELGAZ »**

Par ordonnance n° 69-59 du 26 juillet 1969, portant dissolution « d'Electricité et Gaz d'Algérie » et création de la société nationale de l'électricité et du gaz, la Société Nationale de l'électricité et du Gaz (SONELGAZ) est créée en substitution à EGA dissoute par ce même décret. Le monopole de la production, du transport, de la distribution, de l'importation de l'énergie électrique attribuée à SONELGAZ a été renforcé. De même, SONELGAZ s'est vue attribuer le monopole de la commercialisation du gaz naturel à l'intérieur du pays, et ce pour tous les types de clients (industries, centrales de production de l'énergie électriques). Pour ce faire, elle réalise et gère des canalisations de transport et un réseau de distribution.

- **1983 : Restructuration de SONELGAZ**

Toutes les unités SONELGAZ de travaux et de fabrication de matériels, créées pour pallier au manque de capacités nationales, ont été transformées en 1983 en entreprises autonomes. C'est ainsi que Kahrif, Khanagaz, Inerga, Etterkib, Kahrakibet AMC ont été créées et relèvent de Sociétés de Gestion de Participations de l'Etat (SGP).

- **1991 : Nouveau Statut De SONELGAZ**

SONELGAZ change de nature juridique par décret exécutif n° 91-475 du 14 Décembre 1991, portant transformation de la nature juridique de la société nationale d'électricité et du gaz en Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC).

- **1995 : SONELGAZ EPIC**

Le décret exécutif n° 95-280 du 17 Septembre 1995 portant statuts de l'établissement public à caractère industriel et commercial « SONELGAZ » confirme la nature de SONELGAZ en tant qu'Etablissement

Public à Caractère Industriel et Commercial. SONELGAZ est placé sous tutelle du Ministre chargé de l'énergie et des mines et doté de la personnalité morale tout en jouissant de l'autonomie financière. [15]

- **Juin 2002 : SONELGAZ devient SPA**

Le décret présidentiel n° 02-195 du 1<sup>er</sup> juin 2002 a transformé l'EPIC SONELGAZ en holding de sociétés par actions dénommé SONELGAZ. Spa qui exerce par le biais de ses filiales les activités de production, de transport et de distribution de l'électricité et de transport et de distribution du gaz.

### **III.2. Organisation de SONELGAZ en Groupe**

La loi n° 02-01 du 5 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisation consacre non seulement l'ouverture de la production de l'électricité à la concurrence mais aussi la séparation, sous forme de filiales érigées en SPA, des fonctions de production, de transports de l'électricité et du gaz ainsi que de la distribution.

Ce processus a donné lieu à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2004 à la création de trois nouvelles filiales que sont : [6]

- **Le GRTE (Gestionnaire Réseau Transport Electricité) :** assumant les fonctions de gestionnaire du réseau transport de l'électricité et celles de la coordination du système « Production - transport »,
- **Le GRTG (Gestionnaire Réseau Transport Gaz) :** assumant les fonctions de gestionnaire du réseau transport du gaz et celles du système gazier pour le marché national du gaz,
- **La SPE (SONELGAZ Production Electricité) :** pour la production de l'électricité.

**La société Algérienne de Distribution d'électricité et gaz SADEG :** L'une des branches distribue l'énergie électrique et de gaz aux clients, composé de quatre directions générales de la distribution au niveau national sont les suivants : [15]

**RDA :** la distribution de l'électricité et le gaz naturel, Alger

**RDE :** la distribution d'électricité et de gaz naturel, à l'Orient

**RDO :** la distribution d'électricité et de gaz naturel aux régions de l'Ouest

**RDC :** la distribution d'électricité et de gaz naturel du centre

Où nous trouver Direction de la distribution de Biskra appartenant à la Direction de la distribution du centre (Blida), en plus des directions de : Tamanrasset, Illizi, Ghardaïa, Ouargla urbaine, Ouargla rural, Laghouat, Djelfa, Bouira, Médéa, Tizi Ouzou, Blida

### **III.3. Structure de la Direction de Distribution Biskra**

- ✓ Directeur Distribution.
- ✓ En charge de la communication.
- ✓ En charge des questions juridiques.
- ✓ En charge de la sécurité et de prévention.
- ✓ En charge de la sécurité intérieure.

### **III.4. Division de la technique électricité**

La division techniques électricité de la direction de distribution a pour mission d'assurer la continuité et la qualité de service, l'exploitation et la maintenance des réseaux électricité conformément au Guide Technique et aux conditions requises de sécurité. A ce titre elle doit : [15]

- ✓ Assurer la qualité et la continuité de service.
- ✓ Assurer le diagnostic des réseaux et l'élaboration du programme d'entretien.
- ✓ Intervenir sur l'ensemble du réseau électricité.
- ✓ Prévoir l'acquisition des équipements spécifiques.
- ✓ Gérer et assurer la maintenance des équipements spécifiques
- ✓ Préserver les ouvrages (Sécurité).
- ✓ Veiller à l'application du Guide Technique Distribution électricité (GTDE).
- ✓ Veiller à la réalisation des études de Schéma directeur.
- ✓ Etablir les prévisions de matériels, équipements et outillages.
- ✓ Assurer la coordination en matière d'exploitation avec le GRTE et SPE.
- ✓ Assurer la gestion des transformateurs conformément à la procédure en vigueur.

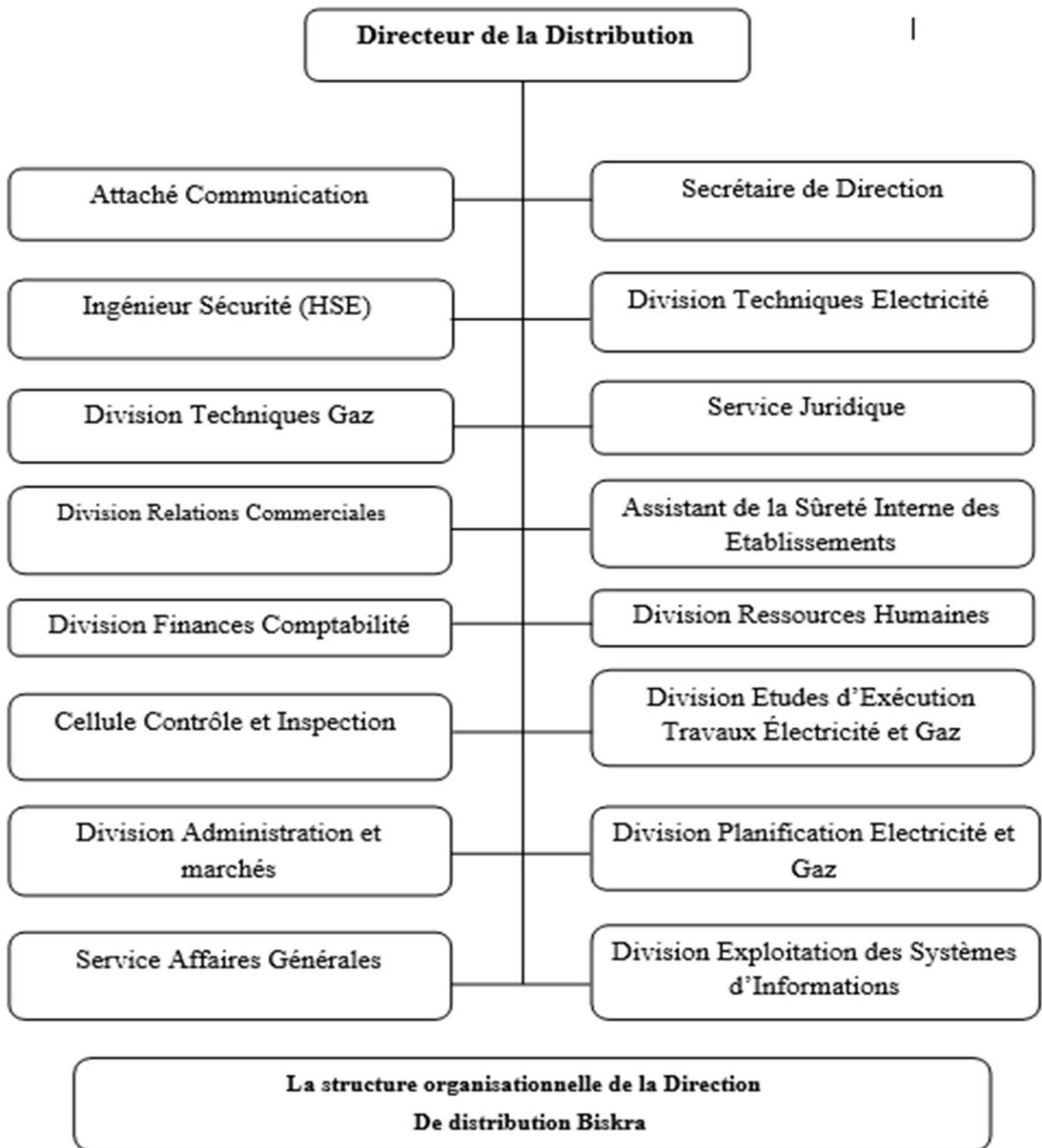


Figure III.1. Organigramme de L'entreprise.

### III.5. Service contrôle exploitation

#### III.5.1. Gestion des ouvrages

- ✓ Participer à la mise à jour du fichier des immobilisations des ouvrages.
- ✓ Assurer la mise à jour du produit GDO MT/BT.
- ✓ Assurer le lancement du projet SIG.
- ✓ Etablir les cartes schématiques HTA et BT des districts.
- ✓ Etablir les plans des différentes localités composant le district et comportant les réseaux HTA et BT (plans cadastre).
- ✓ Etablir les plans repères câbles pour les travaux suite aux incidents.
- ✓ Veiller à l'établissement par le district des fiches GDO/MT des ouvrages simples.
- ✓ Veiller à l'établissement par le service Maintenance des fiches GDO/MT des ouvrages complexes.
- ✓ Délimiter le patrimoine de la concession (des ouvrages).
- ✓ Gérer et conserver le fond documentaire conformément au guide de la cartographie.
- ✓ Suivre et analyser les statistiques des ouvrages.
- ✓ Assurer les Rapport des incidents.
- ✓ Suivre les dépenses engagées dans le cadre de l'entretien et de dépannage
- ✓ Assurer le report des réseaux HTA sur cartes d'états major
- ✓ Participer à l'actualisation des plans des protections.
- ✓ Participer à la réalisation des études de développement des réseaux HTA et BT.
- ✓ Participer à l'élaboration du budget de la Direction de Distribution.
- ✓ Veiller à la réalisation du programme propre.

#### III.5.2. Exploitation des réseaux

- ✓ Elaborer et veiller au respect des règles et consignes de l'exploitation des réseaux.
- ✓ Elaborer les programmes d'entretien des ouvrages avec les districts en fonction de leurs spécificités et s'assurer de leur application.
- ✓ Suivre et analyser l'évolution des mesures HTA/BT.
- ✓ Elaborer les plans de tension des réseaux HTA importants.
- ✓ Suivre et analyser les incidents.
- ✓ Suivre le comportement du matériel mis en exploitation.

- ✓ Proposer le plan de délestage.
- ✓ Assurer la coordination en matière d'exploitation entre les postes sources et la Direction des Techniques Electricité de la société.
- ✓ Elaborer les plans d'urgence.
- ✓ Gérer les coupures HTA/HTB
- ✓ Elaborer et suivre l'exécution du programme propre.
- ✓ Suivre les réclamations

**III.5.3. Gestion Des Transformateurs**

- ✓ Gérer les transformateurs conformément à la procédure en vigueur.
- ✓ Réceptionner et procéder à l'affectation des transformateurs neufs.
- ✓ Elaborer les prévisions des transformateurs de la Direction de Distribution.
- ✓ Participer à l'expertise avec la Société de réparation des transformateurs avariés.
- ✓ Etablir l'inventaire des transformateurs,
- ✓ Préparer le dossier de réforme des transformateurs.

**III.5.4. Service Maintenance Electricité (Mesures)**

- ✓ Effectuer les mesures sur les réseaux HTA et BT (tension, intensité, Cos  $\varphi$ , ...)
- ✓ Assurer pour les besoins des districts de la direction de distribution toute mesure particulière (oscillo-perturbographe, harmoniques, ...)
- ✓ Effectuer les inspections par thermographie infrarouge,
- ✓ Suivre la charge des transformateurs.

**• Maintenance et protection des équipements HTA**

- ✓ Vérifier et assurer la maintenance des protections.
- ✓ Etablir le programme d'entretien systématique des disjoncteurs HTA,
- ✓ Entretien et vérifier les disjoncteurs et relayages.
- ✓ Installer, suivre et assurer la maintenance des automates de réseaux, batteries de condensateurs
- ✓ Tenir à jour le fichier des protections.
- ✓ Participer avec la DTE à la validation des plans d'équipement des postes clients moyenne tension dont la puissance est supérieure à 630 KVA.

- ✓ Assurer la réception des étages HTA et des clients moyenne tension dont la puissance est supérieure à 630 KVA,
- ✓ Participer à la campagne de vérification de plan de sauvegarde,
- **Recherche de défauts de câbles**
  - ✓ Procéder à la localisation des défauts de câbles.
  - ✓ Effectuer les repérages et essais de câble.
  - ✓ Maintenir les équipements
  - ✓ Renseigner les fiches d'avaries
  - ✓ Câbliers
  - ✓ Réparer les câbles HTA et BT
  - ✓ S'assurer de la préparation des interventions sur les câbles
  - ✓ Confectionner les boîtes de jonctions et d'extrémités.

#### **III.5.5. Subdivision Travaux Sous Tension**

- ✓ Réaliser les travaux de raccordement des nouveaux clients.
- ✓ Procéder à l'entretien des ouvrages sous tension.
- ✓ Réparer les ouvrages.

#### **III.5.6. service Teleconduite (maintenance)**

- **Maintenance et gestion télécommunication**
  - ✓ Entretien l'ensemble des équipements de télécommunication.
  - ✓ Installer et veiller au développement des équipements de télécommunication
  - ✓ Gérer le fichier radio.
- **RTU**
  - ✓ Installer et veiller au développement des équipements RTU.
  - ✓ Assurer la gestion et la maintenance des équipements RTU.

**CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons présenté en premier lieu l'entreprise SONELGAZ dans ces différentes fonctions (transport, distribution, maintenance ...), ensuite nous avons présenté à la structure & organisation de groupe de la direction de distribution.

En second lieu, nous avons parlé aux éléments constituant le réseau électrique, leurs principaux défauts et leurs actions de maintenance.

**Chapitre IV**  
**APPLICATION DE**  
**LA MAINTENANCE**  
**AU SEIN DE**  
**SONELGAZ**

### **IV.1. Introduction**

Les investissements humains et matériels affectés aux réseaux électriques sont énormes. Pour cela, le réseau électrique doit répondre à trois exigences essentielles : stabilité, économie et surtout continuité du service.

La fonction principale du réseau électrique est d'assurer le mouvement de l'énergie produit dans les centrales vers les différents postes de livraison (postes sources HTB/HTA) et les consommateurs BT (400/230 V) à travers les lignes ou câbles de transports. Les équipements constituant ce réseau, les transformateurs, les disjoncteurs, et les sectionneurs doivent assurer cette fonction. Ce qui n'est pas toujours le cas, car ces équipements sont souvent exposés à des incidents ou défauts qui peuvent interrompre ce service et engendrer des pertes financières importantes pour les industriels et des désagréments pour les simples consommateurs.

Donc ces équipements doivent être soumis à des différentes interventions de maintenance (préventive ou curative) pour éliminer ces défauts et assurer la continuité du service.

Pour répondre à l'exigence de préservé les équipements du réseau électrique en bon état de fonctionnement pour assurer la continuité de service, notre travail consiste a exploité destiné pour la maintenance industrielle.

Pour le choix d'entreprise, SONELGAZ est un milieu favorable pour exploiter les données acquises lors des interventions de maintenance. [5]

### **IV.2. Définition d'un réseau électrique**

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans les postes électriques. [12]

### IV.3. Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ

Nouvelle norme en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux de tension alternative comme suit :

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale ( $U_n$ en Volts)	
		Tension Alternatif	Tension Continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTB	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA ou MT	$1000 < U_n \leq 50\ 000$	$1500 < U_n \leq 75\ 000$
	HTB	$U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

Tableau IV.1. Tableau des domaines de tension

### IV.4. Architecture et exploitation des réseaux

La structure d'un système électrique est généralement décomposée en plusieurs niveaux correspondant à différents réseaux électriques (figure III.1), ce dernier est structuré en trois niveaux assurant des fonctions spécifiques et caractérisés par des tensions adaptées à ces fonctions (basse tension BT, moyenne tension MT, haute tension HT, très haute tension THT) [7].

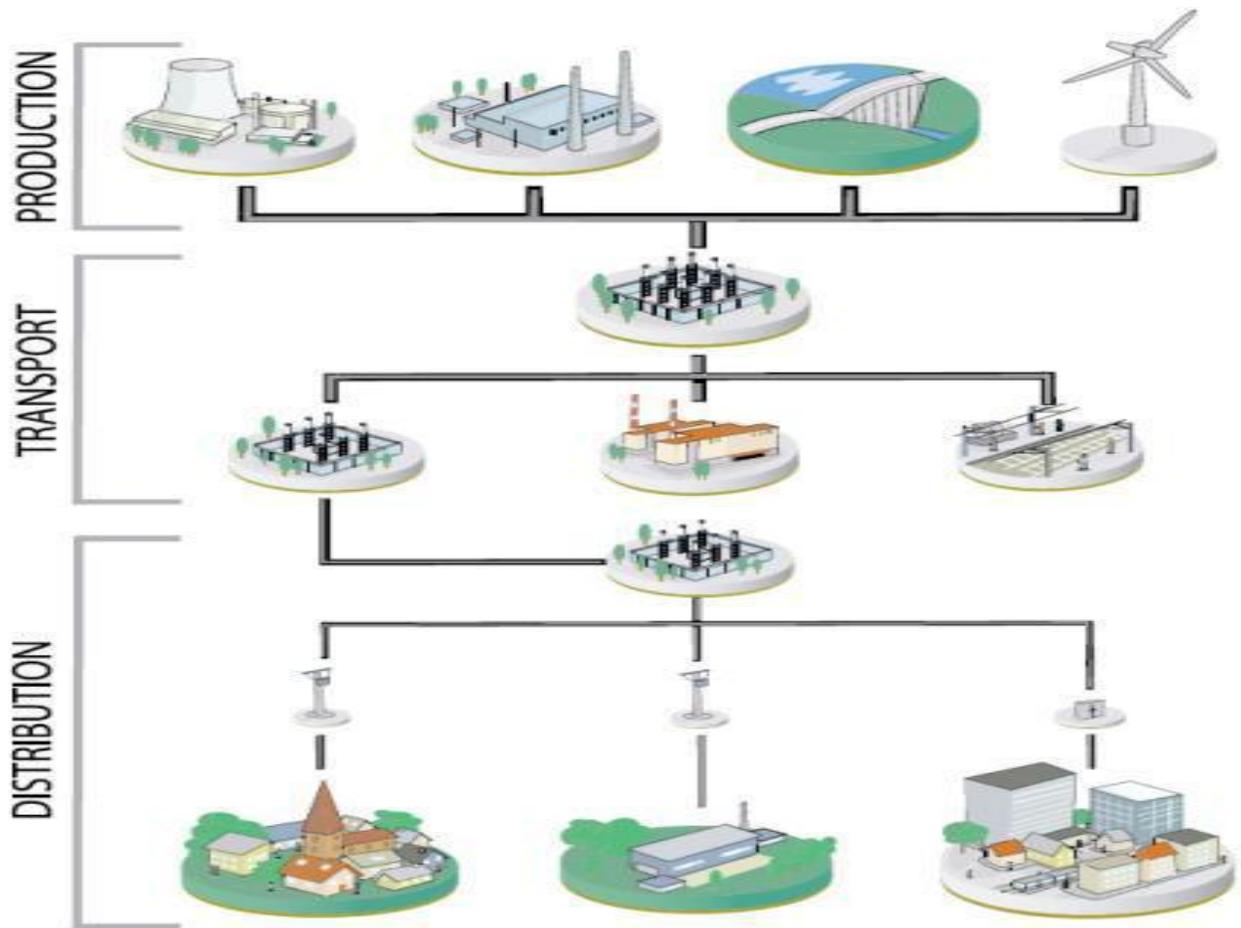


Figure IV.1. Hiérarchisation d'un réseau électrique

#### IV.4.1. Réseaux de transport et d'interconnexion

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission : [8] [9]

- ❖ De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport),
- ❖ De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion),
- ❖ La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV,
- ❖ Neutre directement mis à la terre,
- ❖ Réseau maillé.

#### IV.4.2. Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions.

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation. [11]

Dans les zones urbaines, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

- La tension est 90 kV ou 63 kV,
- Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre,
- Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV,
- Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV,

#### IV.4.3. Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique.

##### IV.4.3.1. Réseaux de distribution à moyenne tension

- ❖ HTA (30 et 10 kV le plus répandu),
- ❖ Neutre à la terre par une résistance,
- ❖ Limitation à 300 A pour les réseaux aériens,
- ❖ Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains,
- ❖ Réseaux souterrains en boucle ouverte.

#### IV.4.3.2 Réseaux de distribution à basse tension

- ❖ BTA (230 / 400 V),
- ❖ Neutre directement à la terre,
- ❖ Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

### IV.5. Définition d'un poste électrique

Selon la définition de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), un poste électrique est la partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et, éventuellement, des transformateurs. [6]

Un poste électrique est donc un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels).

Il existe plusieurs types de postes électriques : On distingue, suivant les fonctions qu'ils assurent, plusieurs types de postes :

#### IV.5.1. Les poste à fonction d'interconnexion

Qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc.) de même tension peuvent être aiguillés.

#### IV.5.2. Poste de transformation

Dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs.

#### IV.5.3. Postes mixtes

Les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation.

Les actions élémentaires inhérentes aux fonctions à remplir sont réalisées par l'appareillage à haute et très haute tension installé dans le poste et qui permet :

- D'établir ou d'interrompre le passage du courant, grâce aux disjoncteurs.
- D'assurer la continuité ou l'isolement d'un circuit grâce aux sectionneurs.

- De modifier la tension de l'énergie électrique, grâce aux transformateurs de puissance.

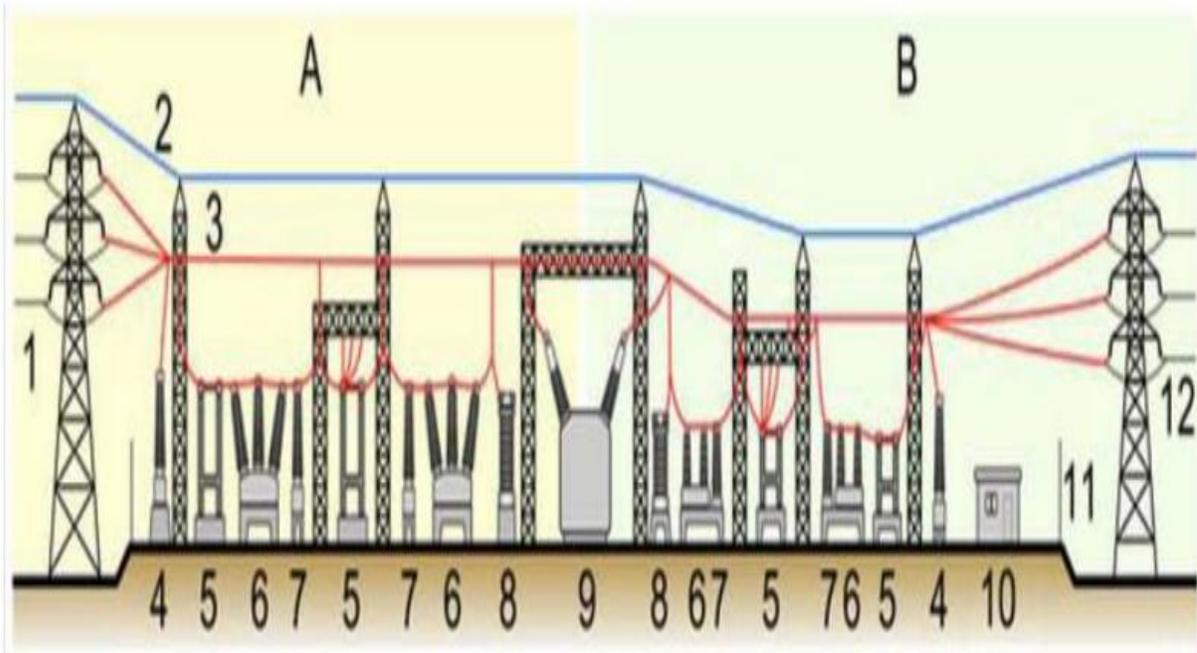
#### **IV.5.4. Différents éléments d'un poste électrique**

On distingue parfois les éléments d'un poste en "éléments primaires" (les équipements haute tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension), Parmi les équipements primaires, on peut citer :

- Transformateur électrique
- Transformateur de courant
- Disjoncteur à haute tension
- Sectionneur de mise à la terre
- Combiné de mesure (courant + tension)
- jeux de barres.
- Parafoudre
- Transformateur de tension
- Sectionneur
- Autotransformateur électrique

#### **Parmi les éléments secondaires on peut citer**

- Relais de protection
- Equipements de surveillance
- Equipements de contrôle
- Comptage d'énergie
- Equipements de télécommunication,



A : coté primaire B : coté secondaire 1. Ligne électrique 2.câble de garde 3.ligne électrique  
4. transformateur de tension 5.sectionneur 6.disjoncteur 7. Transformateur (de puissance)  
10. Bâtiment secondaire 11.collecteur 12.Ligne électrique secondaire

**Figure IV.2. Différents éléments dans un poste**

#### IV.6. Transformateurs

**Transformateur électrique :** Un transformateur est une machine électrique statique destiné à transformer une tension (courant) alternative en une autre tension (courant) alternative de même fréquence, et d'amplitude généralement différent afin d'adapter aux différents besoins d'utilisateurs. [13]

Comme aussi, nous l'appelons aussi convertisseur statique à induction qui comporte un ou plusieurs enroulements fixé inductivement couplés et destiné à la conversation , par l'intermédiaire de l'induction électromagnétique , des paramètres ( tension , intensité de courant , fréquence , nombre de phase ..) de l'énergie électrique a courant alternatif .

Seuls les transformateurs qui peuvent économiquement minimiser les pertes en ligne, en assurant le transport de l'énergie à longue distance sous tension élevée (200KV et 400KV et plus entre phase) puis abaisser ensuite cette tension, étape par étape, pour alimenter les réseaux de distribution régionaux et locaux jusqu'à la tension d'alimentation domestique.

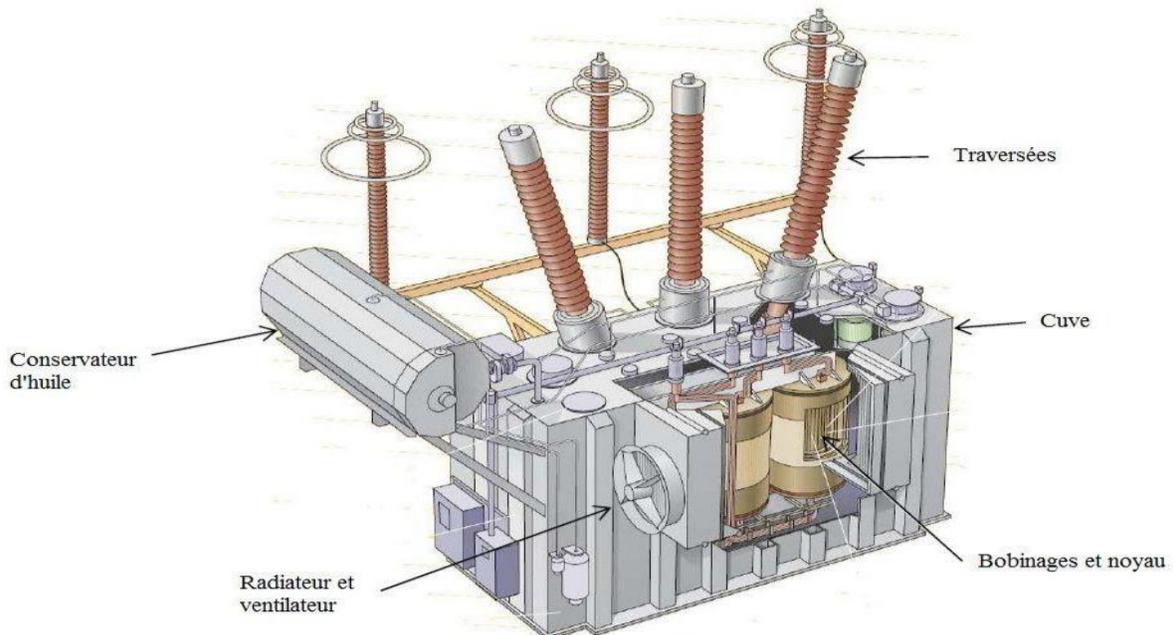


Figure IV.3. Transformateur à cuve a radiateur [13]

- Réducteur de mesure (Tc et Tt)

- Transformateurs de Courant TC

Le rôle du transformateur de courant c'est alimenter l'appareil de mesure ou de protection par petit courant ou son intensité convient avec le courant original passé dans le circuit, ont préféré toujours que l'intensité du courant secondaire soit environ 5 ampère dans les conditions naturelles par le choix d'un taux de transformation particulier nommé rapport de transformateur.

- Transformateurs de Tension TT

Ils permettent de mesurer une tension du domaine de la H.T avec une bonne précision et sans intervention sur l'installation haute tension.

Aussi il assure l'isolation et la sécurité de l'utilisateur et le matériel car la tension recueillie aux bornes du secondaire appartient au domaine B.T : 100 à 110V en général.

**Autotransformateur** : Un autotransformateur ne comprend qu'un seul enroulement dont un point intermédiaire est sorti. La totalité de l'enroulement peut jouer le rôle de primaire et la partie de l'enroulement jusqu'au point intermédiaire le rôle de secondaire.

Le courant circulant dans le secondaire (enroulement commun) est alors la différence entre les deux courants  $I_1$  et  $I_2$ . Cette conception se traduit par une dimension réduite et un meilleur couplage que pour un transformateur équivalent. La tension de court-circuit est donc plus faible et le courant de court-circuit plus élevé que pour un transformateur équivalent. [14]

#### IV.6.1. Défauts dans les transformateurs

Un défaut est toute perturbation qui engendre des modifications des paramètres électriques d'un ouvrage, il est caractérisé par un phénomène non conforme au fonctionnement normal du transformateur et pouvant dans certains cas conduire à un effondrement électrique de celui-ci et la mise en danger de son environnement.

La dégradation des caractéristiques des isolants, due à une humidité interne excessive par exemple, ou sont contraintes au-delà de leurs limites alors il peut se développer :

- Un amorçage des pièces sous tension :
  - Entre elles, comme entre enroulements ou entre spires
    - Avec la masse, comme l'amorçage d'une traversée ou d'un enroulement à la cuve ou au circuit magnétique.
    - des décharges partielles au sein d'un isolant, classiquement solide dans les transformateurs.
  - Ce sont des micros décharges locales qui tendent à se propager dans le temps.
    - Echauffements élevés des enroulements, dégradant les isolants solides en particulier.
    - Chute de tension au secondaire, perturbant la stabilité du réseau.

- Des points chauds sur des régleurs de prises si ceux-ci sont mécaniquement mal alignés.
- La diminution de distances diélectriques, dues au déplacement interne massif d'un circuit magnétique de plusieurs centimètres, suite à un choc mécanique comme lors de la chute d'un transformateur.
- Des dégradations d'isolants internes dues à des vibrations anormales, elles-mêmes dues à un manque de serrage interne à la construction, ou suite à des chocs importants.
- Les fuites de joints mécaniquement trop serrés et/ou chauffés lors de leur installation puis leur exploitation.

## IV.7. Principales opérations de maintenance sur les transformateurs

### IV.7.1. Principales opérations de maintenance préventive sont

- ❖ le prélèvement d'huile, son analyse et son suivi dans le temps ;
- ❖ le changement de joints (fuyards), ou de traversées ;
- ❖ l'adaptation d'une nouvelle réfrigération ;
- ❖ le resserrage de la partie active.

### IV.7.2. Principales opérations de maintenance corrective suite à une avarie sont

- ❖ le diagnostic après incident pour cibler l'état précis du transformateur ;
- ❖ le remplacement d'accessoires ;
- ❖ la réparation du matériel ;
- ❖ le traitement voire le remplacement d'huile selon les défauts engendrés ;

## IV.8. Disjoncteurs

Disjoncteur est un appareil de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales et anormales jusqu'à son pouvoir de coupure ultime :

- ❖ Déclencheur thermique : Protection contre les surcharges ;
- ❖ Déclencheur magnétique instantané ou à retard : Protection contre les courts- circuits ;
- ❖ Protection différentielle contre les défauts de mode commun (protection des personnes) ;
- ❖ Déclencheur électronique instantané ou à retard ;
- ❖ Protection contre les surcharges et les courts- circuits ;
- ❖ Protection différentielle contre les défauts de mode commun (protection des personnes).



Figure IV.4. Compartiment disjoncteur [16]

#### IV.8.1. Différents types des disjoncteurs

##### ✚ Disjoncteur en utilisant l'huile

La coupure dans l'huile s'est imposée en haute tension après avoir été développée en moyenne tension (ou haute tension). Sous l'action de l'arc électrique, l'huile est décomposée, plusieurs types de gaz sont produits (essentiellement de l'hydrogène et de l'acétylène) lors de cette décomposition. L'énergie de l'arc est utilisée pour décomposer et évaporer l'huile, ceci permet de refroidir le milieu entre les contacts et par suite d'interrompre le courant à son passage par zéro. [17].

##### ✚ Disjoncteur en utilisant L'air

Le gaz contenu dans les disjoncteurs à air comprimé est maintenu sous haute pression (20 à 35 bars) à l'aide d'un compresseur. Cette haute pression permet d'assurer la tenue diélectrique et de provoquer le soufflage de l'arc pour la coupure. Le soufflage intense exercé dans ces disjoncteurs a permis d'obtenir de très hautes performances (courant coupé jusqu'à 100 kA sous haute tension) et avec une durée d'élimination du défaut très courte permettant d'assurer une bonne stabilité des réseaux en cas de défaut. [17].

Le soufflage intense exercé dans ces disjoncteurs a permis d'obtenir de très hautes performances (courant coupé jusqu'à 100 kA sous haute tension) et avec une durée d'élimination du défaut très courte permettant d'assurer une bonne stabilité des réseaux en cas de défaut.

#### Disjoncteurs avec ampoules à vide

Dans un disjoncteur à vide, l'arc est alimenté par les particules issues des contacts. La haute tenue diélectrique obtenue dans un vide poussé permet de tenir la tension transitoire de rétablissement entre contacts après interruption du courant.

Le passage du courant dans des contacts de forme appropriée génère un champ magnétique qui entraîne la rotation de l'arc et évite que ce dernier reste attaché sur la même surface de contact.

Il est ainsi possible d'éviter la fusion des contacts d'arc et une production excessive de particules métalliques qui aurait limité la tenue de la tension après l'interruption du courant.

#### Disjoncteur gaz sf6

La mise au point de nouvelles générations de disjoncteur SF6 (hexafluorure de soufre) très performantes a entraîné dans les années 1970 la suprématie des appareils SF6 dans la gamme 7,2 kV à 245 kV. Sur le plan technique, plusieurs caractéristiques des disjoncteurs SF6 peuvent expliquer leur succès:[17]

- La simplicité de la chambre de coupure qui ne nécessite pas de chambre auxiliaire pour la Coupure.
- L'autonomie des appareils apportée par la technique auto-pneumatique (sans compresseur de gaz).
- La possibilité d'obtenir les performances les plus élevées, jusqu'à 63 kA.
- Le nombre de chambres de coupure est réduit (01 chambre en 245 kV, 02 chambre en 420 kV, 03 chambres pour la ligne de 550 kV et 04 en 800 kV).
- Une durée d'élimination de court-circuit court, de 2 à 2,5 cycles en réseau
- La durée de vie d'au moins de 25 ans.
- Faible niveau de bruit.
- Zéro maintenance (régénération du gaz SF6 après coupure).
- Eteint l'arc dix fois mieux que l'air.

**IV.8.2. Défauts dans les disjoncteurs**

Dans un environnement très humide l'équipement peut :

- Avoir une baisse du niveau de performance des composants électriques
- Diminution des propriétés diélectriques du plastique
- Le disjoncteur perd l'isolation
- Vieillesse du lubrifiant dans le mécanisme de commande
- Vieillesse prématuré des composants électroniques.

Les vibrations élevées engendrent des :

- Perte de continuité des contacts
- Desserrage des vis
- Rupture des pièces plastiques et des composants électriques

**IV.9. Principales actions de maintenance sur les disjoncteurs**

- Vérifier les conditions environnementales
- Vérifier les pressions de SF6 des manomètres
- Vérifier la fixation des raccords et des plages des connexions et de MALT et levée éventuelle des points chauds.
- Vérifier l'absence de fuites d'huile des condensateurs de répartition pour les disjoncteurs à bi-chambre (Remplacement si nécessaire)
- Vérification de la commande manuelle (Manivelle)
- Nettoyer, lubrifier et graisser le mécanisme de la commande.
- Vidanger et rincer l'intérieur des chambres de coupure et des colonnes isolantes
- Faire l'inspection interne des chambres de coupure, remplacer les pièces usées

### **IV.10. Sectionneurs**

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul, afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.

Ce sont des appareils qui n'ont aucun pouvoir de coupure, ils ne permettent d'ouvrir un circuit qu'en l'absence de tout courant. Ils sont utilisés pour isoler un ensemble de circuit, un appareil, une machine, une section de ligne aérienne ou de câble, afin de permettre au personnel d'exploitation d'y accéder sans danger.

#### **IV.10.1. Défauts dans les sectionnaires**

- Coupure, brulure ou dommage d'origine mécanique sur l'ensemble du câblage du sectionnaire
- La commande de fermeture et du déclenchement ne fonctionne pas
- Desserrage de la pièce de fixation
- Le module de commande de sectionnaire est salé

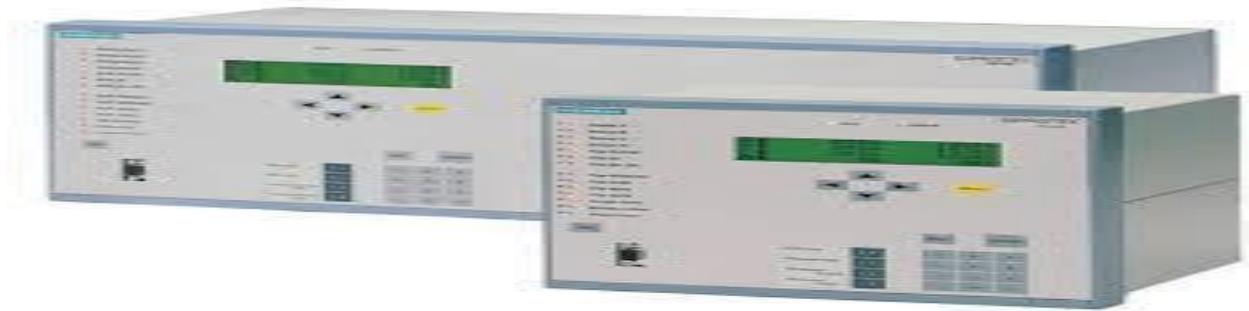
### **IV.11. Actions principales de maintenance appliquée aux sectionneurs**

- Vérifier la conformité de l'inventaire informatisé avec les informations inscrites sur les plaques signalétiques
- Contrôler l'état général : aspect visuel (propreté, corrosion, traces d'échauffement, .....)
- Vérification de l'état des lames, mâchoires, ressorts de pression des contacts glissant et à embrochage avec nettoyage
- Vérification de l'état de la commande
- Examen extérieur et intérieur des coffrets Chauffage, éclairage, aération
- Vérification visuelle des liaisons au réseau terre
- Graissage des articulations
- Essais de fonctionnement local
- Application de graisse conductrice sur les contacts"

## IV.12. Relais de protection

### IV.12.1. Définition

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température, ...etc.) et le transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande) lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance, Donc le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que le court-circuit, variation de tension. ...etc. Un relais de protection détecte l'existence de conditions anormales par la surveillance continue, détermine quels disjoncteurs ouvrir et alimente les circuits de déclenchement. [10]



**Figure IV.5. Relais de protection**

Les relais de protection électrique sont classés en 4 types

- Les relais électromécaniques.
- Les relais thermique.
- Les relais statique.
- Les relais numériques.

### IV.12.2. Défauts dans les relais de protection

Quand l'autocontrôle détecte un défaut interne du relais, le voyant de signalisation commence à clignoter, dans le même temps, le relais d'alarme de l'autocontrôle, qui normalement activé, et un code de défaut apparaît sur l'afficheur, ces défauts sont les suivants :

- Pas de réponse au teste du contacte sorite
- Mémoire de programmation défaillante (ROM)
- Mémoire de travail défaillant (RAM)
- Mémoire de paramétrage défaillante
- Tension de référence trop basse
- Tension de référence trop haute

### **IV.13. Actions de maintenance pour les relais de protection**

Si les relais opèrent dans les conditions indiquées sur le manuel de référence technique, le relais ne nécessite pratiquement aucune maintenance. L'équipement ne comporte aucune pièce ni composant assujetti à une usure physique.

Si les conditions ambiantes dans lesquelles le relais opère diffèrent de celles qui sont du requise, en ce qui concerne la température ou l'humidité, ou si l'atmosphère autour du relais contient des gaz ou des poussières chimiquement actives, il faut inspecter visuellement le relais, l'inspection visuelle doit relever les points suivants : [18]

- Signes de détérioration mécanique sur le relais, les contacts et le boîtier du relais
- Point de rouille ou signe de corrosion sur les bornes ou le boîtier

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la manière d'effectuer la maintenance industrielle des équipements électriques (Transformateurs ; Disjoncteurs ; Sectionneurs ; Relais de protection), À travers ce dernier, nous avons expliqué la méthode utilisée dans le processus de maintenance des appareils électriques pour le transport de l'électricité à l'entreprise jusqu'à ce que l'électricité parvienne au client.

### **Conclusion générale**

La maintenance industrielle a pour objectif d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, elle est considérée comme une fonction stratégique dans les entreprises. Ces activités se traduisent par des interventions sur des équipements pluri-technologiques. Ces interventions supposent des connaissances scientifiques et techniques relatives aux systèmes, produits, processus, matériels et logiciels.

Ces connaissances acquises au fil des années doivent être sauvegardées, formalisées et partagées entre les différents systèmes de l'organisation pour les réutiliser et aider les acteurs de maintenance à accomplir le processus de diagnostic dans les brefs délais.

Ce travail de master rentre dans le cadre de gestion de connaissance dans le domaine de maintenance industrielle, le but est de développer un prototype de gestion des connaissances aux profits des acteurs de maintenance.

Comme perspective nous proposons aux futurs masters de développer un programme qui permet aux utilisateurs de communiquer avec travers les interfaces proposées.

## Référence bibliographie

- [1] : (L.BENALI, 2832/2006) L.BENALI. (2832/2006). Maintenance Industrielle (5<sup>ème</sup> d'Ingénieurs en Génie Mécanique). Place centrale de Ben Aknoun (Alger): Office Des Publications Universitaires.
- [2] : (BOYE, 2008) BOYE, P. D. (2008). Guide De La Maintenance Industrielle . Paris: Delagrave.
- [3] : (S.BENSAADA, 1108-2002) S.BENSAADA. (1108-2002). La Maintenance Industrielle. Place Centrale Ben Aknoun Alger: L'office Des Publications Universitaires.
- [4] : (MOHAMED, 1998) MOHAMED, D. T. (1998). La Maintenance Industrielle place Centrale Benaknoun Alger: Office Des Publication Universitaires.
- [5] : <http://www.grte.dz/spip.php?article35>
- [6] : Groupe Sonelgaz, XD « Guide Technique de Distribution », Document technique de Groupe SONELGAZ, 1984.
- [7] : P. Carrive, » Structure et planification, Réseau de distribution « Techniques de l'ingénieur, traité Génie électrique, 1990.
- [8] : SIEMENS, « Power Engineering Guide - Transmission and Distribution » 4th Edition, 2005.
- [9] : J.M. DELBARRE, « Postes à HT et THT - Rôle et Structure », Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique, D 4570, 2004.
- [10] : D. Penkov, « localisation des défauts dans les réseaux HTA Présence de génération d'énergie dispersée », Grenoble, France, Mars 2012
- [11] : Guide Technique « Plan de protection des réseaux HTA », EDF B61-21, B61-22, B61-25 ultérieure, février 1994.

- [12] : BOURGEOIS.A <<étude d'un phénomène d'électrisation par écoulement sur les cartons des transformateurs de puissance >> institut national polytechnique de Grenoble, février 2007
- [13] : Document technique, <<Equipements et leurs caractéristiques Transformateurs Définition et paramètres Caractéristiques>> 2009
- [14] : Jérôme Cros, « Equipements de protection pour la basse tension », GEL 22230 Appareillage Electrique, page 2.
- [15] : [http://sabel.word\\_press.com](http://sabel.word_press.com) / Les dates marquantes de l'histoire de SONEGAS ; [www.google.com](http://www.google.com) / Les transformateurs MT/BT.
- [16] S.Y.LUNG, A.SNIDER &S.M.WONG, «SF6 Generator Circuit Breaker Modeling»,
- [17] International Conférence on Power Systèmes Transients (IPST'05) in Montréal, Canada on 19-23 juin 2005.
- [18] relais de protection, manuel d'utilisation, ABB substitutions automation, Product and système
- [19] : Transport et Distribution de l'Energie Electrique, Cours donné à l'Institut d'Electricité Montefiore Université de Liège J.L. LILIEN 2006.

## Résumé

La maintenance est l'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 matériels (méthodes correctives, préventives, a amélioratives à appliquer à chaque matériel). 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).

Enfin les objectifs assignés aux activités de maintenance peuvent inclure des indicateurs clés de performance telle que la fiabilité, la disponibilité, le délai moyen de réparation, le nombre de défaillances, et les coûts d'entretien. Par conséquent, certains objectifs illustratifs sont les suivants : améliorer la disponibilité, préserver la santé, la sécurité et la préservation de l'environnement et réduire les coûts de maintenance.

## ملخص

لصيانة هي مجموعة القرارات التي تؤدي إلى تحديد مجموعة أنشطة إنتاج الصيانة ، أي لاتخاذ قرار بشأن سياسات صيانة المعدات (طرق تصحيحية ، وقائية ، وتحسينية يتم تطبيقها لكل مادة). والعمل بشكل مشترك على تنظيم نظام السلوك والموارد الإنتاجية بشكل هيكلي لتحقيق ذلك في إطار المهمة الموكلة (الأهداف الفنية والاقتصادية والبشرية)

أخيراً ، يمكن أن تشمل الأهداف المخصصة لأنشطة الصيانة مؤشرات الأداء الرئيسية مثل الموثوقية والتوافر ومتوسط وقت الإصلاح وعدد حالات الفشل وتكاليف الصيانة. لذلك فإن بعض الأهداف التوضيحية هي: تحسين التوافر، والحفاظ على الصحة والسلامة والحفاظ على البيئة، وتقليل تكاليف الصيانة.

## Abstract

Maintenance is the set of decisions that lead to define the portfolio of maintenance production activities, that is to say, to decide on equipment maintenance policies (corrective, preventive, improvement methods to be applied to each material). And, jointly, to structurally organize the system of conduct and the productive resources to achieve this within the framework of the assigned mission (technical, economic and human objectives).

Finally, the objectives assigned to maintenance activities can include key performance indicators such as reliability, availability, average repair time, number of failures, and maintenance costs. Therefore, some illustrative objectives are: to improve availability, to preserve health, safety and environmental preservation, and to reduce maintenance costs.