

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique

Cours

Méthodes et Organisation de la Maintenance

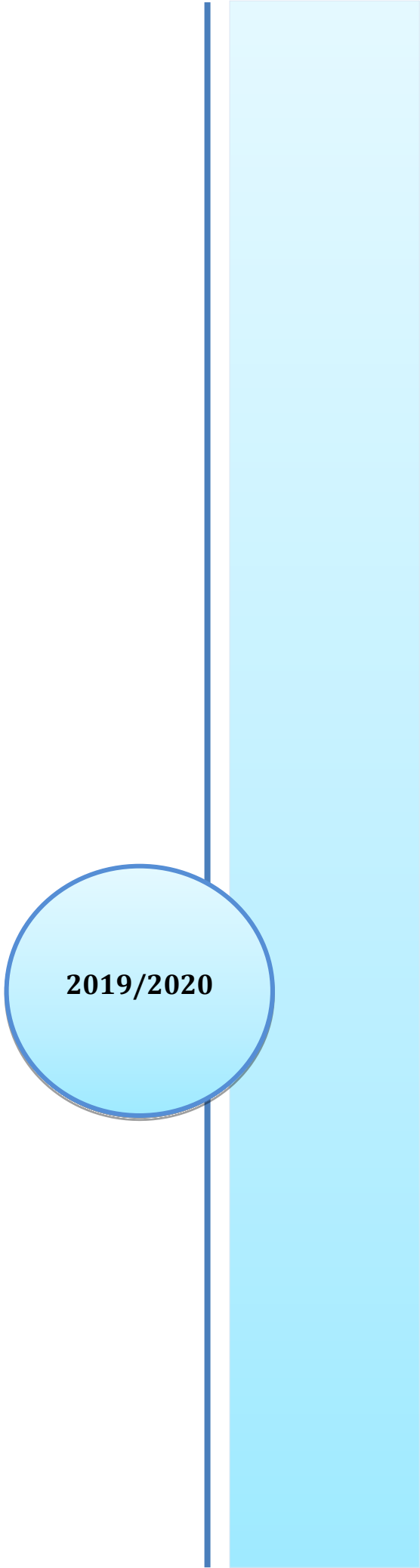
2019/2020

Réalisé par :

Dr. SAAD Mohamed

AVANT - PROPOS

SOMMAIRE



2019/2020

Avant-propos

Conforme aux programmes du LMD, ce polycopié s'adresse aux étudiants de la troisième année de l'université dans le domaine des Sciences de la Technologie, filière Electromécanique de spécialité maintenance industrielle. Il est conçu selon le programme pédagogique officiel du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, de façon à maîtriser un certain nombre de méthodes et d'outils de communication technique. Parmi ceux-ci, l'approche globale et les types de la maintenance du système productif, Organisation et structures de la maintenance, Techniques utilisées en maintenance, Relations et interfaces avec les autres fonctions de l'entreprise industrielle etc.... La maintenance n'est pas toujours le fait d'être à mesure de remettre en marche un équipement défaillant mais c'est maîtriser ces équipements au point de dresser leur planning de maintenance. Cette fonction doit être un moyen d'optimisation des arrêts et de réduction des pertes de production. Elle doit être basée sur des choix appuyés sur la rationalité et non l'intuition. Le but de ce polycopié est de mettre entre les mains de l'étudiant un moyen qui lui permettra de renforcer ses connaissances dans la matière Maintenance Industrielle

Ce cours se subdivisera en cinq chapitres dont la répartition présentée comme suit :

- Chapitre I Fonction maintenance
- Chapitre II Organisation de la maintenance
- Chapitre III Types de maintenance
- Chapitre IV Techniques utilisées en maintenance
- Chapitre V Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur

Les objectifs généraux de ce présent travail sont:

- Comprendre, analyser et essayer d'optimiser les coûts et les temps de maintenance afin de préciser le type de celle-ci le moins onéreux d'améliorer la durée de vie des équipements.
- Comprendre et exploiter les méthodes d'ordonnancement afin de gérer les interventions d'une manière plus judicieuse.
- Connaitre la GMAO afin de simplifier et faciliter la prise de décision et aussi d'assister les services maintenance.

Dr. SAAD Mohamed
Département de Génie Mécanique
Faculté des Sciences Appliquées

Table des Matières

AVANT-PROPOS	1
CHAPITRE I : FONCTION MAINTENANCE	8
1.1. HISTORIQUE.....	8
1.2. LA FONCTION MAINTENANCE.....	8
1.2.1. Définition	8
1.2.2.. Objectifs.....	8
1.2.3. Mise en situation de la fonction maintenance dans une entreprise.....	9
1.2.4. Rôles de la fonction maintenance dans l'entreprise	9
1.2.5. Politique de la fonction maintenance.....	10
1.3. LE SERVICE MAINTENANCE.....	11
1.3.1. Niveaux d'action du service maintenance.....	11
1.3.2. Responsabilités du service maintenance.....	11
1.3.3. Fonctions d'un service maintenance.....	12
1.4. DOMAINES D' ACTIONS DU SERVICE MAINTENANCE.....	13
CHAPITRE II : ORGANISATION DE LA MAINTENANCE	15
2.1. IMPLANTATION	15
2.1.1. Interfaces avec les autres services	15
2.1.2. Situation hiérarchique	15
2.2. DIFFÉRENTES ORGANISATIONS	16
2.2.1 Approche systémique ou approche corporative	16
2.2.2 Modes de la gestion de la fonction maintenance.....	17
2.3 ORGANISATION INTERNE DU SERVICE MAINTENANCE.....	22
2.3.1 Nécessité d'une fonction préparation et méthodes.....	22
2.3.2 Organisation du service maintenance pour une PME.....	22
2.3.3 Taches de la structure préparation et méthodes.....	22
2.3.4. Objectifs de la structure préparations et méthodes.....	23

TABLE DES MATIERES

2.3.5. Répartition des tâches par technologie.....	23
2.3.6. Répartition des tâches par fonction.....	23
2.3. MOYENS MIS EN ŒUVRE.....	25
2.3.1. Moyens humains	25
2.3.2. Moyens matériels.....	25
CHAPITRE III: TYPES DE MAINTENANCE	28
3.1. LES OPTIONS DE LA MAINTENANCE.....	28
3.1.1. La maintenance corrective.....	28
3.1.2. La maintenance préventive.....	28
3.1.3. La maintenance systematique.....	28
3.1.4. Termes et définitions relatifs à la maintenance.....	29
3.2. LES CINQ NIVEAUX DE MAINTENANCE.....	32
3.3. LES TROIS SCENARIOS DE LA MAINTENANCE.....	33
3.4. LES DIVERSES OPTIONS DE LA MAINTENANCE.....	34
3.5. DEROULEMENT DES OPERATIONS DE MAINTENANCE.....	35
3.6. DECISION D'APPLICATION D'UN TYPE DE MAINTENANCE.....	35
3.7. DEROULEMENT D'UNE ACTION DE MAINTENANCE CORRECTIVE.....	37
3.8. DEROULEMENT D'UNE ACTION DE MAINTENANCE PREVENTIVE	39
3.9. RELATION ENTRE ANOMALIE-PARAMETRES-MOYENS.....	40
3.10. AUTRES ASPETS DE LA MAINTENANCE	41
3.10.1. La fiabilité.....	41
3.10.2. La maintenabilité.....	47
3.10.3. La disponibilité.....	49
CHAPITRE IV: TECHNIQUES UTILISEES EN MAINTENANCE.....	51
4.1 Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	51
4.1.1. But de la méthode ABC.....	51
4.1.2. Application.....	52
4.1.3. Correction.....	53

TABLE DES MATIERES

4.2. DIAGRAMME DE CAUSES A EFFET.....	54
4.2.1. Definition.....	54
4.2.2. Representation.....	54
4.2.3. Construction du diagramme.....	54
4.3 ARBRE DE DEFAILLANCES :.....	56
4.3.1 Symbolisme :.....	56
4.3.2. Construction de l'arbre de défaillances :	57
4.4. ANALYSE DE MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE (AMDEC).....	57
4.4.1. Description de l'AMDEC	57
4.4.2. Objectifs de l'AMDEC	58
4.4.3. Application de l'AMDEC.....	58
4.4.4. Exemples d'objectifs des applications de l'AMDEC :	59
4.4.5. Principe de l'AMDEC.....	60
4.4.6. Définition de la structure fonctionnelle du système	60
4.4.7.Mise en œuvre.....	61
4.4.8. Les modes de défaillance.....	61
4.4.9. Les causes de défaillance.....	62
4.4.10. Criticité des conséquences	63
CHAPITRE V : GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur).....	67
5.1. DEFINITION	67
5.1.1 Caractéristiques générales :.....	67
5.2. INTERET DE LA MAO	67
5.3. ELABORATION D'UN PLAN MAO	68
5.3.1. Création de systèmes d'élaboration de la politique de maintenance	68
5.3.2. Fiches de maintenance	68
5.3.3 Création de modules liés à l'exécution des travaux.....	68

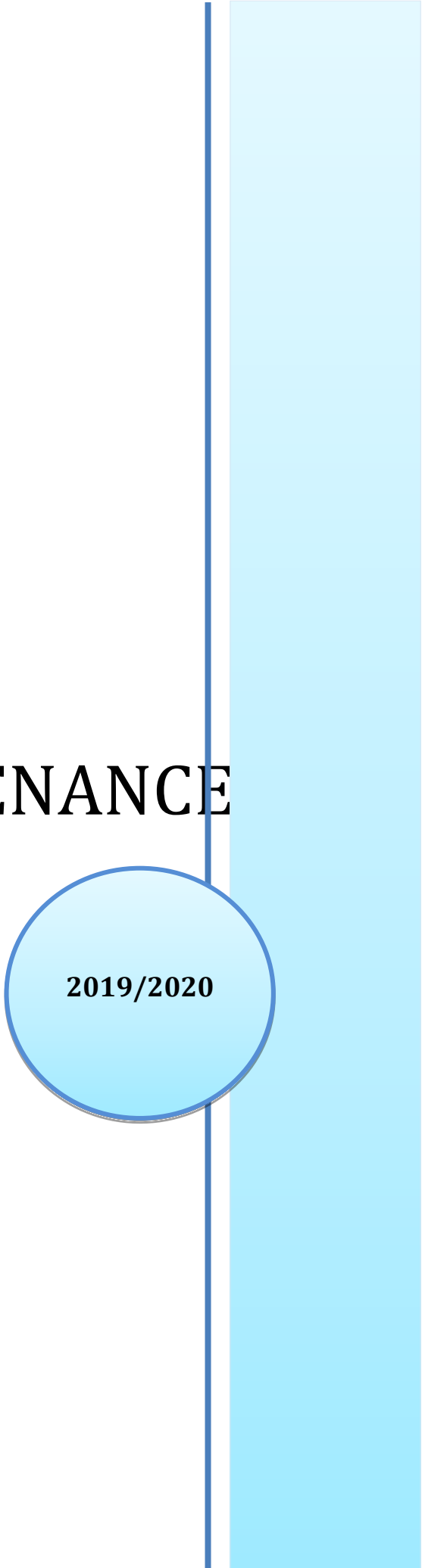
TABLE DES MATIERES

5. 4. INVENTAIRE DES LOGICIELS DE MAO	69
5.5. SYSTEME EXPERT	69
5.1. Généralités	69
5.2. Système expert et maintenance.....	69
5.6. PRESENTATION DES MODULES FONCTIONNELLES.....	70
5.6.1. Module « gestion des équipements »	70
5.6.2. Module « gestion du suivi opérationnel des équipements».....	71
5.6.3. Module « gestion des interventions »	71
5.6.4. Module « gestion du préventif »	73
5.6.5. Module « gestion des stocks ».....	73
5.6.6. Module « gestion des approvisionnements et des achats ».....	74
5.6.7. Module « analyse de défaillance »	74
5.6.8. Module « budget et le suivi des dépenses »	75
5.6.9. Module « gestion des ressources humaines ».....	75
PROPOSITION EXAMENS.....	78
Références bibliographiques.....	83

CHAPITRE I

FONCTION MAINTENANCE

2019/2020



CHAPITRE I

FONCTION MAINTENANCE

1.1. HISTORIQUE

- **Avant 1900:** On parlait de réparation
- **De 1900 – 1970:** Vu le développement des chemins de fer, de l'automobile, de l'aviation et l'armement pendant la première et la seconde guerre mondiale, on a remplacé le terme de réparation par la notion d'entretien.
- **1970 – aujourd'hui :** Les développements de secteurs à risques et d'outils modernes, on a remplacé le terme d'entretien par la notion de maintenance. Les principales raisons à retenir pour le passage de la notion d'entretien à la notion de maintenance sont:
 - Evolution technologique
 - Coût
 - Automatisation
 - Amortissement
 - Contraintes réglementaires

1.2. LA FONCTION MAINTENANCE

1.2.1. Définition

La définition selon AFNOR (Association Française de NORmalisation) de la maintenance industrielle est la suivante : "Ensemble des actions permettant de **maintenir** ou de **rétablir** un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé" (**NF X60-010**). Tel que :

- L'action de **MAINTENIR** induit la notion de **prévention** sur un système en fonctionnement.
- L'action de **RETABLIR** induit la notion de **correction** consécutive à une perte de fonction

1.2.2.. Objectifs Au niveau d'une entreprise industrielle, la fonction maintenance doit être capable de :

- **Assurer la rentabilité des équipements** en tenant compte de la politique définie par l'entreprise.
- Procéder à des **études préalables** afin de permettre la **réduction des coûts et des interventions**.
- Préparer **le travail**,

Chapitre I : Fonction maintenance

- Etudier les conditions de fonctionnement, **les défaillances possibles** et les **conditions d'intervention**.

1.2.3. Mise en situation de la fonction maintenance dans une entreprise

Dans une entreprise industrielle, la fonction maintenance est généralement une sous-fonction de la fonction sécurité industrielle. Elle possède des interfaces de liaison avec toutes les autres fonctions qui composent l'entreprise (figure 1-1).

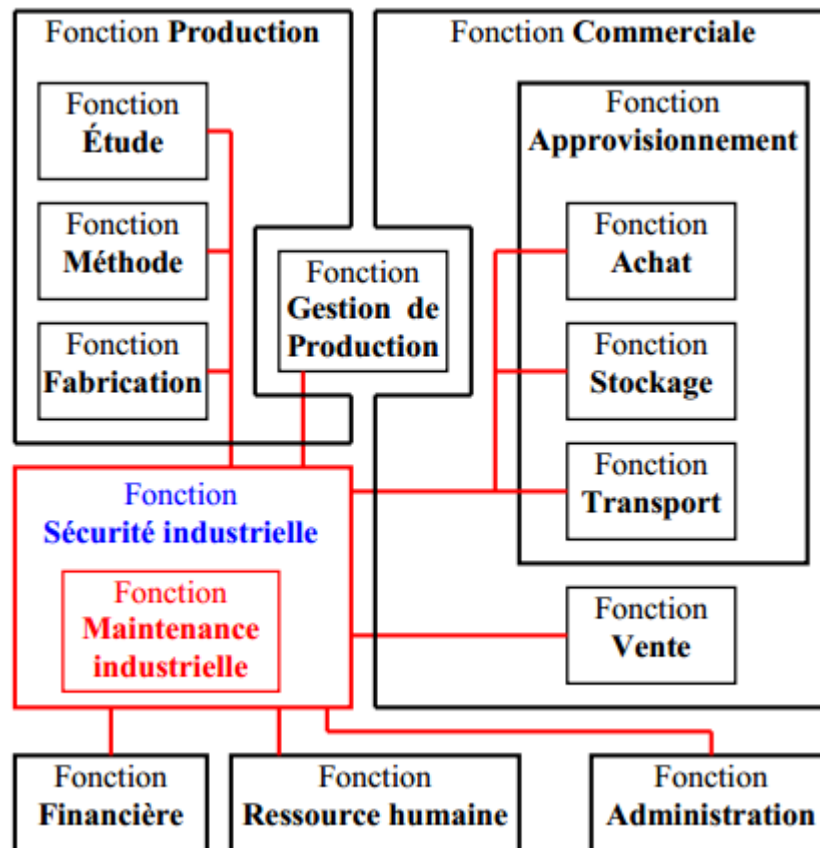


Fig 1-1: Mise en situation du service maintenance dans l'entreprise industrielle

1.2.4. Rôles de la fonction maintenance dans l'entreprise

Dans une entreprise industrielle, la fonction maintenance jouera trois rôles :

1. Rôle N°1: Maintenance de l'outil de production.

Dans ce cas, le problème est d'assurer la disponibilité la plus élevée possibles des installations. Cela ne couvre pas seulement les outils, les machines-outils, équipement de soudure, mais aussi les engins de levage et de manutention. En plus, il ne faut pas

Dr SAAD Mohamed

Chapitre I : Fonction maintenance

négliger l'entretien des équipements de mesure ou de contrôle. Cet entretien peut impliquer des opérations d'étalonnage, de calibration, d'entretien ou de réparation. Donc la maintenance de l'outil de production consiste principalement à

- dépanner les machines utilisées pour la production
- réparer, réviser, rénover et les maintenir en état

2. Rôle N°2: Maintenance des infrastructures.

Par infrastructure, on entend tout ce qui est bâtiment, ventilation, chauffage, climatisation, éclairage, équipement de sécurité et de protection de l'environnement tel que les extracteurs d'airs, ventilateurs. Une production peut en effet être stoppée parce qu'il y a un problème au niveau du système d'épuration des eaux rejetées, ou si un ascenseur est en panne, ou s'il n'y a pas de chauffage le samedi matin en hiver. La maintenance des infrastructures elle consiste principalement à:

- Réparer et maintenir en état les bâtiments, les engins de transport, les espaces verts...
- Contrôler et surveiller les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, la pollution, la gestion de l'énergie...

3. Rôle N°3: Maintenance sous-traitée. Il s'agit dans ce cas de :

- Négocier les contrats d'assistance technique
- Veiller au respect de ces contrats

1.2.5. Politique de la fonction maintenance

Dans la stratégie d'une maintenance industrielle on cherche à ne plus subir de pannes tout en visant à rentabiliser toute action d'entretien. A cet effet, on aura à calculer la probabilité d'apparition des pannes et leurs conséquences. De ce fait, avec une politique de maintenance et une bonne stratégie on ne subit plus les pannes car elles seront prévues et par conséquent, le contrôle budgétaire reste un contrôle normal. D'où La fonction maintenance sera amenée à considérer alors les :

a. Prévisions à long terme Elles sont liées à la politique des entreprises et permettant l'ordonnancement des charges, des stocks, des investissements en matériel.

b. Prévision à moyen terme La volonté de maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise conduit à veiller à l'immobilisation des matériels à des moments qui

Dr SAAD Mohamed

Chapitre I : Fonction maintenance

perturbent le moins possible, le programme de fabrication. Dès lors, il faut fournir nécessairement et suffisamment tôt le calendrier des interventions de maintenance. Celles-ci ayant une influence sur l'ordonnancement des fabrications.

c. Prévision à court terme Dans ce cas, le service maintenance s'efforcera à réduire les durées d'immobilisation du matériel et des coûts de ces interventions. Sachant que les réductions de coût et d'immobilisation ne sont possibles que si le matériel et les interventions ont fait l'objet d'une étude préalable, il est donc nécessaire de préparer le travail et étudier les conditions de fonctionnement, les défaillances possibles et les conditions d'exécution des interventions. Le service technique lié à cette fonction doit fournir toutes informations qualitatives et quantitatives susceptibles d'influencer les politiques particulières de l'entreprise.

1.3. LE SERVICE MAINTENANCE

1.3.1. Niveaux d'action du service maintenance En matière de politique de maintenance il faut distinguer deux niveaux :

- le niveau global de l'entreprise, où l'on définit une politique de maintenance générique.
- le niveau local d'une machine ou d'un équipement, pour lequel on définit le type de maintenance en fonction de critères économiques, stratégiques, etc. La politique de maintenance générale doit définir le cadre des activités de maintenance, afin que les différents acteurs ainsi que les services connexes disposent de bases et références pour comprendre et organiser. La définition de la politique de maintenance doit comporter :

1. La définition du budget maintenance
2. Le choix du type de maintenance et les actions de réduction des coûts
3. La politique en matière d'investissements
4. La stratégie en matière de gros entretiens
5. La stratégie en matière de sous-traitance
6. La politique concernant l'entretien courant
7. La politique d'amélioration continue propre au service et/ou la contribution à ces programmes dans l'entreprise
8. La politique de gestion des compétences

Chapitre I : Fonction maintenance

1.3.2. Responsabilités du service maintenance

1.3.2.1. Responsabilités du service maintenance

Les responsabilités que doit assurer et assumer, le service maintenance sont:

1. Gérer l'entretien du matériel (Budget d'entretien du matériel);
2. Effectuer les différentes natures de travaux (travaux neufs, modification travaux de sécurité, etc);
3. Assurer la gestion des moyens d'entretien : personnel ; atelier et bureaux ; machines et outillage (fournitures et pièces de rechange).

1.3.2.2. Limites de responsabilité

- Le service de maintenance n'est pas obligatoirement responsable des outillages de fabrication et leur entretien. La responsabilité de la gestion sera du ressort du service de fabrication ou des méthodes de fabrication. Dans ce domaine, l'entretien interviendra souvent en qualité de fournisseur.
- Le service de maintenance n'est responsable ni de la modification destinée à améliorer la qualité du produit, ni de l'augmentation la productivité, ni de l'automatisation des postes, etc.

1.3.3. Fonctions d'un service maintenance

1.3.3.1. Fonction étude et méthode Elle consiste à mettre en place des études techniques pour :

1. Rechercher des **améliorations**.
2. Participer à la conception de **travaux neufs**.
3. Participer à l'analyse des **accidents de travail**.
4. Etablir des **fiches d'instructions** pour les interventions.
5. Etablir les **plannings d'intervention**.
6. Gérer les **approvisionnements**.
7. Analyser les **coûts de maintenance**.
8. Définir des **stratégies de maintenance**.

Chapitre I : Fonction maintenance

1.3.3.2. Fonction exécution et mise en œuvre Son aspect pluritechnique nécessite une bonne connaissance des matériels ainsi qu'une bonne maîtrise des diverses technologies.

1.4. DOMAINES D' ACTIONS DU SERVICE MAINTENANCE

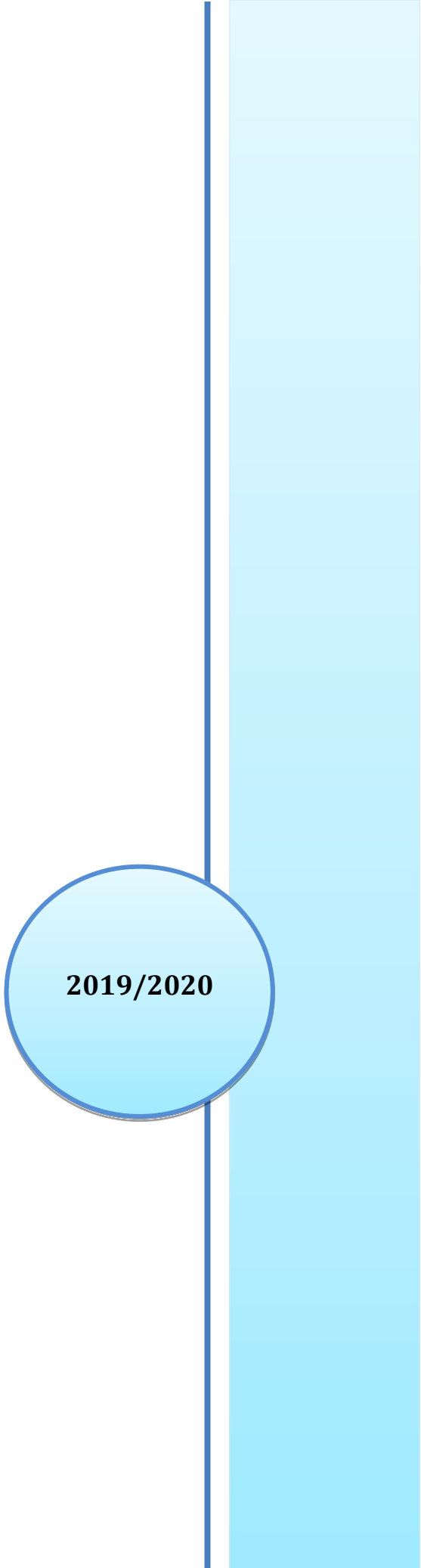
Les différentes tâches dont un service de maintenance peut avoir la responsabilité, sont :

1. La maintenance des équipements ;
2. L'amélioration du matériel dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité ;
3. Les travaux neufs, tel que :
 - la participation au choix des équipements nouveaux ;
 - l'installation et mise en route des équipements nouveaux.
4. Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement, la pollution, les conditions de travail et la gestion de l'énergie ;
5. Les travaux de reconversion de locaux, d'aménagement et de démolition ;
6. Exécution de la réparation des pièces de rechange ;
7. Les diverses prestations pour la production (ex : réalisation de montage);
8. L'entretien des bâtiments industriels, administratifs, les locaux sociaux, le parc auto, les espaces verts, etc...

CHAPITRE II

ORGANISATION DE LA MAINTENANCE

2019/2020



CHAPITRE II

ORGANISATION DE LA MAINTENANCE

2.1. IMPLANTATION

2.1.1. Interfaces avec les autres services

Une maintenance de qualité passe obligatoirement par une bonne gestion. A cet effet, le service de maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise (figure 2-1).

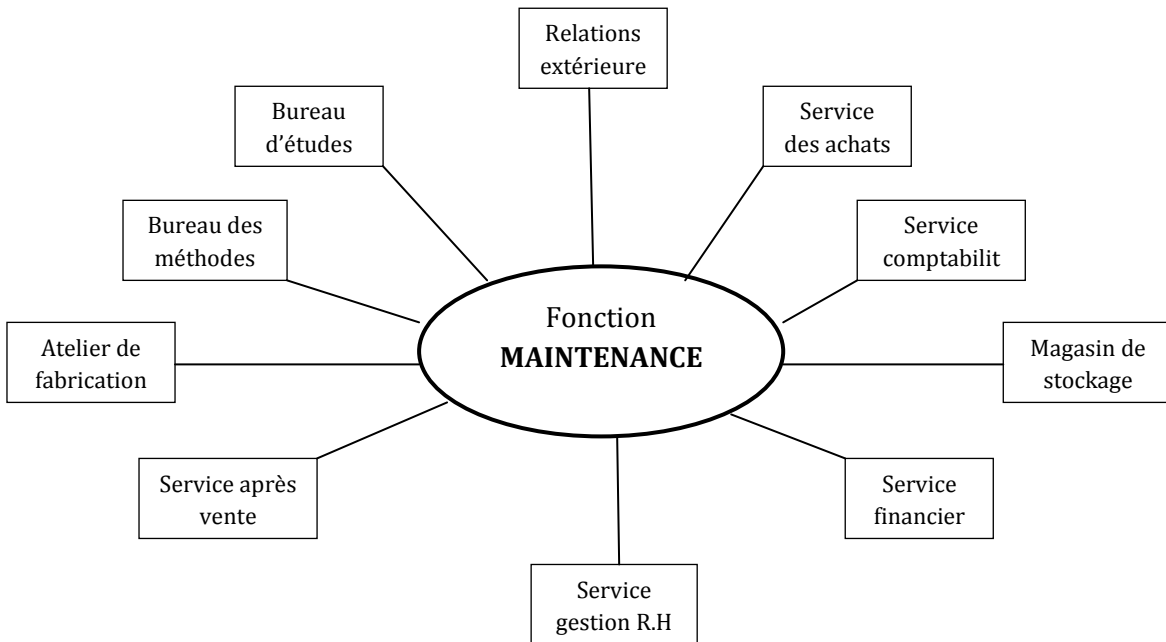


Figure2-1: Les Liaisons fonctionnelle de la fonction maintenance

2.1.2. Situation hiérarchique

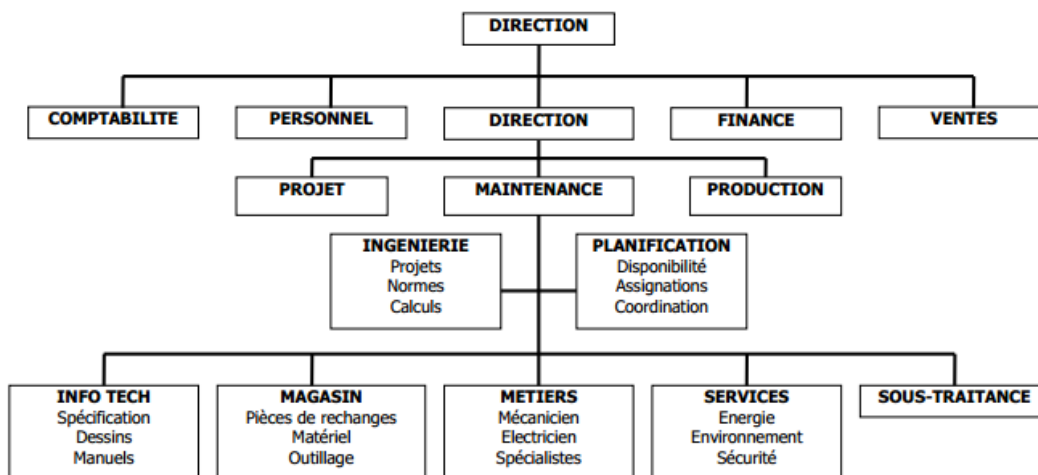


Figure2-2: Structure organisationnelle d'un service maintenance

Chapitre II : Organisation de la maintenance

2.2. DIFFÉRENTES ORGANISATIONS

L'organisation des services de maintenance évolue sous l'effet de plusieurs facteurs tels que:

- Les contraintes économiques,
- Les contraintes de l'informatisation,
- La TPM (Total Productive Maintenance) qui amène un décloisonnement,
- La fiabilité,
- Les outils de diagnostic de plus en plus incorporés aux machines,
- Les améliorations des offres de la sous-traitance, etc.

A ce propos, il existe plusieurs types d'organisations de maintenance mais, pour être efficaces, elles doivent reposer sur un état d'esprit décrit ci-après dans l'approche systémique ou corporative.

2.2.1 Approche systémique ou approche corporative

L'approche systémique considère le fonctionnement de l'entreprise à travers les flux d'information, de matières ou de volumes financiers qui la font fonctionner, au lieu de considérer les différents services. La figure 2-3 représente deux flux d'information relatifs à la maintenance dans une entreprise. Le bon déroulement d'une intervention ou d'une commande nécessite l'intervention de plusieurs services dont les priorités réelles ne sont pas nécessairement ressenties de la même manière. Ces transferts entre services présentent des risques majeurs de dysfonctionnements qui pèsent sur les temps de maintenance, donc sur les performances de l'ensemble de l'unité de production. Cet aspect n'a pas échappé à bon nombre d'entreprises et cela se retrouve dans les organisations de maintenance industrielle.

Les principaux critères qui ont influé sur les organisations sont :

- La TPM (Total Productive Maintenance ou Topomaintenance) qui, en faisant collaborer opérateurs et techniciens, démontre la nécessité du décloisonnement ;
- L'accroissement des outils de diagnostic incorporés aux machines, qui nécessitent une plus grande expertise technique sur les lieux mêmes de production ;
- L'amélioration de l'offre de sous-traitance, souvent plus compétitive et plus performante que les ressources internes ;
- La volonté de se recentrer sur les métiers et compétences clés

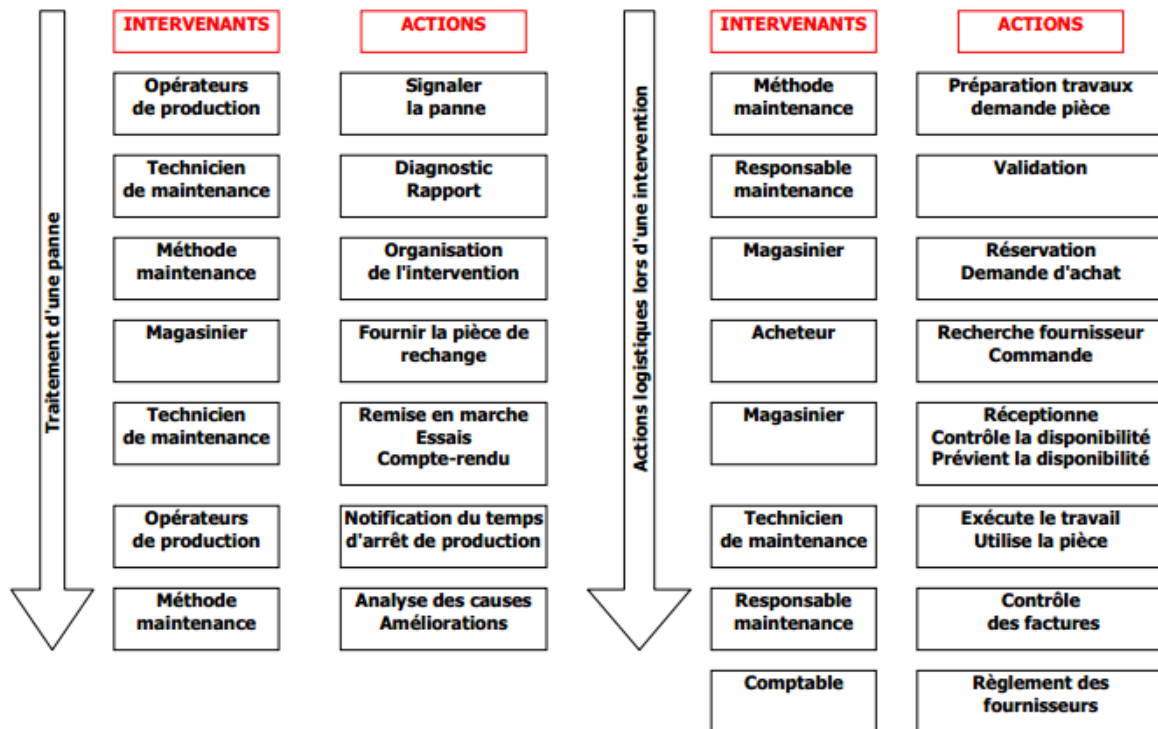


Fig 2-3: Flux d'information en maintenance

2.2.2. Mode de gestion de la fonction maintenance

Le mode de gestion de la fonction maintenance se précise surtout pour la maintenance de l'outil de production et la maintenance des infrastructures. Dans ces deux cas, cela veut dire que pour un grand nombre de machine et d'équipement, les plans de maintenance préventive sont établis. Ces plans contiennent des modes opératoires dont on peut déduire la charge de travail par type de spécialisation (mécanicien, électronicien, hydraulicien etc...) Pour gérer la maintenance, les plus importantes questions qui peuvent être posées sont:

- Que faire en interne et que sous-traiter en externe ?
- Pour quel mode de gestion de maintenance, opter ? (gestion centralisée ou décentralisée)
- Comment planifier les opérations de maintenance? (La planification)
- Quelles sont les pièces de rechange à stocker? (gestion des stocks)
- Quelle est la quantité des pièces à stocker? (gestion des stocks)

Sachant que la fonction maintenance est présente de différentes manières dans les entreprises. Les principaux modèles organisationnels et leurs caractéristiques essentielles sont présentés ci-dessous.

Chapitre II : Organisation de la maintenance

2.2.2.1 Maintenance centralisée C'est l'organisation traditionnelle de la maintenance (figures 2-4 et 2-5), distincte de la production et qui regroupe tous les services techniques. Elle est incontournable quand la main-d'œuvre de production ne peut faire de l'automaintenance, en présence d'une haute technicité des équipements, de fortes contraintes de sécurité ou de réglementations diverses, etc. Elle comprend un service méthodes chargé de l'ordonnancement des travaux, de leur préparation, des équipes techniques d'intervention, des magasiniers, etc... Dans le mode d'une gestion centralisée de la maintenance, toute la fonction maintenance est ou sera assurée par un seul et même service.

a. Avantages :

- optimisation de l'emploi des moyens coûteux;
- meilleure maîtrise des coûts;
- standardisation des procédures;
- suivi homogène de la vie des matériels;
- gestion plus facile du personnel.

b. Inconvénients :

- Cloisonnement
- Eloignement des préoccupations de la production.
- L'efficacité de la fonction est liée à la qualité et à l'organisation des communications avec la fonction production.

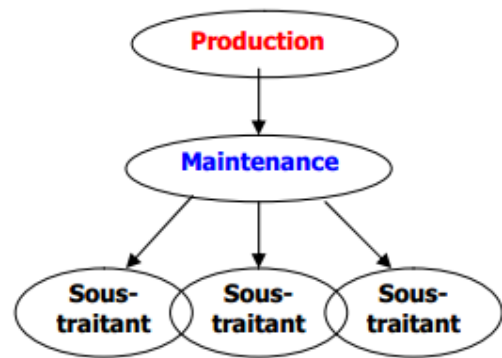


Fig 2-4: Maintenance centralisée

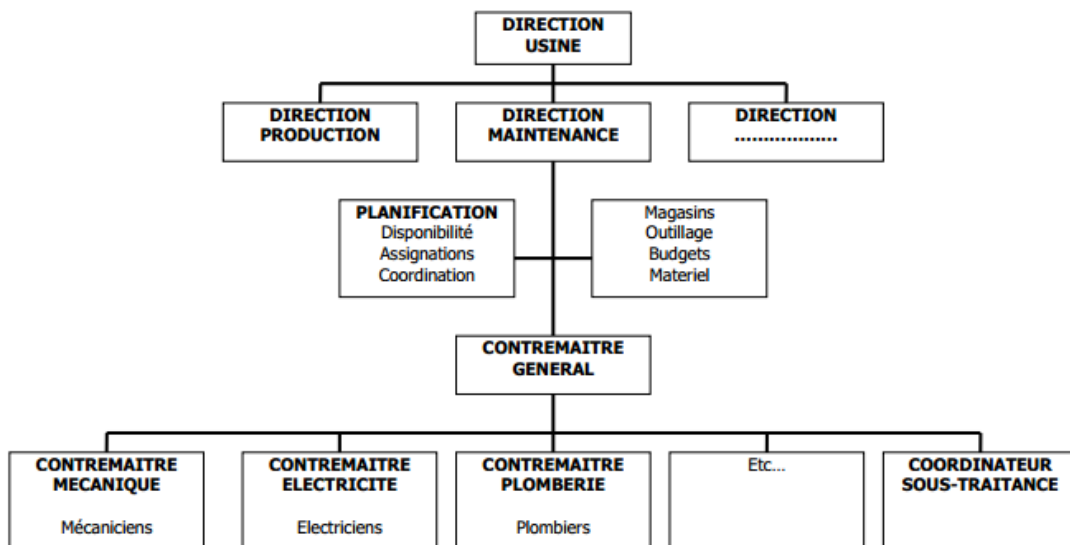


Fig 2-5: Structure organisationnelle d'une maintenance centralisée

Chapitre II : Organisation de la maintenance

2.2.2.2 Mode de gestion décentralisée ou répartie

Une partie de la maintenance dite maintenance rapprochée ou de plate-forme est intégrée aux équipes de production, d'exploitation (figure 2-6 , 2-7a et 2-7b) ; ces techniciens de plate-forme effectuent des diagnostics, décident à quelles compétences faire appel, gèrent les commandes, surveillent les travaux de remise en état, participent aux améliorations, etc... Dans le mode d'une gestion décentralisée de la maintenance, la fonction maintenance n'est pas assurée par un seul et même service. Dans ce cas, le service de maintenance est dépossédé de certaines activités dont il avait la responsabilité. A cet effet, le service de maintenance assurera la maintenance générale et éventuellement la maintenance de sous-traitance, tandis que la maintenance de l'outil de fabrication passe sous le contrôle des services de production.

Avantages :

- meilleure prévention et bonne maîtrise du processus de dégradation,
- possibilités renforcées d'actions sur les procédés d'exploitation,
- diminution des cloisonnements et forte collaboration,
- diminution des micro-défaillances,
- facilité des actions qualité à la source des dysfonctionnements,
- meilleure sensibilisation aux coûts en étant plus proche de la production.
- délégation de responsabilité aux chefs d'équipe des antennes;
- amélioration des relations entre la maintenance et la production;
- avantages du travail en équipes polyvalentes;
- efficacité des interventions de maintenance.

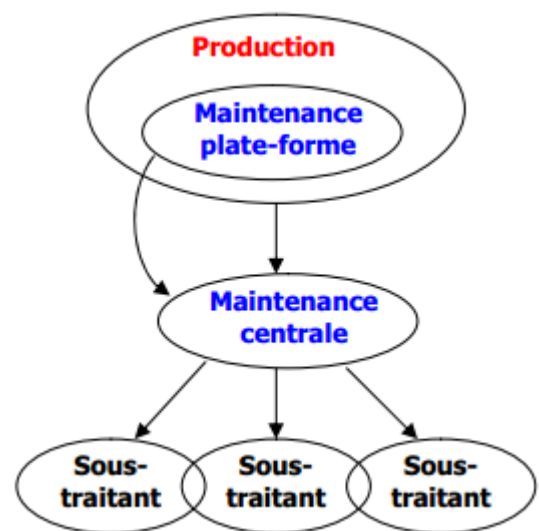


Fig 2-6: Maintenance répartie

b. Inconvénients :

- La maîtrise technique est partagée entre la fonction maintenance et la fonction production;
- Risques de redondances avec la maintenance centrale d'où la nécessité d'une forte coordination, de procédures strictes d'appel à la sous-traitance pour éviter l'appel abusif à des spécialités coûteuses surqualifiées.

Chapitre II : Organisation de la maintenance

Le choix entre la gestion décentralisée ou centralisée de la fonction maintenance, dépend de la taille de l'entreprise, de la nature des techniques et des hommes en place.

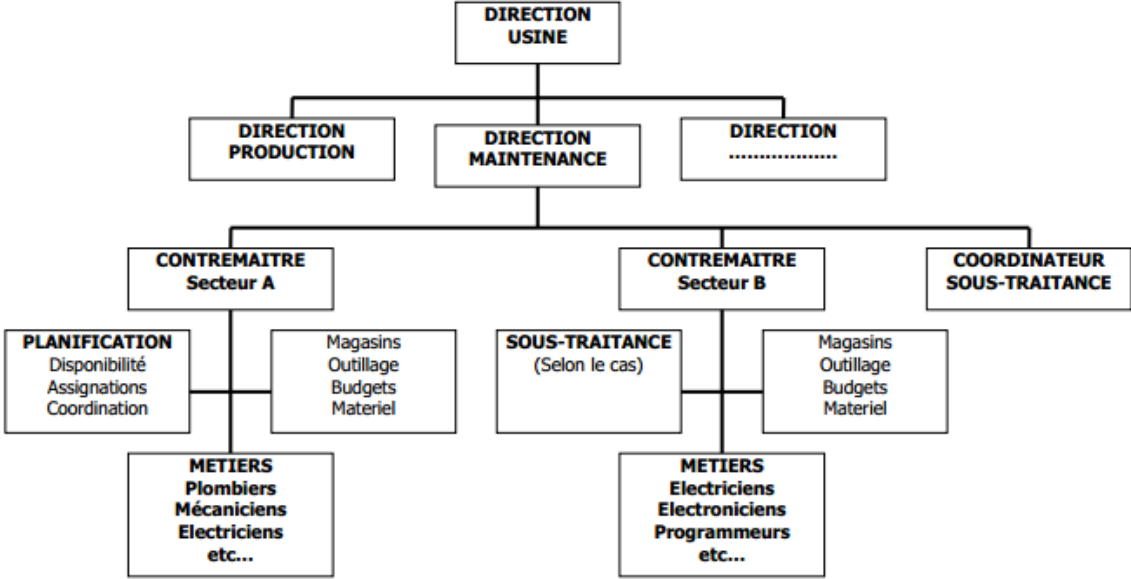


Fig 2-7a: Structure organisationnelle d'une maintenance décentralisée par secteurs

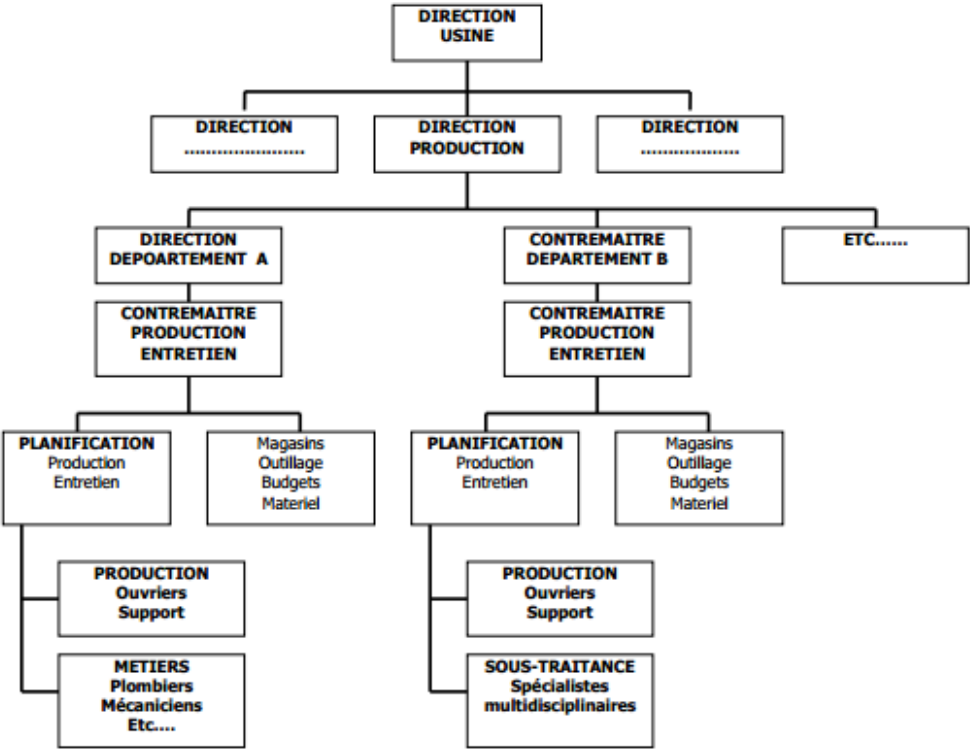


Fig 2-7b: Structure organisationnelle d'une maintenance décentralisée par départements

Chapitre II : Organisation de la maintenance

2.2.2.3 Organisation mixte La fonction maintenance de plate-forme est étroitement intégrée à la conduite de process. Les processus de dégradation sont de mieux en mieux maîtrisés grâce aux systèmes de surveillance intégrés dès la conception des installations. En dehors d'appel à des compétences très pointues (souvent externes), l'EGM (L'Entreprise Générale de Maintenance) gère, dans ce cas, une maintenance "courante" par rapport à celle de plate-forme et assure toute la partie logistique (figure 2-8).

a. Avantages :

- bonne répartition des compétences, maîtrise des processus de vieillissement,
- préservation du savoir et maîtrise technique.

b. Inconvénients :

- nécessité d'un bon niveau technique des opérateurs de production qui doivent interpréter et prendre en compte les informations des systèmes de diagnostic.
- Redéfinition importante du rôle de la maintenance.

2.2.2.4 Maintenance sous-traitée

Certaines entreprises ont opté pour le choix de la soustraction totale (figure 2-9) avec des obligations de résultats. L'entreprise prestataire ou Entreprise Générale de Maintenance (EGM) peut elle-même sous-traiter certaines activités nécessitant des compétences pointues et, éventuellement, prendre en charge les stocks de pièces de rechange.

a. Avantages :

- Gains importants peuvent être obtenus par une diminution du nombre d'interfaces et d'intervenants de corps de métiers différents.
- L'EGM arrivant sur un site pose un regard neuf, ne subit pas l'entrave des habitudes et des inerties et peut entreprendre plus facilement une nouvelle politique de maintenance. Elle doit apporter de solides compétences organisationnelles ; ses compétences techniques sont complétées par celles d'autres sous-traitants spécialisés. Elle a la responsabilité de détecter le dysfonctionnement, de déclencher la maintenance préventive et de faire appel aux spécialistes.

b. Inconvénients :

- risque de perte de la maîtrise technique,
- risque de perte de la mobilité du personnel en fonction de la nature de contrat et de la politique de ressources humaines pratiquée par l'EGM.

Chapitre II : Organisation de la maintenance

2.3. ORGANISATION INTERNE DU SERVICE MAINTENANCE

2.3.1. Nécessité d'une structure préparation et méthodes

Toute intervention de maintenance a besoin d'être pensée avant d'être réalisée. Si l'organisation du service maintenance est correcte et les moyens suffisants, on peut affirmer que 85% des travaux de maintenance peuvent être planifiés, c'est-à-dire étudiés et préparés avant d'être réalisés.

2.3.2. Organisation du service maintenance pour une PME

Pour une PME (Petite et Moyenne Entreprise), mis à part les sous fonction de planification, d'ordonnancement et de réalisation, le besoin d'étudier et de préparer d'une manière aussi complète que possible, tous les travaux de maintenance, a fait naître une nouvelle sous fonction dénommée "**préparation et méthode**". L'organisation de la fonction maintenance prendra la forme donnée par la figure 2-10

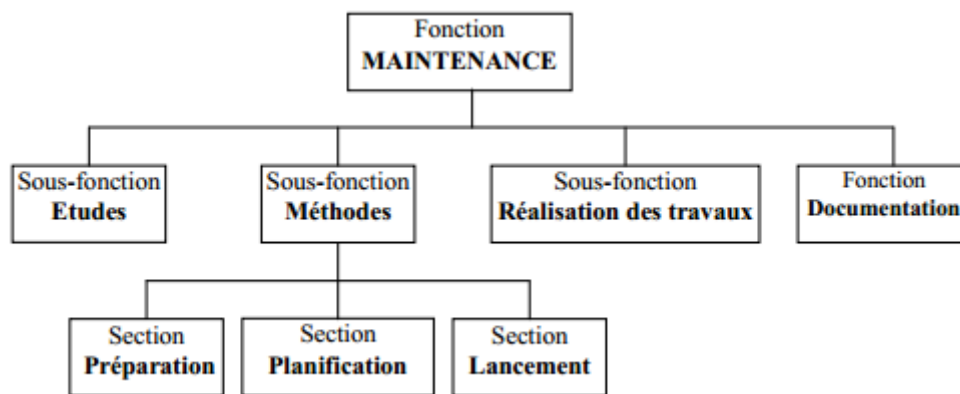


Fig 2-10: Organisation interne du service maintenance

2.3.3. Tâches de la structure préparation et méthodes

Les tâches de cette nouvelle structure sont : planification, organisation, coordination, Direction, contrôle et évaluation. La structure préparation et méthodes doit pouvoir répondre aux six questions suivantes :

- **QUOI FAIRE ?** (nature, buts visant la qualité du produit)
- **COMMENT FAIRE ?** (procédés et modes opératoires)
- **QUI VA FAIRE ?** (qualification, formation, sécurité, ambiance de travail)
- **QUANT LE FAIRE ?** (gestion des délais)
- **OÙ LE FAIRE ?** (emplacement, transport, engins)
- **A QUEL PRIX ?** (gestion des coûts)

2.3.4. Objectifs de la structure préparations et méthodes

Dr SAAD Mohamed

Chapitre II : Organisation de la maintenance

Les objectifs assignés aux prestations de la structure préparation et méthodes sont :

1. Sur le plan opérationnel

- assurer aux installations un fonctionnement sûr, efficace et sécurisant ;
- atteindre les capacités optimales de production
- améliorer et maintenir le niveau de sécurité dans le travail
- minimiser les temps d'intervention par la rapidité d'actions
- optimiser la fiabilité du matériel en maintenance
- garder les équipements dans les meilleures conditions possibles

2. Sur le plan financier

- optimiser les coûts d'entretien
- réformer ou prendre des décisions pour les équipements dont le coût total de maintenance devient prohibitif (problème de remplacement d'équipement)
- assurer la disponibilité maximale des équipements et installations • respecter les limites des budgets

2.3.5. Répartition des tâches par technologie

Dans cette répartition, les agents de maîtrise sont responsables par spécialité professionnelle (mécanicien, électricien, chaudronnier, etc...) et intervenant séparément et successivement sur les matériels.

2.3.6. Répartition des tâches par fonction

2.2.6.1. Fonction méthode

1° - Elle prépare le moyen terme et elle est responsable :

- a - De la définition des méthodes ;
- b - Des techniques ;
- c - Des moyens et des normes d'entretien

2° - Elle assure :

- a – La gestion technique du matériel :
 - liaison maintenance
 - bureau d'études ;

Chapitre II : Organisation de la maintenance

- méthodes d'entretien (politique de maintenance)
- pièce de rechange ;
- normes techniques de maintenance.
- b – Analyse des coûts et améliorations :
 - confection des indicateurs de gestion ;
 - analyse des pannes, etc... ;
- c – Préparation du travail :
 - préparation des interventions ;
 - cahier des charges de sous-traitance et équipements
- d – Assistances techniques :
 - fonction technique du personnel (maintenance de production)
 - diagnostic - expertises - réceptions techniques, définition de la politique de renouvellement des équipements.

2.3.6.2. Fonction ordonnancement

Elle assure la programmation et la disponibilité des moyens d'exécution, l'ordonnancement fait en comparaison entre les besoins et les moyens.

L'ordonnancement est chargé de :

- a – Calculer l'ensemble des besoins main- d'œuvre ;
- b – Répartir le personnel en fonction des tâches ;
- c – s'engager sur des délais
- d – Suivre l'avancement des travaux ;
- e – Prévoir la sous-traitance ;
- f – Planifier le préventif ;
- g – Contrôler et regrouper les informations ;
- h – S'assurer de la présence des stocks.

La gestion des stocks et le magasin de pièce de rechange doivent être attachés à l'ordonnancement quand ils font partie des responsabilités du service d'entretien.

2.3.6.3. Fonction réalisation : Les différentes tâches de cette fonction sont :

1. Gestion et conduite des hommes ;
2. programme journalier et constitutions des équipes ;
3. Approvisionnement et mise en route des chantiers ;

Chapitre II : Organisation de la maintenance

4. Suivi des travaux et surveillance du personnel ;
5. Sécurité du personnel et du matériel ;
6. Liaison courante avec la fabrication :
7. Ventilation des heures ;
8. Observation et compte rendu des pannes ;
9. Participation à l'établissement et au respect du budget.

La volonté d'efficacité conduit à maîtriser des données nombreuses et complexes qui justifient le passage à la Maintenance Assistée par Ordinateur (MAO).

La maintenance est aussi concernée par la maîtrise de qualité symbolisée par l'objectif des **cinq zéros**

- **zéro panne** : objectif naturel de la maintenance.
- **zéro défaut** : outil de production en parfait état (tout défaut entraîne un arrêt de production d'où augmentation des coûts et des délais).
- **zéro stocks, zéro délais** : un outil de fabrication fiable permet une fabrication sans stock (flux tendu) et une livraison sans délai.
- **zéro papier** : il faut comprendre « zéro papier inutile », c'est à dire les papiers engendrés par les erreurs, les défauts, les défaillances, les retards qui viennent alourdir le travail et l'organisation.

2.3. MOYENS MIS EN ŒUVRE

Pour remplir sa mission, le service maintenance a besoin d'être doté de moyens humains et de moyens matériels adaptés qualitativement et quantitativement aux tâches qui lui sont confiées.

2.3.1. Moyens humains

Ils concernent toutes les qualifications professionnelles des manœuvres aux cadres supérieurs choisis et dotés, pour satisfaire le plus souvent aux exigences suivantes :

1. Encadrement ;
2. Technique ou méthodes (niveau souvent élevé);
3. Programmation ;
4. Réalisation (fréquemment de niveau élevé).

2.3.2. Moyens matériels

Les équipements, matériels et outillage nécessaire à l'entretien sont subdivisés en :

Chapitre II : Organisation de la maintenance

2.3.2.1. Matériel nécessaire :

1. Outillage d'intervention :
2. outillage individuel ;
3. outillage collectif ;
4. outillage spécial ;
5. Moyen de manutention et démontage : ponts ; chariots ; crics ;
6. Moyens de déplacement : camions ; camionnettes ; voitures ; motocyclettes ; bicyclettes.
7. Moyens de stockage : magasins centraux ; magasins locaux

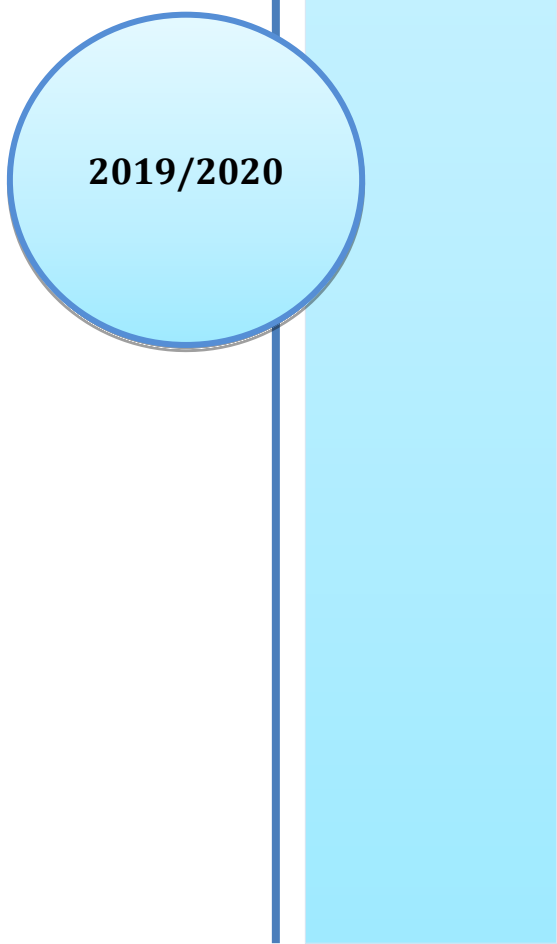
3.3.2.2- Matériel à nécessité spécifique :

1. Matériel d'usinage : établi ; machines-outils ; postes de soudage ;
2. locaux et travail : atelier d'usinage ; atelier de réparation

CHAPITRE III

TYPES DE MAINTENANCE

2019/2020



CHAPITRE III

TYPES DE MAINTENANCE

3.1. LES OPTIONS DE LA MAINTENANCE

Les options susceptibles d'être mises en œuvre par le service maintenance relèvent de deux concepts principaux :

1. La **maintenance corrective**
2. La **maintenance préventive**

3.1.1. La maintenance corrective

La maintenance corrective (ou curative) correspond à une attitude passive d'attente de **la panne** ou de **l'incident**. Elle n'est entreprise qu'après constat d'un état de panne. La réaction consiste alors à éliminer **le défaut**, grâce à un **dépannage** ou une **réparation**. C'est donc l'improvisation avec toutes les conséquences qui en résultent (pertes de temps, arrêts prolongés des machines, absences de schémas de dépannage), elle est appelée aussi maintenance de catastrophe. C'est la politique d'entretien la plus coûteuse vue sous l'aspect coûts directs et coûts indirects.

3.1.2. La maintenance préventive

La maintenance préventive correspond à la volonté de **prévoir la dégradation** du bien (matériel ou équipement), afin d'éviter d'être pris au dépourvu par la panne. Dans ce type de maintenance, on n'attend pas que le matériel ou l'équipement tombe en panne. Elle est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de **défaillance** d'un bien ou d'une dégradation d'un service rendu.. Elle consiste à :

- Procéder à des **visites** systématiques en cours de marche ou à l'arrêt pour suivre les usures des pièces. Ces visites sont à caractère périodiques et déterminées d'avance;
 - faire des **contrôles** en cours de marche ou à l'arrêt;
 - opérer à des réglages et resserrage et changer éventuellement des pièces défectueuses.
- Il existe alors deux solutions :

a. **Solution 1:** Le changement ou la **réparation systématique** d'organes : c'est la **maintenance**

systématique qui consiste à bien connaître les processus de dégradation

b. **Solution 2:** Le changement ou la réparation des organes en fonction de leur **état de dégradation** : c'est la **maintenance conditionnelle** qui impose une surveillance de la progression du défaut;

Chapitre III : Types de Maintenance

c. **Solution 3:** L'élimination définitivement des défaillances. C'est la **maintenance améliorative**. Elle nécessite une réflexion pour :

- Déterminer les causes réelles du problème
- Envisager les remèdes adaptés à leur suppression.

3.1.3. Maintenance systématique

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échancier établi suivant le temps d'usage ou le nombre d'unités d'usage (la loi de dégradation doit être connue). Dans ce type de maintenance, les opérations de maintenance sont effectuées suivant un calendrier (journalier, hebdomadaire, mensuel) et concernant tous les produits consommables, tels que les huiles, les graisses, les liquides de coupe et les composants de faibles durées de vie par rapport aux machines. Ce type de maintenance demande de la rigueur pour être planifiée.

3.1.2.2. Maintenance conditionnelle C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.) révélateur de l'état de dégradation du bien. Elle s'applique aux organes dont la dégradation peut être mise en évidence par des indicateurs. Cette forme moderne de maintenance permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, dans le but de prévenir des défaillances attendues. Elle n'implique pas la connaissance de la loi de dégradation, la décision d'intervention préventive est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale de défaut imminent en approche d'un seuil de dégradation prédéterminé. La condition première est que le matériel s'y prête (existence d'une dégradation progressive et détectable) et qu'il mérite cette prise de charge (criticité du matériel). Par exemple elle est peu exploitée pour surveiller les machines de production des industries type atelier (taux de pollution des huiles de graissage, le PH des liquides d'arrosage, les vibrations, les bruits, etc.). Mais, elle est largement pratiquée sur les machines de production des industries type process.

3.1.4. Termes et définitions relatifs à la maintenance

3.1.3.1. Termes généraux

1°. Bien C'est un produit industriel conçu et réalisé pour assurer un service donné. Les biens peuvent être classés en biens d'équipement, biens intermédiaires et biens de consommation. Ils peuvent être aussi classés en fonction de leur durabilité.

2°. Durée de vie C'est la durée pendant laquelle un bien a accompli la fonction qui lui a été assignée. La durée de vie d'un bien s'exprime en unité de temps (années, heures, cycle, ...)

3°. Panne C'est l'état d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, dans des conditions d'utilisation données.

Chapitre III : Types de Maintenance

4°. Défaillance C'est une altération ou une cessation de l'aptitude d'un bien à remplir une fonction requise. Les défaillances peuvent être qualifiées et classées de différentes manières. soit : en fonction de la rapidité de manifestation; en fonction du degré d'importance; en fonction des causes; en fonction des conséquences, etc..

5°. Anomalie C'est une déviation par rapport à ce qui est attendu. L'anomalie justifie une investigation qui peut déboucher sur la constatation d'une non-conformité ou d'un défaut.

6°. Taux de défaillance ou taux d'avarie

$(\lambda(t))$ C'est une probabilité de défaillance dont l'allure de la courbe est donnée par la courbe suivante:

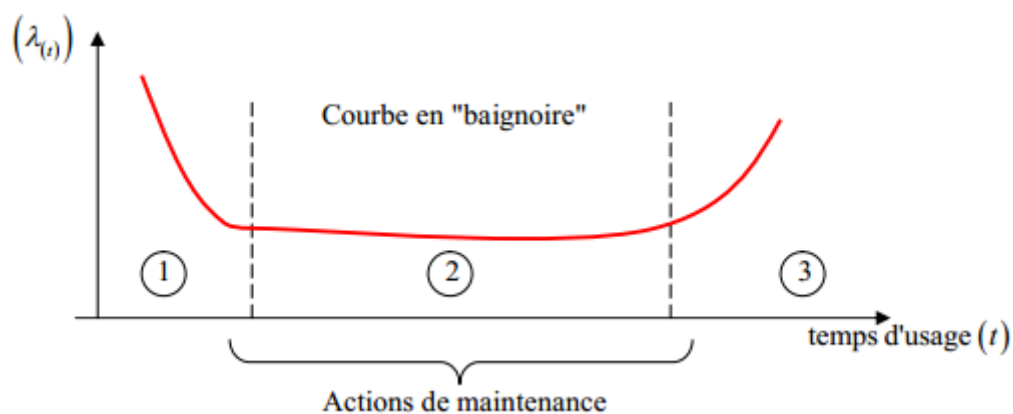


Fig 3-1: Taux de défaillance

- 1: Période de défaillance précoce (ou période de jeunesse)
- 2: Période de défaillance à taux constant (ou zone de maturité)
- 3: Période de défaillance par vieillissement (période de fin de vie ou zone d'usure)

3.1.3.2. Opérations de maintenance préventive Les opérations suivantes sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

1°. Inspection

- C'est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie.
- Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies.
- Elle peut être effectuée sous forme de "rondes" et à pour but la détection de défaillances mineures :

- défauts de lubrification (contrôles des niveaux) - défauts de pression, de températures, de vibrations. - détection visuelle de fuites, détection d'odeurs, de bruits anormaux.
- dépannages simples : réglage de tension de courroie, échanges de lampes...

2°. Contrôle C'est une activité qui consiste à la vérification de la conformité du bien par rapport à des données préétablies, suivie d'un jugement. L'activité de contrôle peut:

Dr SAAD Mohamed

Chapitre III : Types de Maintenance

- Comporter une activité d'information,
- Inclure une décision (décision de non conformité, d'acceptation, d'ajournement);
- Déboucher sur des actions correctives

3°. Visite C'est une activité consiste à faire un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite partielle ou limitée) des différents éléments d'un bien. Elle peut :

- Entraîner certains démontages;
- déclencher des opérations correctives des anomalies constatées;
- Impliquer des opérations de maintenance de 1er niveau.

3.2.2.3. Les opérations de maintenance corrective

1°. Dépannage C'est l'action sur un bien en panne en vue de le remettre en état de fonctionnement, provisoirement avant réparation compte tenu de l'objectif. Une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation hors cycle de procédure de coût et de qualité et dans ce cas, sera suivie de la réparation de dépannage. L'opération de maintenance corrective n'a pas de condition d'applications particulières.

2°. Réparation C'est une intervention définitive et limitée dans le temps de maintenance corrective après une panne ou une défaillance partielle. Pour l'application de la réparation, l'opération de la maintenance corrective peut être décodée après décision soit :

- A la suite d'un incident ou d'une défaillance ;
- Après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

3.2.2.4. Autres activités du service maintenance

1°. La révision La révision est une opération de maintenance préventive ou corrective selon qu'elle est déclenchée par un échéancier, par la mesure d'une usure ou par une défaillance. C'est l'ensemble des actions d'examen, de contrôle et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique pendant un temps ou pour un nombre d'unité d'usage donné.

2°. La rénovation Les travaux de rénovation comprennent:

- L'inspection complète de tous les organes;
- La reprise dimensionnelle complète (réparation des éléments usés) ou remplacement des pièces déformées;
- Vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensembles

Chapitre III : Types de Maintenance

défaillants. La rénovation apparaît comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de sa définition.

3°. La reconstruction C'est une remise en l'état défini par le cahier des charges qui impose le remplacement des pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. Elle intervient à la fin de vie du bien. Toutes les pièces sensibles sont remplacées par des pièces d'origine. On peut prévoir des performances supérieures à celles d'origine. En plus de la maintenance et de la durabilité, Les modifications apportées peuvent concerner: la capacité de production, l'efficacité, la sécurité, etc..

4°. La modernisation C'est une activité d'amélioration de l'aptitude à l'emploi d'un bien par des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine. Elle concerne le remplacement d'équipements, d'accessoires, d'appareils. Ils consistent à remplacer des équipements, des accessoires, des appareils et composants âgés ou à leurs adjoindre des composants ou des logiciels d'une génération nouvelle. L'opération de modernisation peut aussi être exécutée dans le cas d'une rénovation ou d'une reconstruction.

4°. Les travaux neufs Ils contiennent, entre autres, les tâches suivantes :

- avis sur le choix du matériel.
- réception technique et vérification de la conformité.
- Installation.
- mise au point (réglages, essais préliminaires...).
- mise en service.

3.2. LES CINQ NIVEAUX DE MAINTENANCE (Norme AFNOR X 60 011)

NIVEAUX	TYPES DE TRAVAUX	PERSONNEL D'INTERVENTION	MOYENS
1er niveau	réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	pilote ou conducteur du système	outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
2ème niveau	dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes)	technicien habilité	outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechanges disponibles sans délai
3ème	identification et	technicien spécialisé	outillage prévu et

Chapitre III : Types de Maintenance

niveau	diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.		appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
4ème niveau	travaux importants de maintenance corrective ou préventive	équipe encadrée par un technicien spécialisé	outillage général et spécialisé, matériels d'essais, de contrôle...
5ème niveau	travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiées à un atelier central	équipe complète et polyvalente	moyens proches de la fabrication

3.3. LES TROIS SCENARIOS DE LA MAINTENANCE (Norme AFNOR X 60 011)

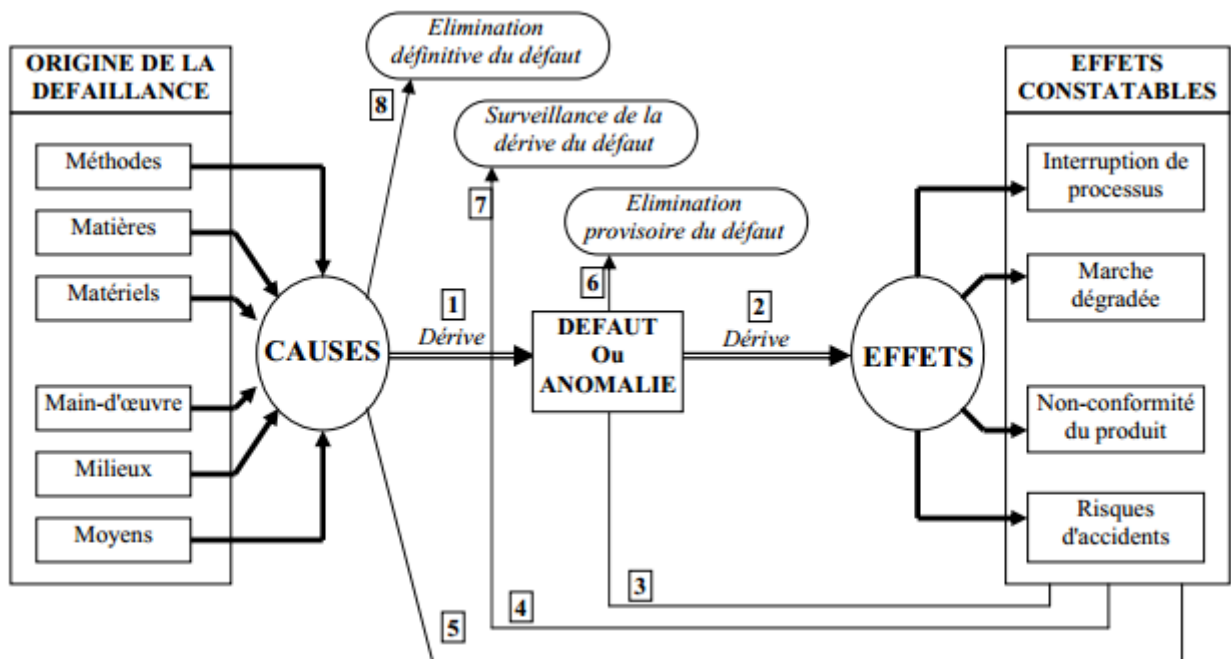


Fig 3-2: Les différentes attitudes de la fonction maintenance

- Chemin [1]-[2]-[3]-[6] → Scénario (A): Attitude corrective → Action sur le défaut
- Chemin [1]-[2]-[4]-[7] → Scénario (B): Attitude préventive → Action sur la dérive, en amont du défaut
- Chemin [1]-[2]-[5]-[8] → Scénario (C): Attitude améliorative → Action sur la cause initiale

Chapitre III : Types de Maintenance

3.4. LES DIVERSES OPTIONS DE LA MAINTENANCE (SELON AFNOR)

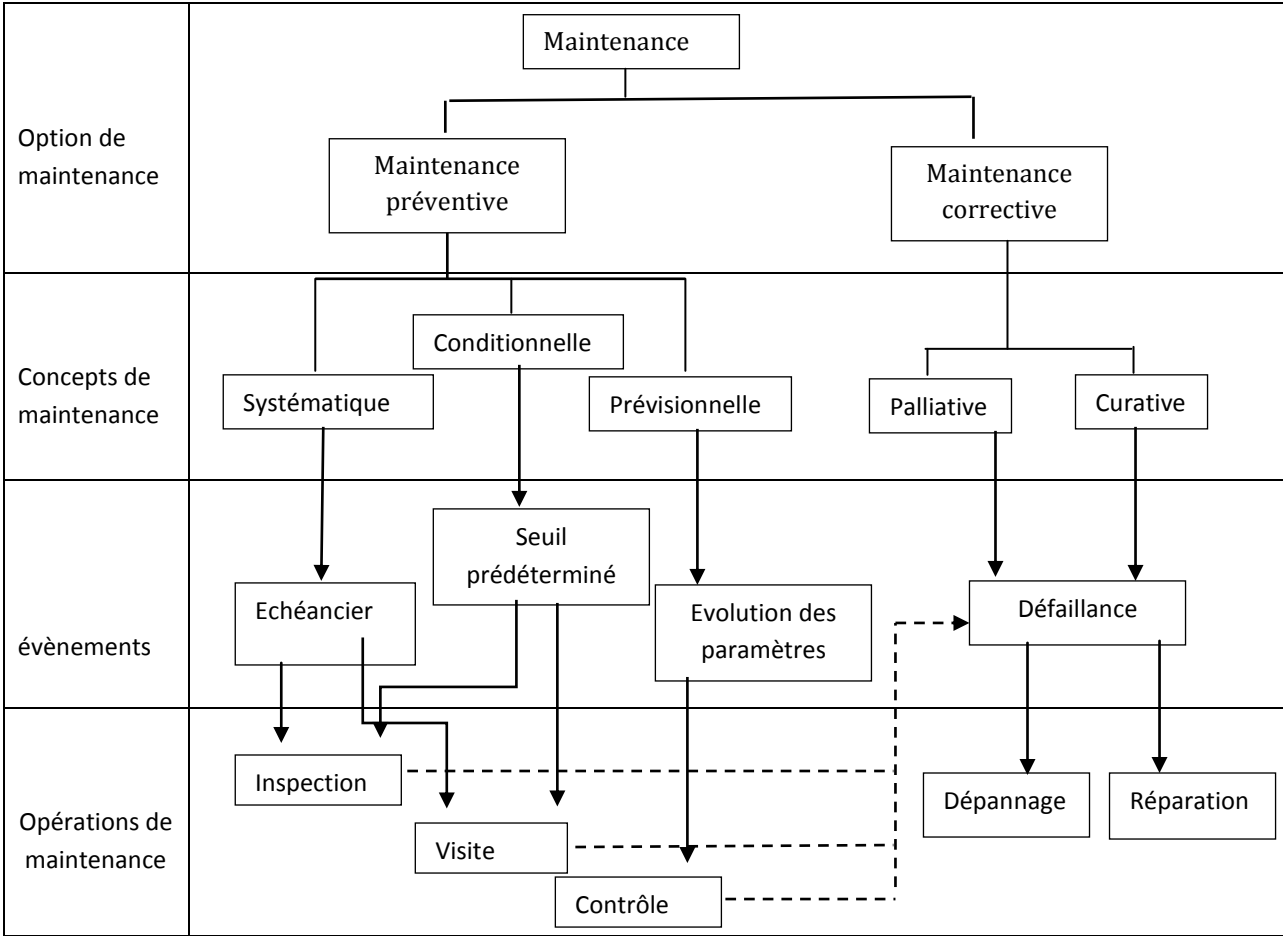
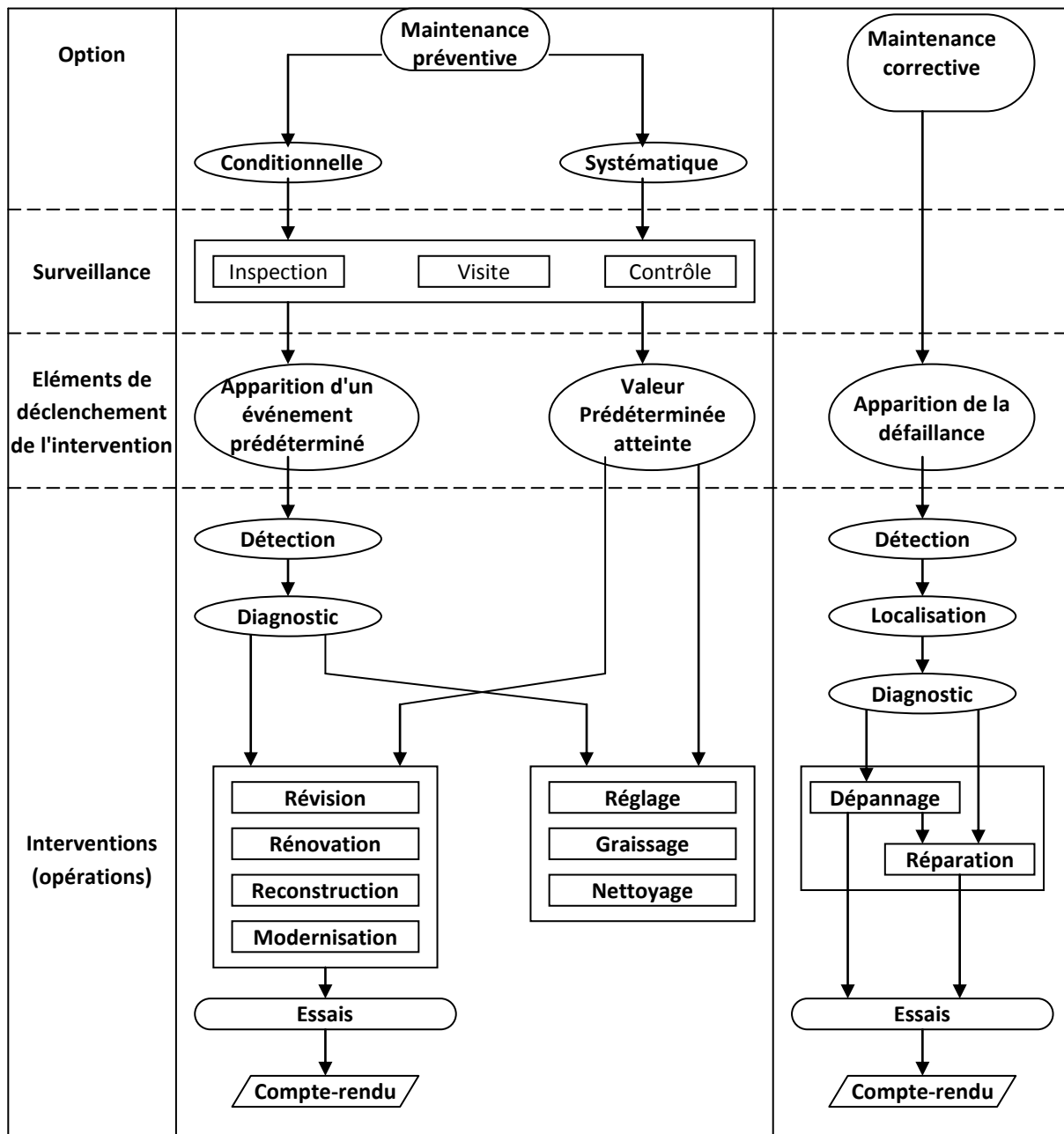


Fig 3-3: Synoptique des modes de maintenance

Chapitre III : Types de Maintenance

3.5. DEROULEMENT DES OPERATIONS DE MAINTENANCE



3.6. DECISION D'APPLICATION D'UN TYPE DE MAINTENANCE

Concernant le choix de l'application de l'un des concepts de maintenance industrielle, la prise de décision est fonction de certaines question devant être posées et qui sont en relation avec: L'incidence de défaillance sur le système de production ; le coût de la panne; la possibilité d'utilisation des technique de surveillance; la rentabilité des ces techniques de surveillance. Les figures 3-4 et 3-5 donnent le choix du concept de maintenance

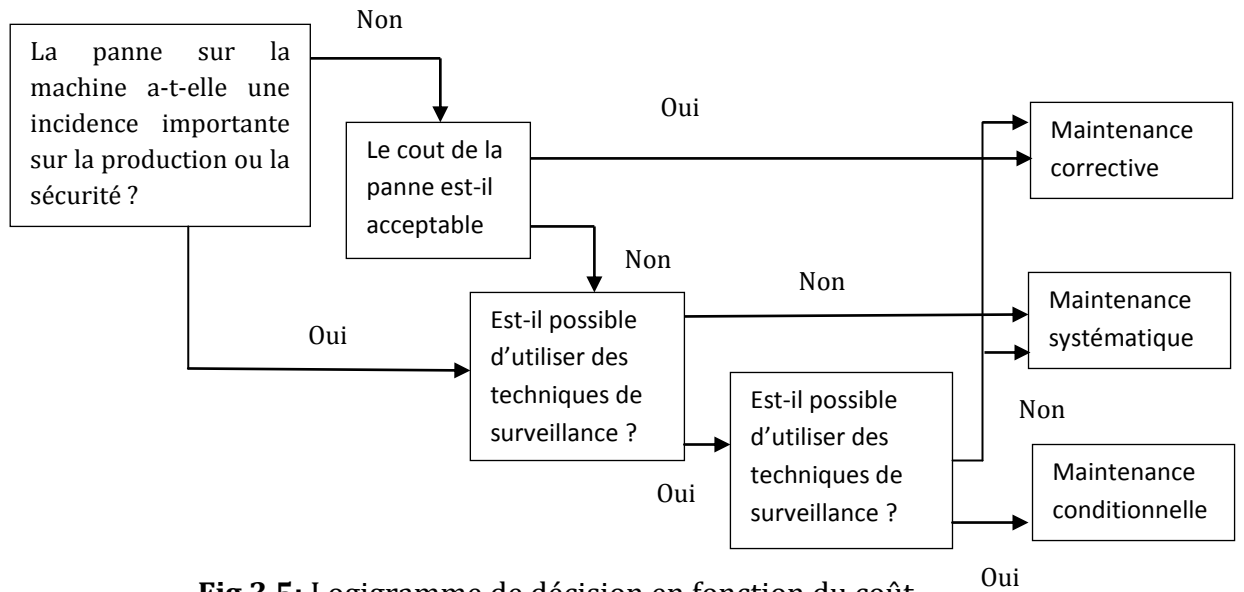


Fig 3.5: Logigramme de décision en fonction du coût

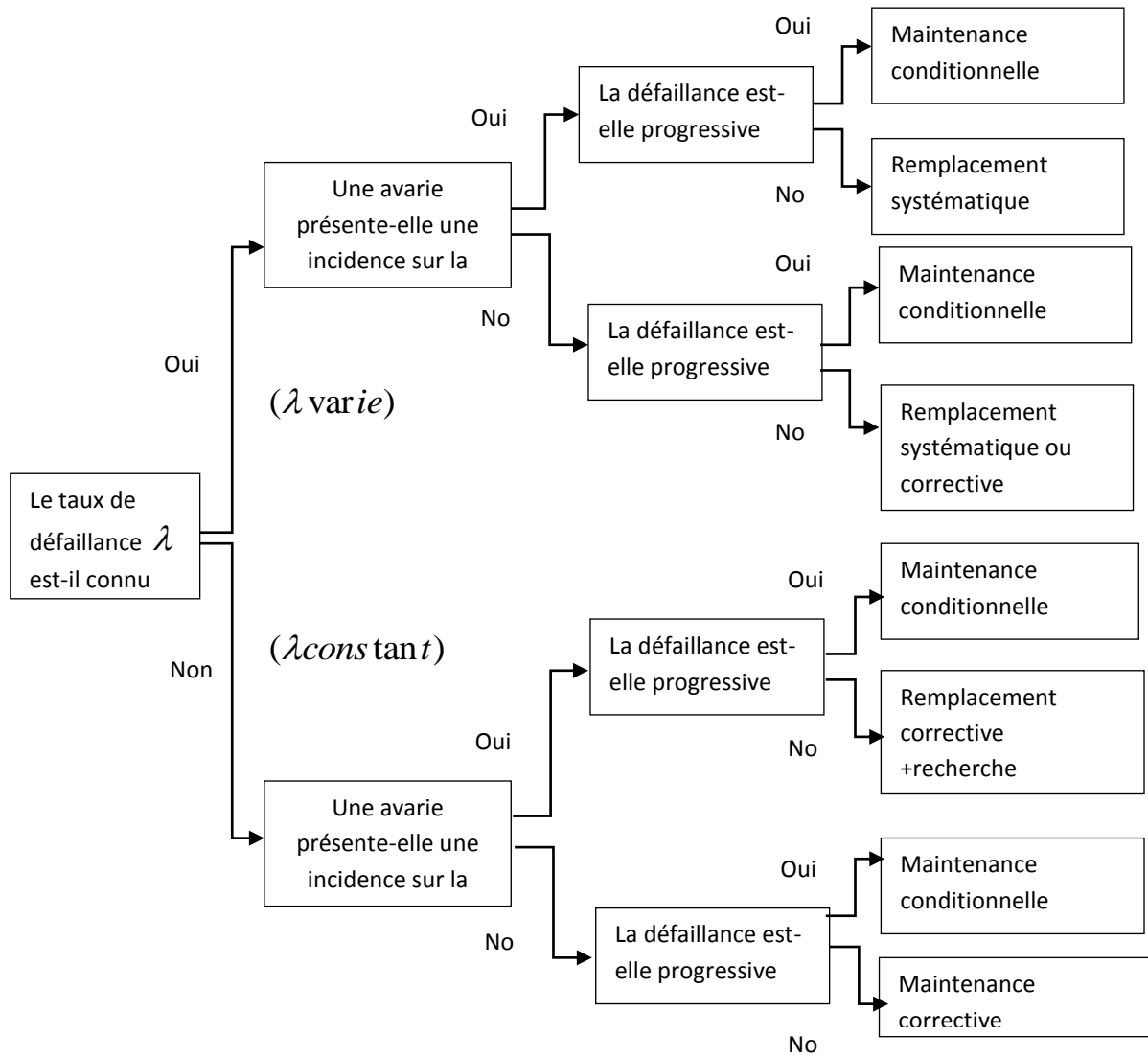
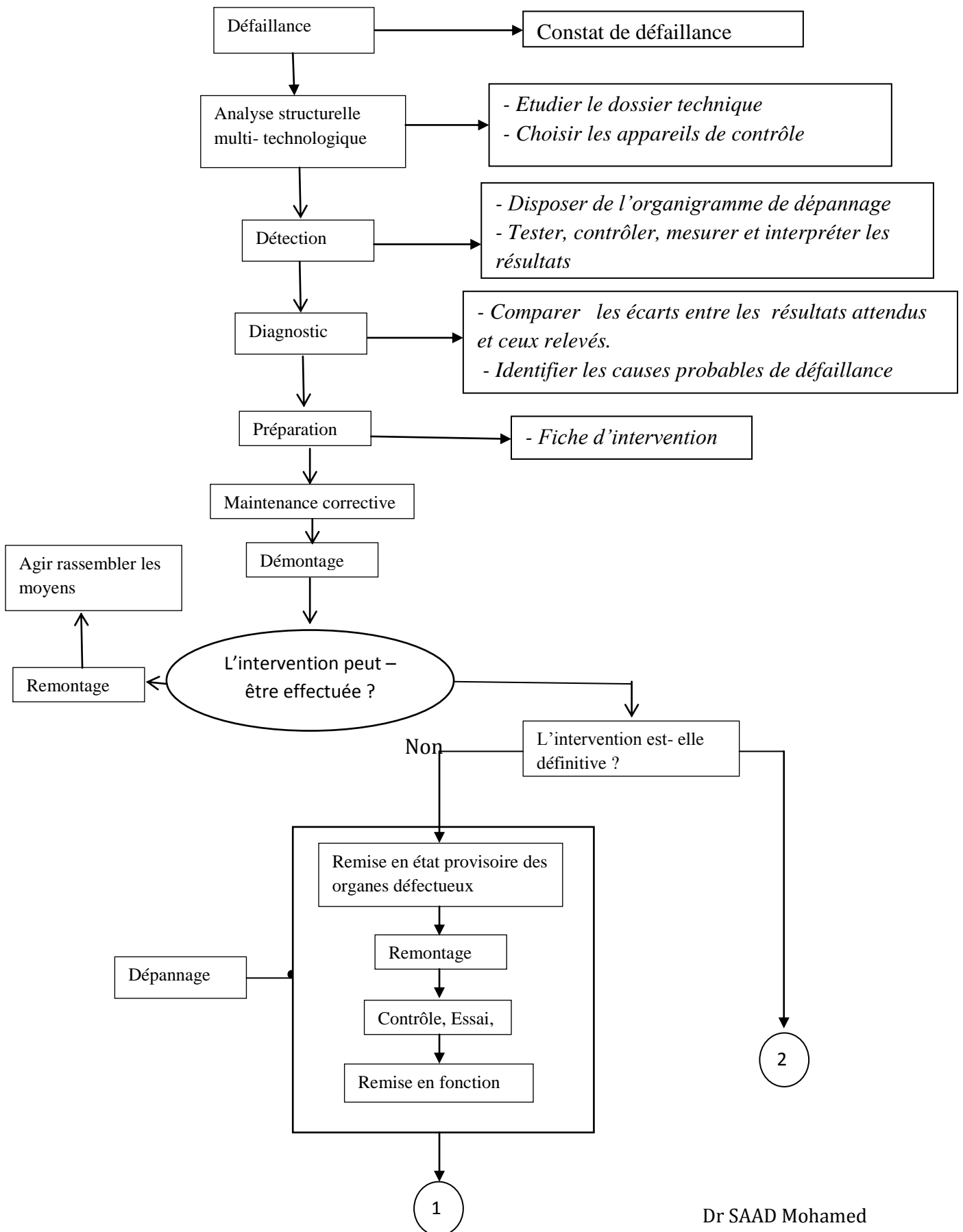
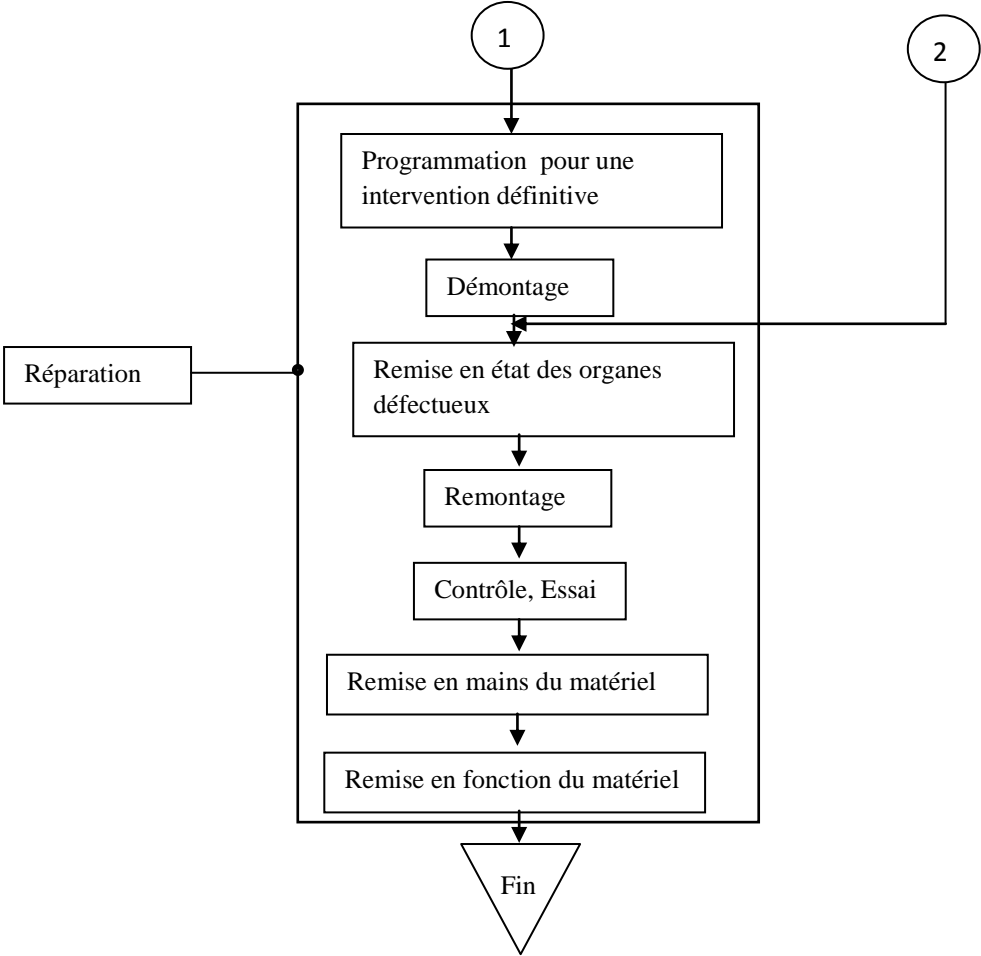


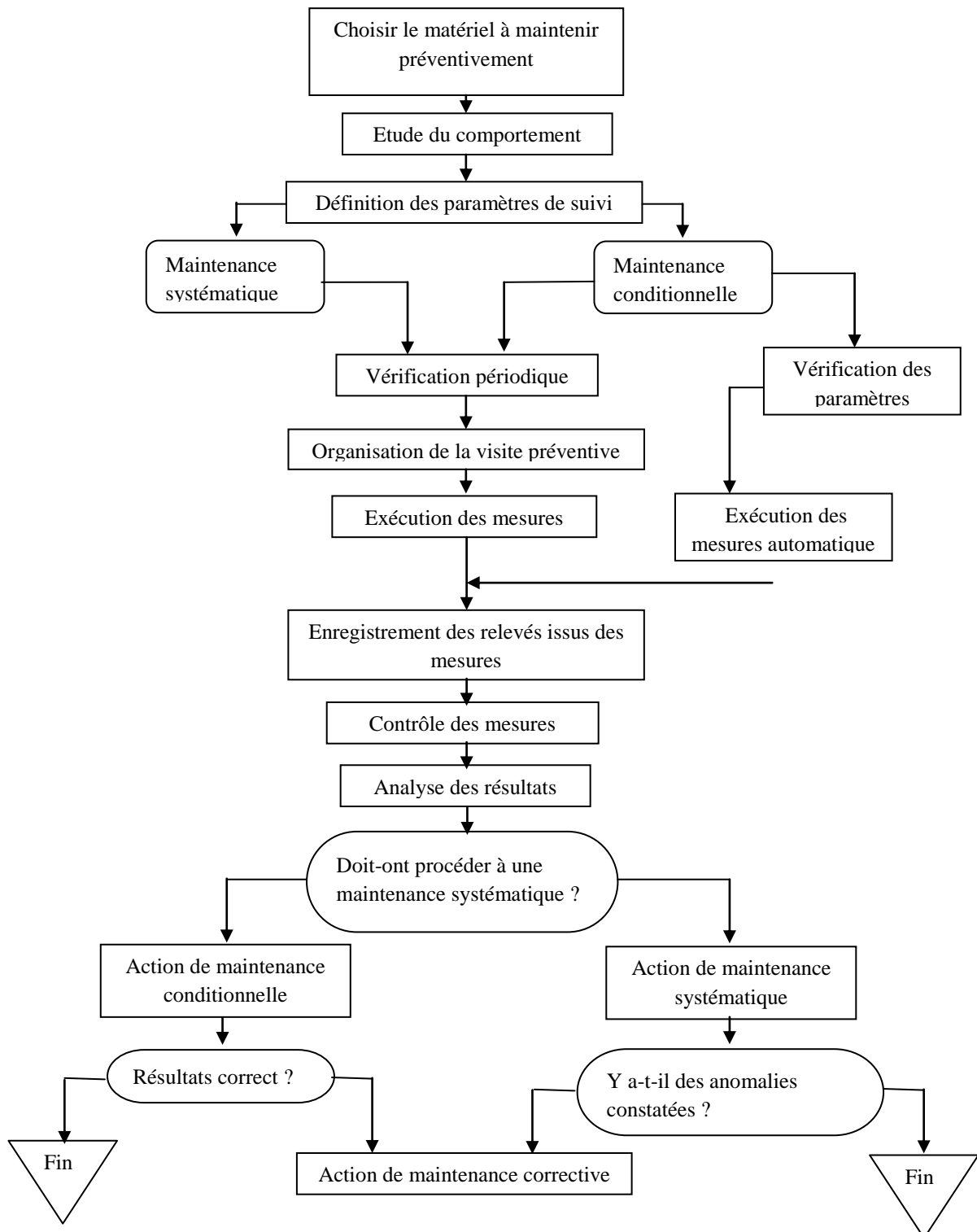
Fig 3-4: Logigramme de décision en fonction de l'incidence de la défaillance

3.7. DEROULEMENT D'UNE ACTION DE MAINTENANCE CORRECTIVE





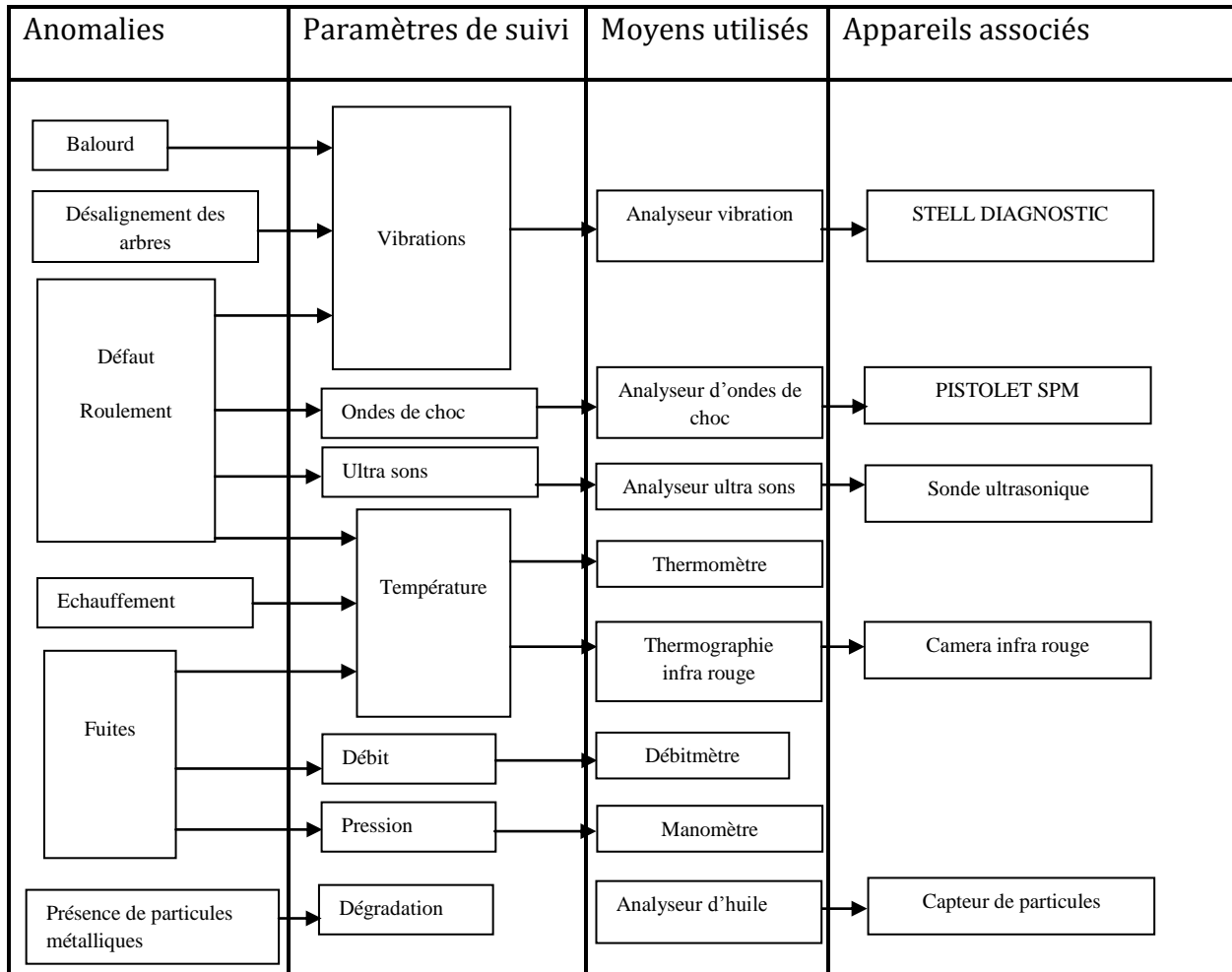
3.8. DEROULEMENT D'UNE ACTION DE MAINTENANCE PREVENTIVE



Chapitre III : Types de Maintenance

3.9. RELATION ENTRE ANOMALIE-PARAMETRES-MOYENS

En vue de mettre en place une maintenance préventive systématique ou conditionnelle, le tableau permet de mettre en liaison les anomalies ou les défauts avec les paramètres de suivi et les moyens utilisés.



Chapitre III : Types de Maintenance

3.10. AUTRES ASPECTS DE LA MAINTENANCE

La maintenance commence bien avant le jour de la première défaillance d'un système technique. Elle commence dès la conception, car c'est à partir de la conception du système technique que sa **maintenabilité** (c'est à dire aptitude à être entretenu) ; sa **fiabilité** (C'est-à-dire aptitude à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné) ; sa **disponibilité** (c'est-à-dire aptitude à être opérationnel) ; sa **durabilité** (c'est-à-dire sa durée de vie prévisionnelle) ; vont être prédéterminés.

3.10.1. La fiabilité

3.10.1.1. Définitions

Def 1: La fiabilité représente " l'**aptitude** d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné ". On dit qu'un équipement est fiable s'il subit peu d'arrêts pour pannes. La notion de fiabilité s'applique à :

- Du matériel réparable (équipements industriels ou domestiques)
- Du matériel non réparable (composants, lampes...)

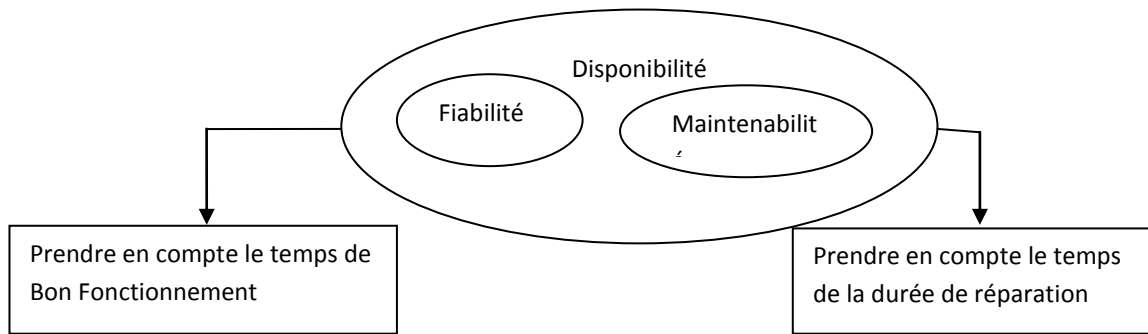
Def 2 : C'est une caractéristique d'un bien exprimée par **la probabilité** qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données, pendant une période donnée. La notion de temps ou de période peut prendre la forme : du nombre de cycles effectués ; de la distance parcourue ou du tonnage produit etc..... La période donnée est limitée, soit

- Situation 1 : Avant la première défaillance ;
- Situation 2 : Après une intervention qui a permis d'éliminer une défaillance Dans chaque situation, il faut :

1. Etudier comment une telle probabilité peut être obtenue ;

2. Quelles sont les informations qu'elle peut apporter ? Une telle étude est maintenant devenue très importante, notamment dans les secteurs où se posent des problèmes de sécurité ou lorsque les réparations sont impossibles.

La fiabilité se situe aujourd'hui dans le cadre plus général de la **DISPONIBILITE**. En faisant intervenir le calcul de probabilité pour un produit, non seulement on prend en compte le **Temps de Bon Fonctionnement** (c'est l'objet de **LA FIABILITE**), mais aussi la durée des réparations (c'est l'objet de la **MAINTENABILITE**)



3.10.1.2. Fonction de défaillance et fonction de fiabilité

Hypothèses:

a. On s'intéresse à un produit choisi au hasard dans une population constituée des produits du même type;

b. $t = 0$: L'instant où le dispositif choisi est mis en marche, soit pour la 1ère fois, soit après une réparation. (l'origine des temps $t = 0$);

c. On désigne par T la variable aléatoire qui, à tout produit choisi au hasard dans la population, associe son temps de bon fonctionnement ou sa durée de vie avant une défaillance.

d. T : Une variable aléatoire qui fait associer le temps de bon fonctionnement (ou durée de vie avant défaillance) à chaque produit tiré au hasard de la population. Tel que :

- T : variable aléatoire continue qui prend les valeurs $[0, +\infty[$;
- T : Mesure l'instant où apparaît la 1ère défaillance à partir de l'instant $t = 0$
- T : Possède une densité de probabilité

1°. Fonction de répartition de la variable T

a. En terme de défaillance : " En terme de défaillance, la fonction de répartition de la variable T , est la probabilité qu'un produit prélevé au hasard dans la population considérée ait une défaillance avant l'instant t ".

b. On définit mathématiquement la fonction de défaillance par le nombre $F(t)$, tel

que pour $t \geq 0$

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx$$

$$F'(t) = f(t) \quad 0 \leq F(t) \leq 1$$

- $F(t)$: Fonction de défaillance du système
- $f(t)$: la densité de défaillance. Ou bien la densité de probabilité de la variable T

Chapitre III : Types de Maintenance

c. En terme de fiabilité

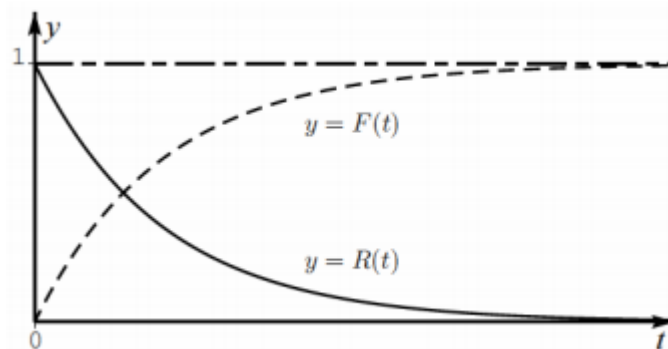
" En terme de fiabilité, la fonction de répartition de la variable T , est la probabilité qu'un produit prélevé au hasard dans la population considérée **n'ait pas** de défaillance avant l'instant t ". On définit mathématiquement la fonction de fiabilité par le nombre $R(t)$ associée à celle de la défaillance, tel que pour tout $t \geq 0$:

$$R(t) = P(T \geq t)$$

- Sachant que $T \geq t$ est l'événement contraire de $T \leq t$, on peut écrire: $P(T \geq t) = 1 - P(T \leq t)$

- Puisque $P(T \leq t) = F(t)$ et $P(T \geq t) = R(t)$, alors on a:

$$R(t) = 1 - F(t)$$



La fiabilité en tant que caractéristique s'exprime sous la forme d'une probabilité découlant généralement d'une double extrapolation.

- La première c'est l'extrapolation à partir des résultats obtenus dans un intervalle de temps déterminé, sur la durée de vie utile du produit. C'est-à-dire, que si on suppose qu'en un an, une défaillance a été observée, alors, en trois ans trois défaillances vont se produire.

- La deuxième c'est l'extrapolation à partir des résultats obtenus sur un échantillon de produits, sur l'ensemble de la population de produits dans laquelle a été prélevé l'échantillon. C'est-à-dire, que si, sur un échantillon de 100 produit d'un lot, un seul montre dans un laps de temps donné une défaillance, alors sur le lot total de 100 000 unités, 1000 produit auront une défaillance dans le même laps de temps.

2°. Estimation de $F(t)$ et de $R(t)$ Pour une valeur donnée t et , les valeurs exactes de $F(t)$ et de $R(t)$ ne sont pas connues. Donc on est amené à estimer les nombres $F(t)$ et $R(t)$ à partir de valeurs observées sur un échantillon. Pour cela on trois méthodes: Méthode des rangs brut, Méthode des rangs moyens, Méthode des rangs médians.

Chapitre III : Types de Maintenance

On définit:

- N : Nombre total d'éléments de l'échantillon.
- n_i : Nombre total d'éléments défectueux à l'instant t_i parmi les N éléments de l'échantillon (c'est un effectif cumulé)

a. Méthode 1: "Méthode des rangs bruts"

" Elle est utilisée quand l'effectif N de l'échantillon est de grande taille. Dans ce cas, comme estimation de $F(t_i)$ on prend:

$$F(t_i) = \frac{n_i}{N}$$

b. Méthode 2: "Méthode des rangs moyens"

" Elle est utilisée quand l'effectif N de l'échantillon est de taille moyenne. Dans ce cas, comme estimation de $F(t_i)$ on prend:

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

c. Méthode 3: "Méthode des rangs médians"

" Elle est utilisée quand l'effectif N de l'échantillon est de petite taille. Dans ce cas, comme estimation de $F(t_i)$ on prend:

$$F(t_i) = \frac{n_i - 0.3}{N + 0.3}$$

3.10.1.3. Taux d'avarie instantané

On appelle taux d'avarie instantané, la quantité $\lambda(t)$ définie par :

$$\lambda(t) = \frac{F'(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

On peut trouver $\lambda(t)$ si l'on connaît $F(t)$ ou $R(t)$. Inversement, si l'on connaît $\lambda(t)$, on peut obtenir $R(t)$ et respectivement $F(t)$ comme solution de l'équation différentielle du premier ordre :

$$\frac{R'(t)}{R(t)} = -\lambda(t)$$

On obtient:

Chapitre III : Types de Maintenance

$$R(t) = \text{Exp} \left[-\int_0^t \lambda(x) dx \right] \text{ et } F(t) = 1 - \text{Exp} \left[-\int_0^t \lambda(x) dx \right]$$

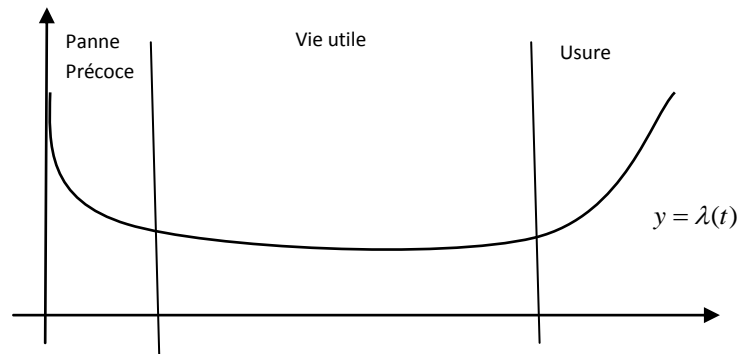
Remarques:

- Expérimentalement, pour la plupart des produits, la courbe représentative du taux d'avarie instantané quand $t \rightarrow \lambda(t)$, possède la forme donnée par la figure ci-dessous. Elle est appelée courbe en baignoire et comporte 3 parties distinctes :

- A gauche, la période de début de fonctionnement, où le taux d'avarie instantané décroît avec le temps, car les pannes précoces dues à des défauts de fabrication ou de conception sont de moins en moins ombreuses.

- Au centre, la période de maturité, ou vie utile, où le taux d'avarie instantané reste à peu près constant ; pendant cette période, les pannes paraissent dues au hasard.

- A droite, la période d'usure, où le taux d'avarie instantané augmente avec le temps, car les pannes sont dues à l'usure croissante du produit



3.10.1.4. Quantification de la fiabilité

1°. La MTBF On retient généralement comme indicateur de fiabilité, pour les produits réparables, la moyenne des temps de bon fonctionnement satisfaisant entre deux défaillances du produit. On le désigne par " **MTBF**" (**M**ean **T**ime **B**etween **F**ailure = **M**oyenne des **T**emps de **B**on **F**onctionnement). On appelle MTBF l'espérance mathématique de la variable aléatoire T .

$$MTBF = \frac{\sum \text{des temps de bon fonctionnement satisfaisant}}{\text{Nombre de périodes de bon fonctionnement}}$$

Chapitre III : Types de Maintenance

2°. Lois usuelles de la fiabilité

a. Loi exponentielle La loi exponentielle est la loi suivie par la variable **T** lorsque le taux d'avarie est constant. Pour tout $t = 0$ on a $\lambda(t) = \lambda$ constante strictement positive. Pour tout $t \geq 0$

- Fonction de fiabilité: $R(t) = e^{-\lambda t}$
- Fonction de défaillance: $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$
- Densité de probabilité: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$
- MTBF = $\frac{1}{\lambda}$

b. Loi de WEIBULL :

WEIBULL a choisi une loi sous forme de puissance (calcul facile d'intégrales) avec 3 paramètres qui permettent d'obtenir les diverses situations : décroissante, constante et croissante.

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\lambda} \right)^{\beta-1}$$

β, γ, η sont des constantes avec $\beta > 0$ et $\eta > 0$. Pour tout $t \geq 0$:

$$\text{Fonction de fiabilité : } R(t) = \text{Exp} \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

$$\text{Fonction de défaillance : } F(t) = 1 - \text{Exp} \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

$$\text{Densité de probabilité : } f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

$$MTBF = \eta A + \gamma \text{ et } \sigma = \eta \beta$$

On retrouve la MTBF et l'écart type à l'aide de tables.

L'utilisation du papier imaginé par **WEIBULL** pour représenter $F(t)$ permet de déceler une loi de Weibull. Les points de coordonnées $(t_i, F(t_i))$ sont alignés lorsque $\gamma = 0$. on retrouve alors graphiquement les valeurs de β et de η .

Chapitre III : Types de Maintenance

3.10.1.5 Fiabilité d'un système

a. Système avec composants montés en série

Pour un système constitué de n composants montés en série (le bon fonctionnement de chacun étant indépendant du bon fonctionnement des autres), on montre que l'on a:

$$R(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t) \times \dots \times R_n(t)$$

Où $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ sont les fonctions de fiabilités respectives des n composants. (En effet, le système est défaillant dès qu'un seul composant est défaillant.)

b. Système avec composants montés en parallèle

Pour un système constitué de n composants montés en parallèles (le bon fonctionnement de chacun étant indépendant du bon fonctionnement des autres), on montre que l'on a:

$$F(t) = F_1(t) \times F_2(t) \times F_3(t) \times \dots \times F_n(t)$$

Où $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ sont les fonctions de fiabilités respectives des n composants. (En effet, le système est fonctionnel dès qu'un seul composant est fonctionnel.)

3.10.2. La maintenabilité

3.10.2.1. Définition

"La maintenabilité c'est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut remplir sa fonction, lorsque sa maintenance est accomplie dans les conditions d'utilisation données pour lesquelles il a été conçu et avec des procédures et des moyens prescrits". La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou à maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Elle dépend de nombreux facteurs, tels que :

- Ceux liés à l'équipement : documentation, aptitude au démontage, facilité d'utilisation...
- Ceux liés au constructeur : qualité du service après-vente, facilité d'obtention de pièces de rechange, coût des pièces de rechange...
- Ceux liés à la maintenance : préparation et formation du personnel, outillages adéquats, études d'améliorations...

3.10.2.2. Quantification de la maintenabilité

Si la fiabilité correspond à la probabilité de bon fonctionnement d'un produit, la maintenabilité correspond à une probabilité attachée à sa durée de réparation. On retient généralement comme indicateur de maintenabilité la moyenne des temps techniques de réparation. On le désigne par "**MTTR**" (**Mean Time To Repair**).

Dr SAAD Mohamed

Chapitre III : Types de Maintenance

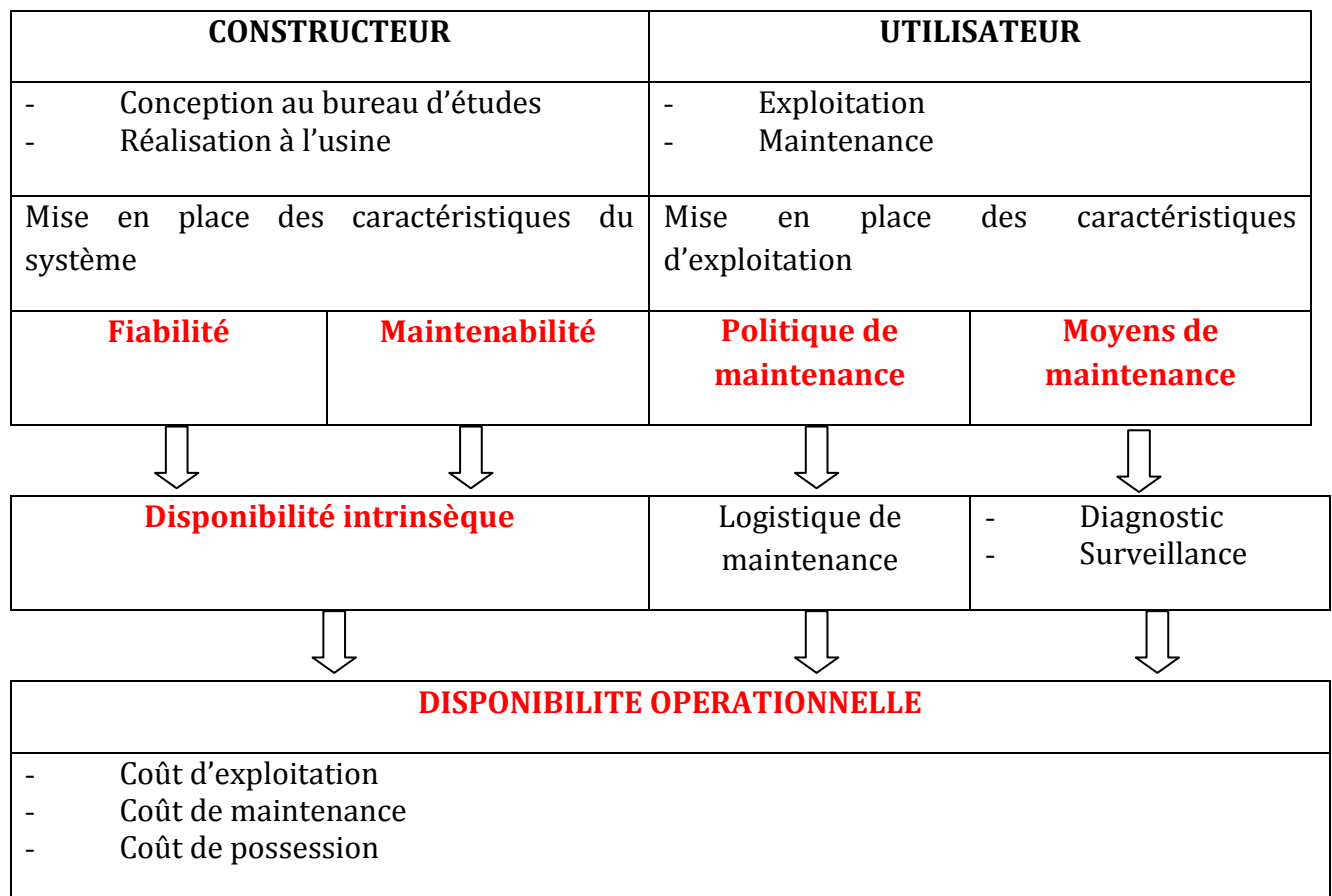
$$MTTR = \frac{\sum \text{des temps de réparation}}{\text{Nombre de réparation}}$$

3.10.3. La disponibilité

3.10.3.1. Définition

"La disponibilité c'est l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées". Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

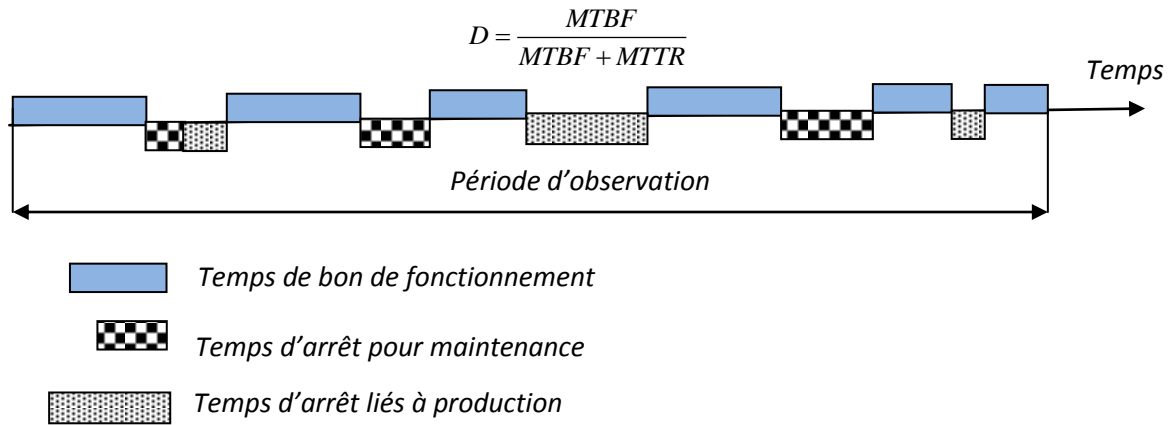
- Avoir le moins possible d'arrêts de production.
- Etre rapidement remis en état s'il tombe en panne.
- La disponibilité d'un équipement est donc liée à la fiabilité et à la maintenabilité.



3.10.3.2. Quantification de la disponibilité

La prise en compte simultanée des indicateurs de fiabilité et de maintenabilité permet de définir la disponibilité moyenne "D" d'un produit qui correspond au pourcentage du temps pendant lequel ce produit remplit effectivement les fonctions attendues par l'utilisateur.

Chapitre III : Types de Maintenance



Disponibilité vue de la maintenance

$$D = \frac{T - \sum \text{Temps arrêt maintenance}}{T}$$

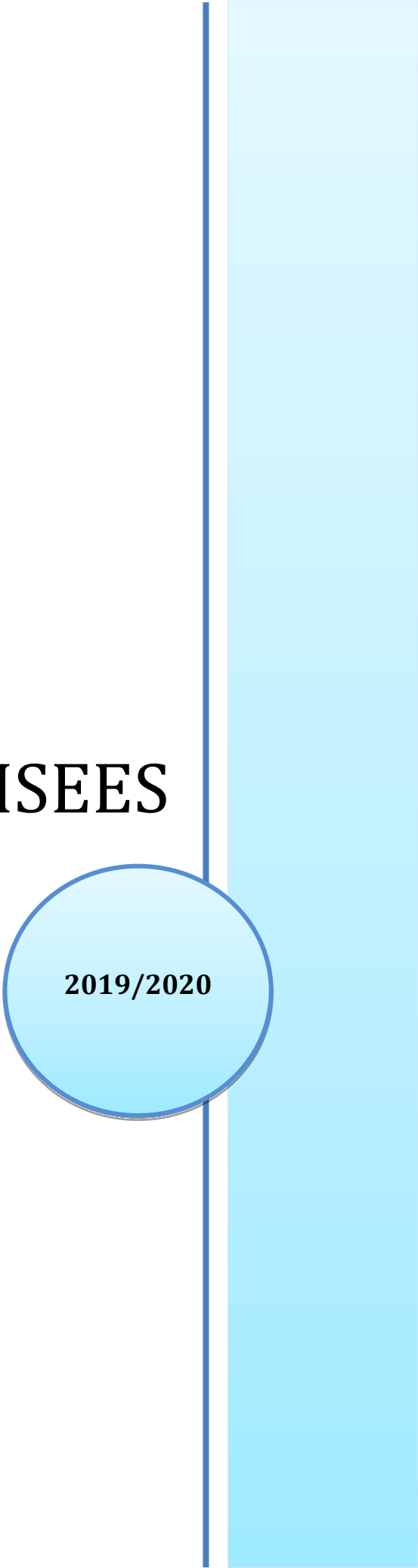
Disponibilité opérationnelle

$$D = \frac{T - \sum \text{Tout les temps d'arrêt}}{T}$$

CHAPITRE IV

TECHNIQUES UTILISEES EN MAINTENANCE

2019/2020



CHAPITRE IV

TECHNIQUES UTILISEES EN MAINTENANCE

4-1. METHODE ABC (Diagramme Pareto) :

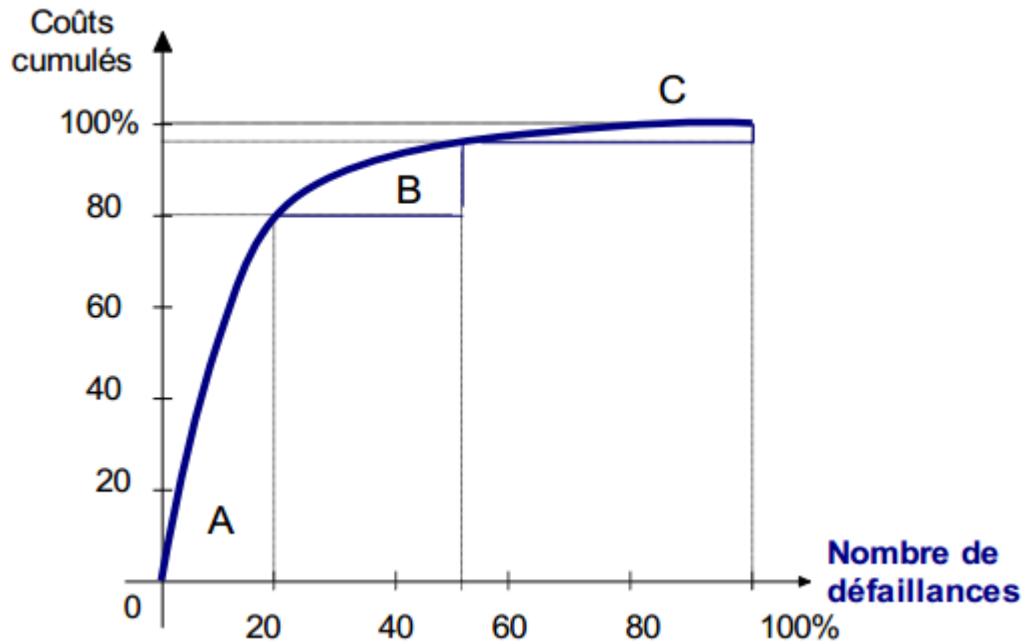
4.1.1 But de la méthode ABC

Parmi la multitude de préoccupations qui se posent à un responsable maintenance, il lui faut décider quelles défaillances doivent être étudiées et/ou améliorées en premier. Pour cela, il faut déceler celles qui sont les plus importantes et dont la résolution ou l'amélioration serait le plus rentable, en particulier en terme de coûts d'indisponibilité. La difficulté réside dans le fait que ce qui « est important » et que ce qu'il « l'est moins » ne se distinguent pas toujours de façon claire. La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités. On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc..), chaque événement se rapportant à une entité. On établit ensuite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés. Sur le schéma, on observe trois zones.

1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts ;
2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires ;
3. Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A.

Chapitre IV : Techniques en maintenance



En maintenance cette méthode est très utile pour déterminer les urgences ou les tâches les plus rentables, par exemple : - S'attacher particulièrement à la préparation des interventions sur les défaillances les plus fréquentes et/ou les plus coûteuses (documentation, gammes opératoires, contrats, ordonnancement, etc..),

- Rechercher les causes et les améliorations possibles pour ces mêmes défaillances,
- Organiser un magasin en fonction des fréquences de sortie des pièces (nombre de pièces et emplacement),
- Décider de la politique de maintenance à appliquer sur certains équipements en fonction des heures et des coûts de maintenance.

Attention toutefois : cette méthode ne résout pas les problèmes, mais elle attire l'attention du technicien sur les groupes d'éléments à étudier en priorité.

4.1.2. Application :

Une machine comporte 10 sous-ensembles dont on a relevé l'historique des pannes. L'entreprise, qui utilise cette machine, désire augmenter sa productivité en diminuant les pannes sérieuses. Pour cela elle demande au service de maintenance de définir des priorités sur les améliorations à apporter à cette machine. L'historique de la machine fournit le tableau suivant.

Sous-ensembles	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Nombre d'heures d'arrêt	26.5	11	1	57	56.5	1	17	1.5	9.5	1
Nombre de pannes	4	15	4	4	3	8	12	2	3	2

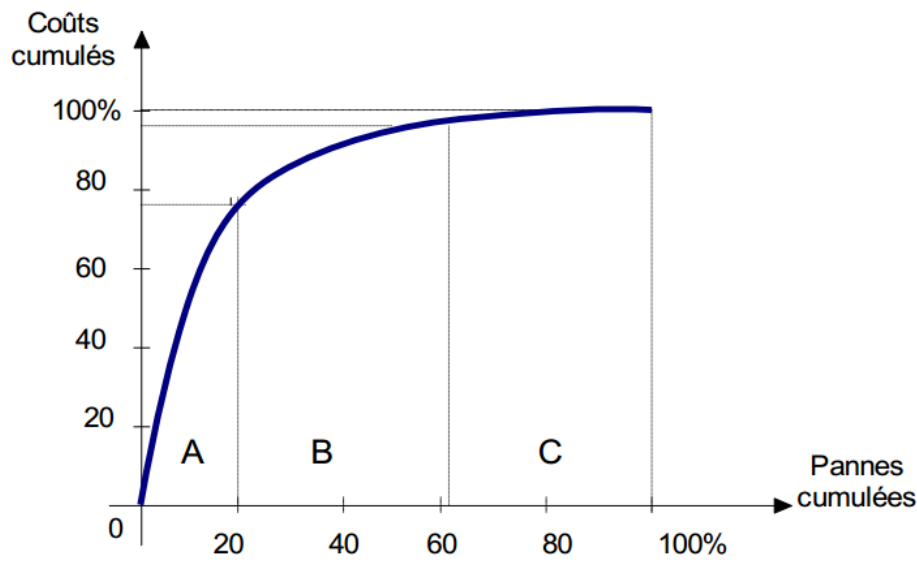
Chapitre IV : Techniques en maintenance

4.1.3. Correction :

A-Diagramme ABC : Du tableau précédent, on tire le tableau des coûts et des pannes cumulées.

Sous-ensemble	Cassement en Cout (h)	Cumul des couts (h)	% des couts cumulés	Nombre de pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumuées
D	57	57	31.3	4	4	7
E	56.5	113.5	62.4	3	7	12.3
A	26.5	140	76.9	4	11	19.3
G	17	157	87.2	12	23	40.3
B	11	168	92.3	15	38	66.7
I	9.5	177.5	97.5	3	41	71.9
H	1.5	179	98.3	2	43	75.4
C	1	180	98.9	4	47	82.4
F	1	181	99.4	8	55	96.5
J	1	182	100	2	57	100

A partir du tableau ci-dessus, on construit le diagramme de Pareto..



Conclusion

Les cases grises nous donnent les limites des zones A, B et C. Il est donc évident qu'une amélioration de la fiabilité sur les sous-ensembles D, E et A peut procurer jusqu'à 76,9% de gain sur les pannes.

Chapitre IV : Techniques en maintenance

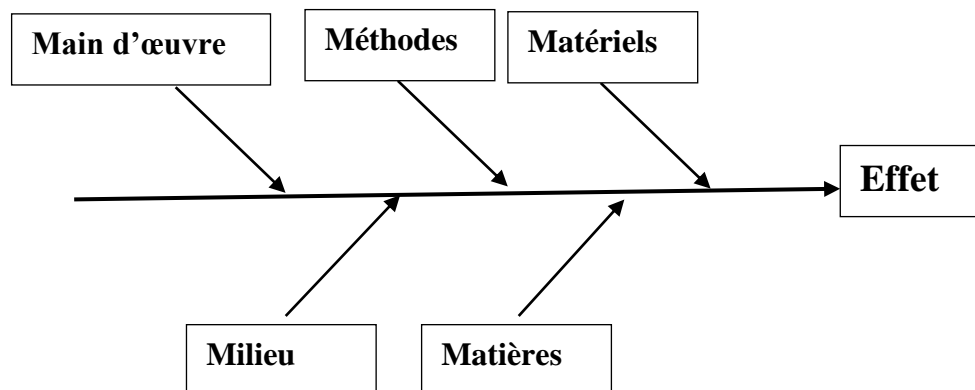
4.2. LE DIAGRAMME DE CAUSES A EFFET

4.2.1 Définition

Outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier.

4.2.2. Représentation

Cet outil se présente graphiquement sous la forme d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5 M (matière, main d'œuvre, matériel)

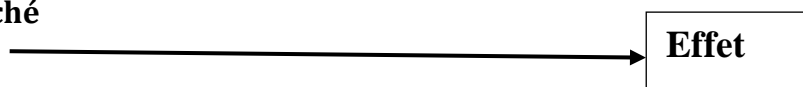


Il est très important de parvenir au consensus sur la définition et les caractéristiques de la question traitée. Il faut définir clairement l'effet sur lequel on souhaite directement agir.

- Lister à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, toutes les causes susceptibles de concerner le problème considéré
- Il faut bien approfondir et explorer toute les démentions d'une situation données
- Classer par famille toutes les causes d'un problème donnée si nombre de causes par famille est trop important

4.2.3 Construction du diagramme

4.2.3.1 Placer une flèche horizontalement pointée vers le problème identifié ou le but recherché



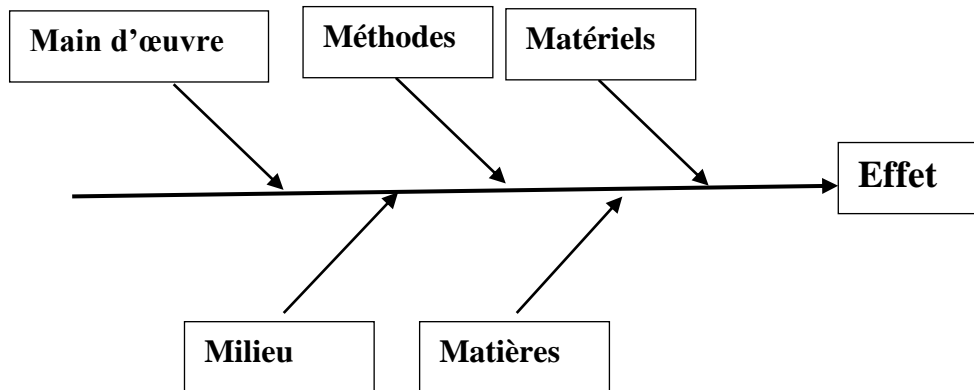
4.2.3.2 Regrouper les causes potentielles en familles, appelées les cinq M.

- **Matière** : Recense les causes ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés.

Chapitre IV : Techniques en maintenance

- **Main d'œuvre** : Problème de compétence, d'organisation, de Management.
- **Matériel** : Causes relatives aux Machines, aux équipements et Moyens concernés.
- **Méthode** : Procédures ou modes opératoires utilisés.
- **Milieu** : Environnement physique : lumière, bruit, poussière, localisation, signalétique .

4.2.3.3 Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de familles de causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale.

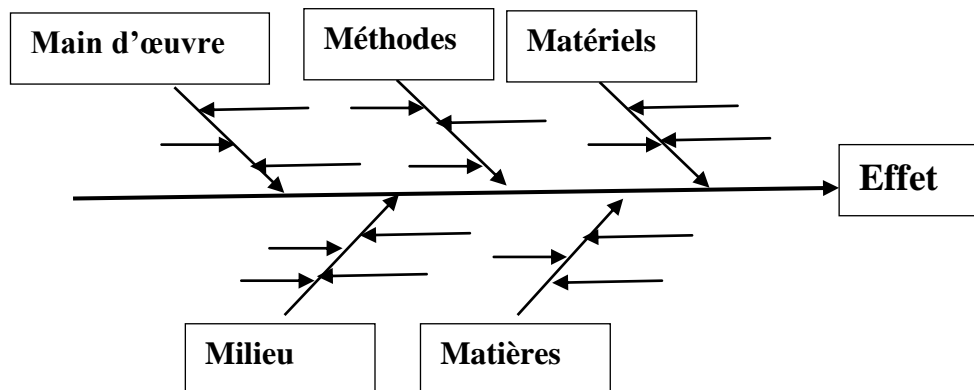


Chaque flèche secondaire identifie une des familles de causes potentielles.

4.2.3.4 Inscrire sur des mini flèches, les causes rattachées à chacune des familles.

Il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent.

4.2.3.5 Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié.



Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger.

Le diagramme Causes-Effet est donc l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système. Il se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement. Les 5 grandes familles ou 5 facteurs primaires sont

Chapitre IV : Techniques en maintenance

renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires; Les différents facteurs doivent être hiérarchisés

L'intérêt de ce diagramme est son caractère exhaustif. Il peut aussi bien s'appliquer à des systèmes existants (évaluation) qu'à des systèmes en cours d'élaboration (validation). On pourra adjoindre au diagramme précédent des facteurs secondaires et tertiaires qui compléteront les facteurs primaires : On peut adapter cet outil à l'aide au diagnostic de la manière suivante :

- Définition de l'effet étudié en regroupant le maximum de données.
- Recensement de toutes les causes possibles ; le brainstorming¹ est un outil efficace pour cette phase de recherche.
- Classement typologique des causes.
- Hiérarchisation des causes dans chaque famille par ordre d'importance



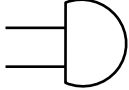
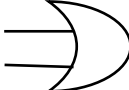
4.3 ARBRE DE DEFAILLANCES :

C'est un diagramme déductif qui va de l'effet vers la cause et qui a pour objet de rechercher toutes les combinaisons de défaillances élémentaires (primaires) pouvant déboucher vers une panne.

4.3.1 Symbolisme :

Cet outil utilise un symbolisme qu'on utilise également sur les circuits logiques. On parle aussi de logigramme de dépannage. Ce symbolisme est donné sur le tableau 1.

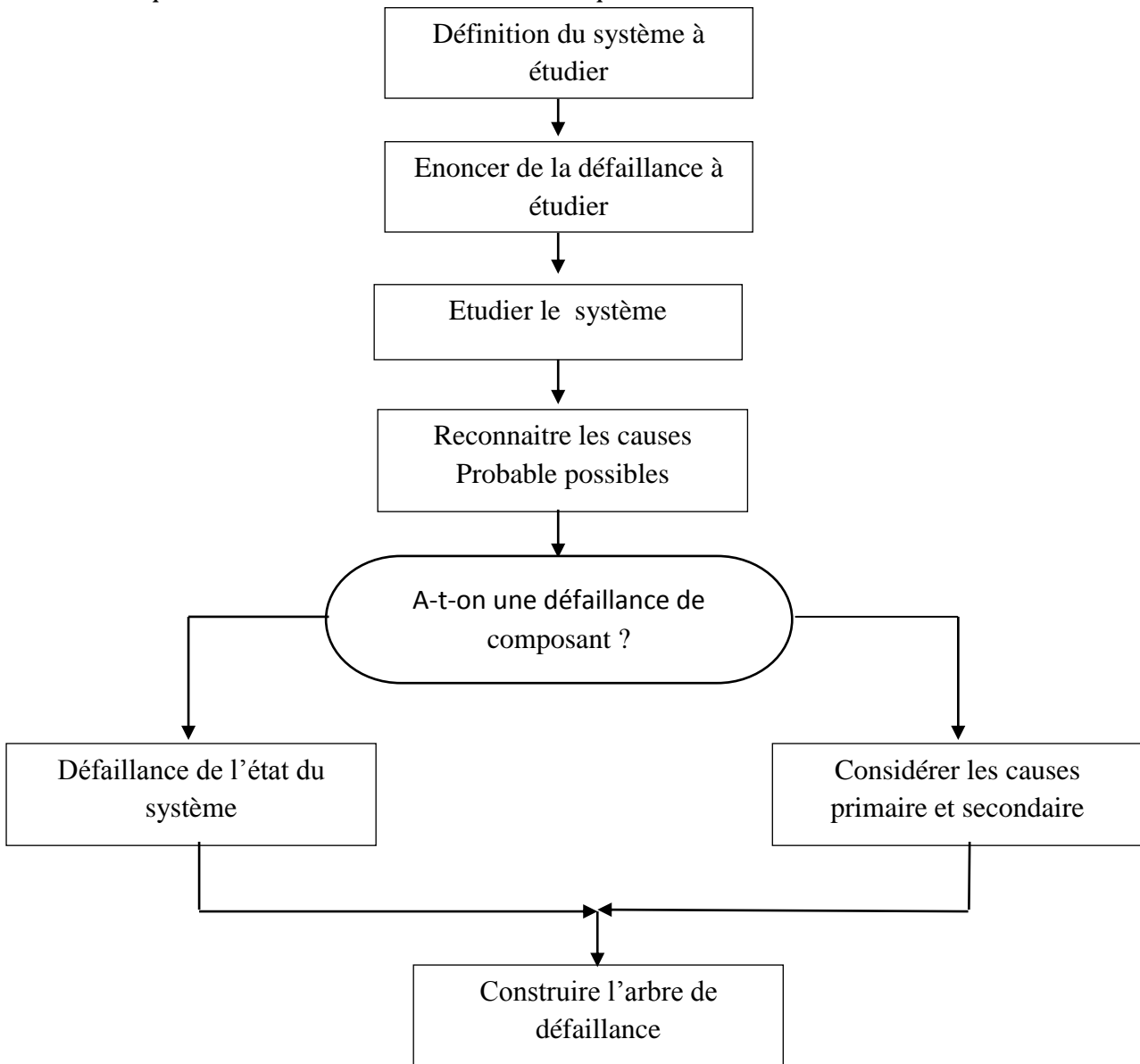
Tableau 1: *Symbolisme des arbres de défaillances*

symboles	désignations
	Evènement élémentaire (défaillance primaire)
	Evènement intermédiaire (de sortie)
	Porte ET
	Porte ou

Chapitre IV : Techniques en maintenance

4.3.2. Construction de l'arbre de défaillances :

Pour construire un arbre de défaillance, on peut utiliser l'organigramme ci dessous. Notons que cette construction est tout à fait qualitative.



4.4. ANALYSE DE MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE (AMDEC)

4.4.1. Description de l'AMDEC

Une analyse de modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) produit une liste des modes de défaillance de l'équipement et de leurs effets sur un système. Le mode de défaillance décrit comment l'équipement se brise. La conséquence du mode de bris est déterminée par la réponse du système au bris de l'équipement. Une AMDEC identifie les modes singuliers de bris qui causent ou contribuent de façon significative à un accident. Les erreurs humaines ne sont pas habituellement examinées directement

Chapitre IV : Techniques en maintenance

lors d'une AMDEC; cependant les effets d'une mauvaise opération à la suite d'une erreur humaine sont habituellement répertoriés par un mode de bris de l'équipement. Une AMDEC n'est pas un mode d'analyse efficace pour identifier les combinaisons de bris de plusieurs équipements qui pourraient conduire à un événement dangereux.

4.4.2. Objectifs de l'AMDEC

Le but d'une AMDEC est d'identifier les effets des modes de bris d'équipement, de système ou d'usine. Cette analyse produit généralement des recommandations qui conduisent à une amélioration de la fiabilité de l'équipement.

L'AMDEC joue un rôle essentiel dans un programme d'assurance fiabilité. Cette méthode peut s'appliquer à un large éventail de problèmes survenant dans les systèmes techniques. Elle peut être plus ou moins approfondies ou modifiées en fonction du but à atteindre. Cette analyse, qui est peu utilisée pendant les phases d'étude, de planification et de définition, est largement employée au cours de la conception et de la mise en œuvre. Il faut, toutefois, rappeler que l'AMDEC n'est qu'une étape du programme de fiabilité et de maintenabilité qui requiert d'effectuer de multiples tâches dans des domaines variés. L'AMDEC est une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative de la fiabilité d'un système depuis un niveau bas jusqu'à un niveau élevé.

4.4.3. Application de l'AMDEC

L'AMDEC sert, entre autres fins, à :

- Évaluer les effets et la séquence des événements provoqués par chaque mode connu de défaillance d'un dispositif – quelle qu'en soit l'origine – et ce, aux divers niveaux fonctionnels du système.
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance compte tenu de son influence sur le fonctionnement normal du système ou sur son niveau de performance et à en évaluer l'impact sur la fiabilité ou sur la sécurité du processus considéré.
- Classer les modes de défaillance connus suivant la facilité avec laquelle il est possible de les détecter, de les diagnostiquer, de les simuler, de changer une composante et suivant les moyens mis en œuvre pour y faire face et maintenir le système en état de marche. Une échelle de capacité de détection des défaillances peut être produite.
- Établir des échelles de signification et de probabilité de défaillance, à condition de pouvoir disposer des informations nécessaires.

L'AMDEC est une méthode essentiellement adaptée à l'étude des défaillances des matériaux et des équipements. Elle s'applique à des systèmes de divers types

Chapitre IV : Techniques en maintenance

(électriques, mécaniques, hydrauliques, etc.), ou à des systèmes alliant plusieurs types. L'AMDEC peut également être utilisée pour les études de logiciels et les études de l'action humaine.

4.4.4. Exemples d'objectifs des applications de l'AMDEC :

- Définir les défaillances qui, lorsqu'elles se produisent seules, ont des effets inacceptables ou importants, et rechercher les modes de défaillance qui peuvent avoir des conséquences graves sur le fonctionnement désiré ou exigé. Les défaillances secondaires sont comptées parmi ces effets.
- Déterminer s'il faut changer de matériaux, de pièces, de dispositifs ou de composants.
- Mettre en évidence les défaillances aux conséquences graves et, partant, déterminer s'il est nécessaire de revoir et de modifier la conception.
- Préparer le modèle logique qui permettra de calculer les probabilités de conditions anormales de fonctionnement du système.
- Trouver tout ce qui peut présenter un risque ou soulever un problème de responsabilité juridique et découvrir toutes les violations possibles de la réglementation.
- S'assurer que le programme d'essais peut mettre en évidence les modes de défaillance potentiels.
- Établir les cycles d'utilisation qui peuvent prévoir et éviter les défaillances dues à l'usure.
- Insister sur les éléments clés qui devront être soumis à des contrôles de qualité, à des inspections et à des vérifications des procédés de fabrication.
- Éviter des modifications coûteuses en détectant le plus tôt possible les faiblesses de la conception.
- Établir les besoins relatifs à l'enregistrement de données et à la surveillance pendant les essais, les vérifications et l'exploitation; obtenir des informations qui permettront de définir les dispositions relatives à l'entretien préventif et aux réparations, de rédiger des manuels de dépannage, de réaliser un appareillage d'essai intégré et de préciser les points qui doivent faire l'objet d'essais.
- Faciliter l'établissement de critères et de programmes d'essais, de méthodes de diagnostic de panne, par exemple, la vérification du fonctionnement et l'essai de fiabilité.
- Recenser les circuits qui nécessitent une analyse des cas les plus défavorables (cette analyse est souvent nécessaire pour les modes de défaillance qui impliquent une dérive des paramètres).

Chapitre IV : Techniques en maintenance

- Faciliter la tâche des opérateurs en concevant, par exemple, des processus permettant d'isoler les pannes et prévoyant des modes de fonctionnement de remplacement et des changements de la configuration de fonctionnement.
- Faciliter les échanges entre :
 - ingénieurs « généralistes » et « spécialistes »;
 - fabricant de matériel et fournisseurs;
 - utilisateur du système et concepteur ou fabricant.
- Permettre à l'analyste de mieux connaître et de mieux comprendre le comportement du matériel étudié.
- Mettre au point une méthode systématique et rigoureuse pour étudier les installations dans lesquelles est situé le système.

4.4.5. Principe de l'AMDEC

L'AMDEC repose sur :

- la notion de décomposition du système en « éléments »;
- les représentations graphiques de la structure fonctionnelle du système et le recensement des diverses données nécessaires à la réalisation de cette AMDEC;
- la notion de mode de défaillance;
- la notion de criticité (si cette analyse est requise).

4.4.6. Définition de la structure fonctionnelle du système

L'analyse commence par le choix du niveau approprié le plus bas (habituellement une pièce, un circuit, un module) pour lequel un volume d'information suffisant est disponible. Un tableau des divers modes de défaillance de chaque élément se trouvant à ce niveau est dressé. L'effet de la défaillance des éléments pris individuellement, et à tour de rôle, est alors considéré comme un mode de défaillance dont l'impact au niveau suivant sera étudié. Sont ensuite dégagés, par itérations successives, les effets des défaillances à tous les niveaux fonctionnels nécessaires jusqu'au niveau du système ou le niveau le plus élevé compte tenu des modes de défaillance spécifiques. Il convient donc de déterminer le niveau de décomposition à partir duquel l'analyse doit être effectuée.

il existe cinq principaux types d'AMDEC :

- l'**AMDEC fonctionnelle**, permet, à partir de l'analyse fonctionnelle (conception), de déterminer les modes de défaillances ou causes amenant à un événement redouté ;

Chapitre IV : Techniques en maintenance

- l'**AMDEC produit**, permet de vérifier la viabilité d'un produit développé par rapport aux exigences du client ou de l'application ;
- l'**AMDEC processus**, permet d'identifier les risques potentiels liés à un procédé de fabrication conduisant à des produits non conformes ou des pertes de cadence ;
- l'**AMDEC moyen de production**, permet d'anticiper les risques liés au non-fonctionnement ou au fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine ;
- l'**AMDEC flux**, permet d'anticiper les risques liés aux ruptures de flux matière ou d'informations, les délais de réaction ou de correction, les coûts inhérents au retour à la normale.

Chacun de ces types d'AMDEC donne en sortie un document de travail incontournable pour la suite du développement, par exemple :

- pour l'AMDEC produit, un plan de fiabilisation ;
- pour l'AMDEC processus, un plan de surveillance, contrôle qualité ;
- pour l'AMDEC moyen, une gamme de maintenance préventive ;
- pour l'AMDEC flux, le plan de sécurisation ainsi que les stocks et délais de sécurité.

4.4.7. Mise en œuvre

Constituer : un groupe de travail pluridisciplinaire (production, maintenance),

Définir : les limites de l'étude (objectif, délais, système),

Présenter : le système, son environnement et découper celui-ci en sous-ensembles fonctionnels,

Recenser : les modes de défaillances,

Rechercher : les causes de défaillances (ISHIKAWA),

Etudier : les effets de chaque défaillance et les conséquences les plus probables sur le système,

Recenser : les moyens de détection existants.

4.4.8. Les modes de défaillance

C'est la manière dont un système vient à ne pas fonctionner. Il est relatif à la fonction de chaque élément. Une fonction a 4 façons de ne pas être correctement effectuée :

Plus de fonction : la fonction cesse de se réaliser,

Pas de fonction : la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite,

Fonction dégradée : la fonction ne se réalise pas parfaitement, altération de performances

Chapitre IV : Techniques en maintenance

Fonction intempestive : la fonction se réalise lorsqu'elle n'est pas sollicitée.

Modes de défaillances	Composants électriques et électromécaniques	Composants hydrauliques	Composants mécaniques
Plus de fonction	-Composant défectueux	-Composant défectueux -Circuit coupé ou bouché	-Rupture -Blocage, grippage
Pas de fonction	-Composant ne répondant pas à la sollicitation dont il est l'objet -connexion débranchée -fils desserrés	-Connexion / raccord débranché	
Fonction dégradée	-Dérive des caractéristiques	-Mauvaise étanchéité -Usure	- Désolidarisation - jeu
Fonction intempestive	-perturbation (parasite)	-perturbation (coups de bélier)	

4.4.9. Les causes de défaillance

Il existe 4 types de causes amenant le mode de défaillance :

Causes internes au matériel,

Causes externes au matériel : matériel en amont,

Causes externes dues à l'environnement, au milieu, à l'exploitation,

Causes externes dues à la main d'œuvre.

Modes de défaillances	Composants électriques et électromécaniques	Composants hydrauliques	Composants mécaniques
Causes internes matériel	- vieillissement - Composant HS (mort subite)	- vieillissement - Composant HS (mort subite) - Colmatage - Fuites	- contraintes mécaniques - fatigue mécanique - état de surface
Causes externes milieu exploitation	- pollution (poussière, huile, eau) - vibration - échauffement local - parasites - perturbations	- température ambiante - pollution (poussière, huile, eau) - vibration	- température ambiante - pollution (poussière, huile, eau) - vibration - échauffement local - choc

Chapitre IV : Techniques en maintenance

	magnetiques etc..	- echauffement local - choc - coup de belier	
Causes externes main d'oeuvre	- montage - réglage - contrôle - mise en œuvre - utilisation - manque d'énergie	- montage - réglage - contrôle - mise en œuvre - utilisation - manque d'énergie	- conception - fabrication (pour les composants fabriqués) - montage - réglage - contrôle - mise en œuvre - utilisation

4.4.10. Criticité des conséquences

La criticité est en fait la gravité des conséquences de la défaillance, déterminée par calcul

F : Fréquence d'apparition de la défaillance : elle doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultant d'une cause donnée.

D : Fréquence de non-détection de la défaillance : elle doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne.

G : Gravité des effets de la défaillance : la gravité représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.

Chaque critère comporte 4 niveaux de gravité notés de 1 à 4.

C : Evaluation de la criticité : elle est exprimée par l'Indice de Priorité des Risques.

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

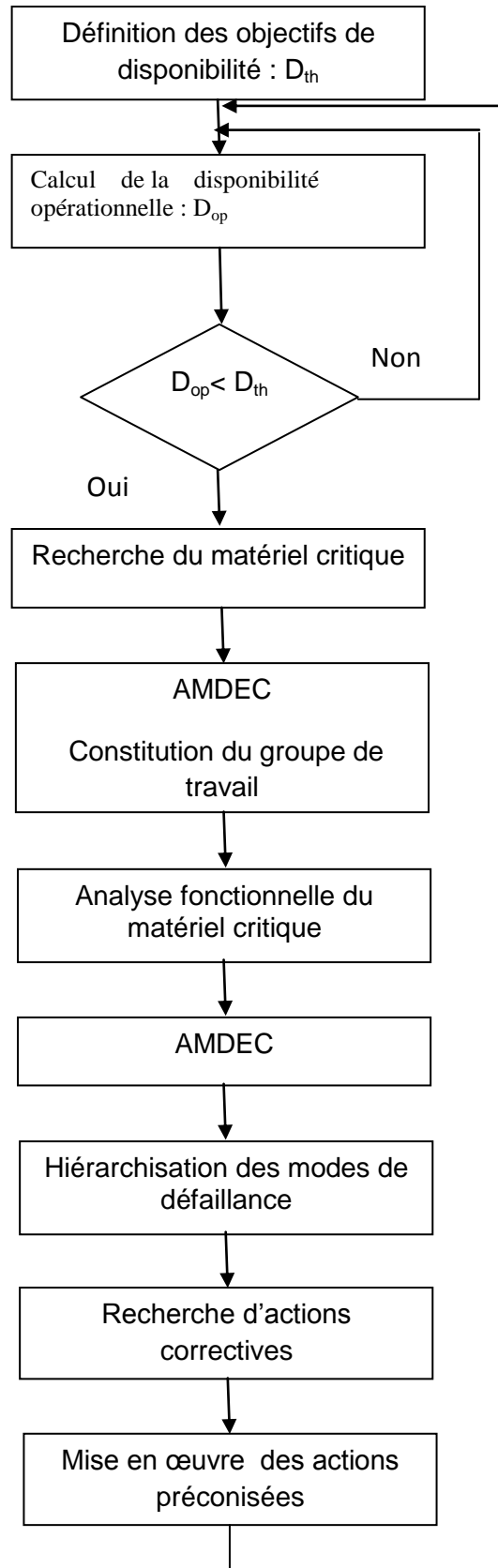
Chapitre IV : Techniques en maintenance

FREQUENCE : F		NIVEAU DE CRITICITE	ACTIONS CORRECTIVES A ENGAGER
1	1 défaillance maxi par an	1 ≤ C < 10 Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
2	1 défaillance maxi par trimestre		
3	1 défaillance maxi par mois		
4	1 défaillance maxi par semaine		
NON DETECTION : N		10 ≤ C < 20 Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
1	Visite par opérateur		
2	Détection aisée par un agent de maintenance		
3	Détection difficile		
4	Indécelable	20 ≤ C < 40 Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
GRAVITE (INDISPONIBILITE) : G			
1	Pas d'arrêt de la production		
2	Arrêt ≤ 1 heure		
3	1 heure < arrêt ≤ 1 jour	40 ≤ C < 64 Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception
4	Arrêt > 1 jour		

Chapitre IV : Techniques en maintenance

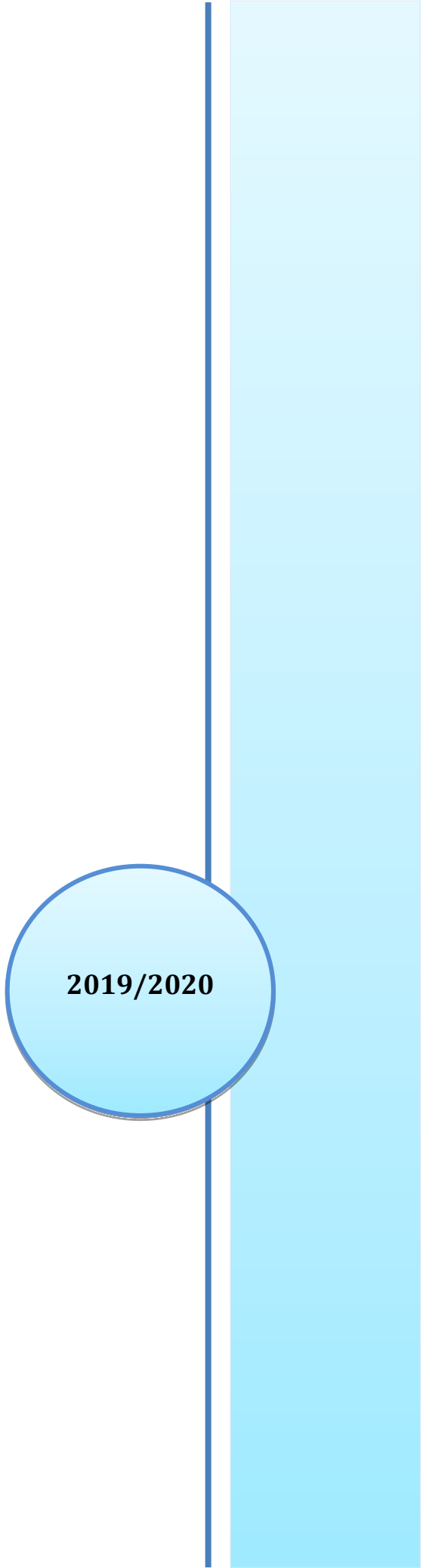
4.4.11. AMDEC et disponibilité :

L'AMDEC trouve pleinement sa place dans la démarche d'amélioration de la disponibilité.



CHAPITRE V

G.M.A.O



2019/2020

CHAPITRE V

GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur)

5.1. DEFINITION

G.M.A.O. signifie **G**estion de **M**aintenance **A**ssistée par **O**rdinateur. Il s'agit d'un logiciel spécialisé pour réaliser la gestion d'un service technique. La Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur est constituée d'une base de données (historique) qui est alimentée par le personnel de maintenance via un formulaire. Chaque GMAO est personnalisée selon les besoins spécifique d'exploitation de l'historique ou le fonctionnement d'un site.

5.1.1 Caractéristiques générales :

Un logiciel de GMAO permet de construire une base de données dans laquelle on retrouvera :

- Les articles du magasin,
- Les fournisseurs,
- La gestion des entrées et sorties des articles,
- La gestion des achats,
- La gestion des actifs (équipements et sous ensembles),
- La gestion des interventions correctives,
- La gestion des interventions préventives,
- La gestion des demandes d'interventions,
- Les analyses financières et le suivi des indicateurs de maintenance,
- La gestion des contacts clients et la facturation

5.2. INTERET DE LA MAO

- la diminution de la consommation globale d'énergie (un matériel bien entretenu consomme moins d'énergie);
- la réduction du temps consacré à la maintenance préventive (meilleure planification);
- la diminution des heures supplémentaires (panne réparée en dehors des heures normales);
- la diminution du temps consacré au correctif;
- la diminution des pertes de production due aux pannes;
- la diminution du temps consacré à la gestion administrative du service maintenance
- prolongation de la durée de vie des matériels due à une maintenance préventive mieux faite

5.3. ELABORATION D'UN PLAN MAO

L'élaboration d'un plan dans ce domaine consiste à structurer le système d'information et d'organisation du service maintenance en vue de divers objectifs fondamentaux.

5.3.1. Création de systèmes d'élaboration de la politique de maintenance

- Définition des politiques de maintenance,
- Programme de base de la maintenance,
- Gamme de maintenance.

5.3.2 Fiches de maintenance

Création de systèmes liés au déclenchement des interventions préventives ou correctives:

- diagnostic, recherche de l'origine de la panne et peut-être de sa cause,
- gestion des demandes des travaux correctifs et d'amélioration,
- déclenchement des interventions préventives.

5.3.3 Création de modules liés à l'exécution des travaux

- préparation des interventions,
- planification des interventions et des ressources,
- lancement,
- suivre l'exécution des travaux,
- créer une banque de données maintenance (historique).

La mise en place de tels systèmes se fait par deux démarches complémentaires;

- une sur le site «production» :
 - * connaissance des réseaux d'informations,
 - * des données liées au matériel,
 - * des rapports d'intervention,
 - * connaissance des stocks pièces de rechange,
 - * connaissance des limites des interventions,
- une au niveau de la direction ou de siège:
 - * connaissance des informations provenant des autres sites de production,
 - * des normes en vigueur dans la société,
 - * des objectifs liés à la maintenance, (amélioration de la disponibilité, extension de l'expérience pour s'autres unités).

Une stratégie informatique devra en découler en proposant des priorités :

- codification (nomenclature),
- création de banques de données,
- utilisation des moyens informatiques existants, acquisition de nouveaux,
- suivi des résultats.

5. 4. INVENTAIRE DES LOGICIELS DE MAO

Le souci croissant de gagner en efficacité, rapidité et technicité fait que la maintenance assistée par ordinateur prend une ampleur croissante. De nombreux logiciels se sont développés et sont en cours de production. Pour mieux choisir, il est nécessaire de classer ces logiciels. On peut proposer comme catégorie les secteurs suivants :

- la G.M.A.O «industrie» : gestion de maintenance assistée par ordinateur côté industrie; (Ratios techniques, magasinage, fiche machines, suivi de projet, PERT, planification);
- la G.M.A.O. partie tertiaire : gestion des bâtiments (planification, aspect comptabilité);
- la G.M.A.O service après vente : suivi de clientèle, analyse des retours clients;
- l'aide au diagnostic algorithmique: arbre de défaillances, arbre de maintenance, etc.
- le monitoring : analyse des signaux, des alarmes, préventif conditionnel;
- l'aide au diagnostic Système Expert
- la fiabilité : statistique, analyse de données.

5. 5. SYSTEME EXPERT

5.1. Généralités

Les systèmes experts peuvent aider les industriels à résoudre des problèmes faisant appel aux spécialistes. Ils ne les remplacent pas en totalité, mais dupliquent leurs connaissances et ainsi font profiter à un plus grand nombre, compétences et savoir faire de ces dit «experts». Ainsi ces systèmes doivent contenir toutes les connaissances du domaine et être capables d'avoir une méthode de résolution analogue au raisonnement humain.

5.2. Système expert et maintenance

Pour améliorer la maintenabilité, il est nécessaire de faciliter le diagnostic des pannes et de diminuer les temps d'immobilisation. Dans cette optique, le système expert est un auxiliaire précieux.

Le S.E. offre l'avantage de s'appuyer sur les méthodes du raisonnement humain et surtout de pouvoir s'enrichir en fonction de la propre expérience des utilisateurs.

Il doit :

- être apte à résoudre les problèmes (trouver la cause de la panne)
- être capable d'expliquer les résultats;
- être capable d'apprendre par expérience;
- être capable de restructurer ses connaissances;

- de transgresser une règle;
- de juger la pertinence d'une donnée;
- de juger sa compétence et de résoudre un problème,

5.6. PRESENTATION DES MODULES FONCTIONNELS

Tous les progiciels de GMAO ont en commun la même structure modulaire proposant les mêmes fonctions. Mais, selon les logiciels, les fonctions remplies sont diversement dénommées, diversement réparties et diversement organisées. Le « cahier des charges » proposé pour chaque module n'a pas l'ambition d'être exhaustif (chaque service maintenance a ses propres critères), mais d'attirer l'attention sur certains points souvent négligés. Les modules analysés sont les suivants :

5.6.1. Module « gestion des équipements »

Il s'agit de décrire et de coder l'arborescence du découpage allant de l'ensemble du parc à maintenir aux équipements identifiés et caractérisés par leur DTE (Dossier Technique Equipement) et leur historique, puis à leur propre découpage fonctionnel. A partir du code propre à l'équipement, le module doit permettre de :

- pouvoir localiser et identifier un sous-ensemble dans l'arborescence ;
- connaître l'indice de criticité fonctionnelle de l'équipement, sa durée d'usage relevé par compteur ;
- accéder rapidement au « plan de maintenance » de l'équipement ;
- pouvoir trouver ses caractéristiques techniques, historiques et commerciales à partir du DTE ;
- pouvoir localiser un ensemble mobile, trouver son DTE et son historique (gestion multi site)
- connaître ses consommations en énergie, en lubrifiants, etc.
- connaître la liste des rechanges consommés ;
- connaître le code des responsables exploitation et maintenance de l'équipement ;
- accéder aux dessins et schémas relatifs à l'équipement contenus dans un logiciel de gestion documentaire (hors DTE).

5.6.2. Module « gestion du suivi opérationnel des équipements »

A travers le module de suivi des performances d'un équipement, il s'agit de retrouver les indicateurs de fiabilité, de maintenabilité, de disponibilité et le taux de rendement synthétique TRS si la TPM est envisagée ou effective. Le choix des indicateurs prédétermine la nature des saisies nécessaires. Celles-ci doivent pouvoir se faire « au pied de la machine » et en temps réel, aussi bien en ce qui concerne les demandes que les comptes rendus.

5.6.2.1. Dans le cadre d'un suivi technique par l'indicateur Disponibilité

Le module doit être capable d'assurer la gestion en affichant :

- les graphes d'évolution des Di par périodes de suivi ;
- les graphes de Pareto se rattachant aux équipements par nature des arrêts ;
- le rappel des valeurs des indicateurs MTA (moyenne des temps d'arrêt) ou MTTR (mean time to repair ; en français TTR : temps technique de réparation) pour les dernières périodes.

5.6.2.2. Dans le cadre d'un suivi par le TRS

Le module doit être capable, à partir des données opérationnelles liées aux pertes ; de performances, aux pertes de qualité et aux pertes de disponibilité, de calculer les trois taux et leur produit (le TRS) par période, de montrer leur évolution, de présenter l'affichage Analytique des valeurs après sélection, pour diagnostic. De façon plus générale, l'agent des Méthodes doit être capable de trouver à travers ce module tous les éléments quantitatifs lui Permettant d'approfondir une analyse de logistique, de fiabilité, de maintenabilité ou de disponibilité.

5.6.3. Module « gestion des interventions »

Nous savons qu'en ordonnancement il existe plusieurs procédures adaptées à la nature des travaux. Pour les nombreux petits travaux, pas de demande DT (demande de travail) ni d'attribution de numéro, mais un enregistrement rapide a posteriori de leur durée, de leur localisation et de leur nature.

Il est nécessaire de créer une bibliothèque des différents codes utiles afférents, aux intervenants, aux différents statuts de l'intervention. D'autre part, à chaque équipement doit correspondre une bibliothèque de codes standards, relatifs au découpage de l'équipement, à l'effet déclenchant (souvent appelé par erreur « cause » d'arrêt) et à la cause identifiée.

5.6.3.1. Pour les DT, demandes de travaux

Le module doit permettre :

- la création d'un numéro DT,
- l'horodatage de la demande, avec identification du demandeur et du secteur (code client) et l'urgence ou le délai attribué ;
- le suivi possible du statut de la demande par le demandeur (code des différents statuts).

5.6.3.2. Au niveau de la préparation de l'OT

Le module doit permettre :

- l'insertion de gammes de maintenance préétablies ;
- les réservations d'outillages, de moyens spéciaux, de pièces de rechanges, etc;
- l'affectation des ressources ;
- le regroupement de la gamme de maintenance avec des plans, des pictogrammes et des schémas extraits d'un logiciel de gestion documentaire ;
- l'insertion automatique de procédures de sécurité liées à certains secteurs ou à certains équipements ;
- l'intégration d'un groupe de travaux à un gestionnaire de projet, avec graphismes Gantt et PERT.

5.6.3.3. Pour les comptes rendus d'intervention

Le module doit permettre :

- la saisie « facile et rapide » (critère très important) des paramètres et de la caractérisation de l'intervention, même et surtout s'il s'agit d'une correction de micro-défaillance ;
- l'utilisation par les dépanneurs d'une borne en libre service, située à proximité immédiat du site d'intervention, réduisant ainsi les distances et les temps de saisie d'intervention ;
- de caractériser l'intervention par les codes de la bibliothèque de l'équipement (localisation, cause, etc.) ;
- l'imputation des travaux à des comptes analytiques ;
- de distinguer les durées d'intervention des durées d'indisponibilité ;
- d'enrichir chronologiquement l'historique de l'équipement dès la clôture de l'OT;
- de connaître les consommations de pièces utilisées, éventuellement leurs valeurs ;
- la rédaction d'un texte libre contenant les remarques et les suggestions de l'intervenant. Par contre, il ne doit pas donner l'impression d'une « inquisition », mais d'un besoin de savoir pour mieux comprendre et améliorer avec l'aide du technicien d'intervention.

5.6.3.4. Pour la gestion des travaux externalisés

Le module doit permettre une gestion semblable aux procédures de préparation et d'ordonnancement internes :

- émission de DTE (demande de travaux externalisés) pour les prestations ponctuelles;
- création de contrats-type (clauses techniques, économiques et techniques, plan de sécurité) qu'il suffit d'adapter à chaque commande.

5.6.3.5. Module « gestion du préventif »

Le module permettra de gérer la maintenance systématique à travers un planning Calendaire par équipement, les dates étant prédéterminées ou déterminées à partir d'un relevé de compteur (ou d'une mesure dans le cas de la maintenance conditionnelle). Le déclenchement sera automatique, par listing hebdomadaire des opérations prévues dans la semaine. Chaque opération sera définie par sa gamme préventive. Le module devra aussi permettre un déclenchement « manuel d'opportunité », par exemple par anticipation d'une opération préventive à la suite d'un arrêt fortuit.

5.6.3.6. Module « gestion des stocks »

Le système repose sur le « fichier des articles » en magasin comprenant les « lots de maintenance » par équipement et sur les mouvements entrées/sorties du magasin. Une fiche article doit comprendre :

- le code article défini par l'organisation interne, son libellé et sa désignation technique ;
- le code article du ou des fournisseurs et le code fournisseur (et fabricant éventuellement) ;
- le code du gisement en magasin ;
- les codes des articles de substitution, en cas de rupture ;
- le rattachement aux équipements possédant cet article ;
- le prix unitaire et le prix moyen pondéré automatiquement calculé ;
- les quantités en stock, commandées en attente ;
- la méthode de réapprovisionnement et ses paramètres (stock de sécurité, stock maxi. etc.) ;
- les dates des derniers mouvements ;
- l'historique des consommations.

Les outils d'analyse du stock en nature et en valeurs sont :

- le classement des articles en magasin par valeurs et par taux de rotation;
- la valeur des stocks par nature et par périodes (mois par mois) ;
- la liste des articles « dormants » ;
- la liste des cas de ruptures de stock (demandes non satisfaites).

Il importe de vérifier certaines potentialités du module :

- la possibilité ou non d'actualisation automatique des paramètres en fonction des consommations ;
- la possibilité d'avoir le profil des consommations et le tracé de la courbe ABC en valeurs ;
- les possibilités relatives aux transactions du magasin : réceptions provisoires ou définitives, retours au fournisseur en cas de non-conformité, etc. ;
- l'édition de pièces réservées sur une préparation (numéro d'OT pour l'imputation) ;
- la présence d'un écran d'inventaire comprenant les différents critères d'article;
- la possibilité d'effectuer des recherches et des analyses multicritères.

5.6.3.7. Module « gestion des approvisionnements et des achats »

Caractéristiques de la fonction en maintenance : beaucoup de références et de fournisseurs pour des quantités faibles et des délais courts. Ce module doit permettre, en interface avec le logiciel du service « achat » de maîtriser et de gérer avec aisance :

- le fichier des fournisseurs et des fabricants avec leurs tarifs liés aux quantités ;
- le lancement d'appels d'offre aux fournisseurs ;
- l'édition de bons de commandes standard ou personnalisés, et le suivi des autorisations de dépenses ;
- le contrôle des factures ;
- l'édition automatique des codifications internes et fournisseurs (transcodage);
- le suivi des états de la commande ;
- le suivi des réceptions totales, partielles et des refus ;
- l'estimation de la qualité des fournisseurs par les contrôles d réceptions et le suivi des délais
- l'édition automatique de lettres de relance pour les retards.

5.6.3.8. Module « analyses des défaillances »

La base de ce module est constituée des historiques, automatiquement alimentés par Chaque saisie de BPT (bon de petits travaux) et d'OT (ordre de travail) mis en famille par ses codes d'imputation. A partir d'un équipement donné, il doit permettre :

- l'établissement des analyses quantitatives par graphes de Pareto, avec plusieurs critères (MTTR, TA ; durée d'arrêt) et plusieurs mises en familles (par cause, par localisation, par nature de défaillance, etc.) et sur plusieurs périodes d'analyse (hier, la semaine écoulée, les trois derniers mois, l'année, etc.) ;

- puis l'analyse qualitative des défaillances sélectionnées comme prioritaires, éventuellement mise sous forme AMDEC.

La productivité de l'analyse de défaillance comme outil de progrès rend cette fonction de GMAO stratégique : il est indispensable de savoir par qui, quand, comment vont être organisées ces analyses pour tester l'adéquation du logiciel au cahier des charges du module.

Ce module est la base de la MBF (maintenance basée sur la fiabilité).

6.6.3.9. Module « budget et le suivi des dépenses »

La gestion analytique ne permet que des « macroanalyses » des comptes. Un découpage plus fin de la fonction maintenance doit donc pouvoir permettre des analyses détaillées grâce à la GMAO, l'objectif étant le suivi de l'évolution des dépenses par activité dans un budget donné. Quelques éléments du cahier des charges à préciser, c'est-à-dire le module permet-il :

- la création d'un nouveau budget en modifiant des chapitres de l'ancien ?
- la comparaison entre plusieurs exercices ?
- la prise en compte des frais généraux du service ?
- l'éclatement en coûts directs et indirects (pertes de qualité, de production, etc.) ?
- la ventilation des coûts par équipement, par «client», par type d'activité de maintenance,
- par origine de défaillance, par sous-ensemble «fragile» communs à plusieurs équipements, etc. ?
- la comparaison entre la prévision et la réalisation ?
- la gestion en plusieurs devises : francs, euros, dollars, etc. ?
- la possibilité d'exporter les résultats comptables sur un logiciel de comptabilité ?
- la décomposition structurelle du budget en sous-budgets consolidables?
- le suivi des coûts pour établir le LCC (life cycle cost ; coût du cycle de vie) d'un équipement ?

5.6.3.10. Module « gestion des ressources humaines »

Spécifiquement adapté au service maintenance, ce module sera principalement une aide à l'ordonnancement. Il sera construit autour d'un « fichier-technicien » pouvant comprendre, pour chacun :

- la qualification, les habilitations, les diplômes, l'ancienneté dans son échelon actuel, les différentes affectations, l'affectation actuelle, etc. ;

- les formations suivies, demandées et le bilan de compétence ;
- les congés pris, demandés et les récupérations (données nécessaires à la programmation des travaux) ;
- les temps de présence et d'absence (historique des arrêts de travail) ;
- les coûts horaires pour chaque qualification (pour imputation des coûts d'intervention).

Remarquons l'intérêt, pour chaque technicien, de pouvoir accéder par la GMAO, à partir du terminal atelier, à ses propres informations relatives aux reliquats des congés à prendre ou à des informations générales de l'entreprise. C'est un facteur d'acceptation du système informatique.

PROPOSITION EXAMENS

2019/2020

EVALUATION

PROPOSITION EXAMENS

Exercice 1 :

Compléter le tableau suivant permettant de définir les différents types de maintenance

Type de maintenance		Définition
Préventive	Systemique	Désigne des opérations effectuées systématiquement, soit selon un calendrier (à périodicité temporelle fixe), soit selon une périodicité d'usage
	Prévisionnelle Et
.....	Palliative

Evaluation : Proposition Examens

Exercice 2 :

- Compléter le tableau suivant afin de définir les niveaux de maintenance

Niveau	Types de travaux	Personnel concerné	Exemples
1	exploitant du bien
2	technicien habilité	changement d'un relais - contrôle de fusibles - réenclenchement de disjoncteur
3	identification et diagnostic de pannes - réparation par échange standard - réparations mécaniques mineures - maintenance préventive (par ex. réglage ou réalignement des appareils de mesure)
4
5	moyens proches de la fabrication	mise en conformité selon réglementation d'équipements lourds

Evaluation : Proposition Examens

Exercice 3 :

Compléter le tableau et Indiquer pour chaque intervention la méthode de maintenance correspondante

Interventions	Niveau de maintenance
	Dépannage	Réparation	Systematique	Conditionnelle		
Vidange tous les 10000km						
Remise à neuf d'un équipement						
Changer un cardan						
Changer un roulement défaillant						
Modernisation d'une chaine de production						
Echanger une roue crevée						
Remplacer un roulement suite à un test d'analyse vibratoire						

Exercice 4

Associer les opérations de maintenance avec leur définition :

Détection	Identification de la cause probable de la (ou des) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou
Localisation	Action sur un bien afin de le remettre en état de fonctionnement, au moins provisoirement
Diagnostic	Action de déceler au moyen d'une surveillance accrue, continue ou non, l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant
Dépannage	Action conduisant à rechercher précisément l'(les) élément(s) par le(s)quel(s) la défaillance se manifeste
Réparation	Intervention de maintenance curative après défaillance

Evaluation : Proposition Examens

Exercice 5 :

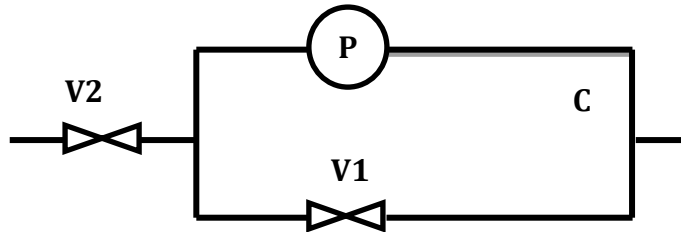
Remplir le tableau AMDEC concernant le système hydraulique représenté par le schéma ci dessous

C : Conduite

V1 : Vanne N°1

V2 : Vanne N°2

P : Pompe



EXERCICE 06

Représenter les différents temps moyens sur l'axe d'évolution temporelle de l'état d'un équipement et donner leurs significations.

EXERCICE 07

Un compresseur a fonctionné pendant 8000 heures en service continu avec 5 pannes dont les durées respectives sont : 7, 22, 8.5, 3.5 et 9 heures
Déterminer son MTBF et son taux de défaillance.

EXERCICE 08

On considère des composants d'un certain type.

On admet que la variable aléatoire T qui associe à tout composant tiré au hasard sa durée de vie exprimée en jours suit la loi exponentielle définie par $R(t) = e^{-0.0002t}$

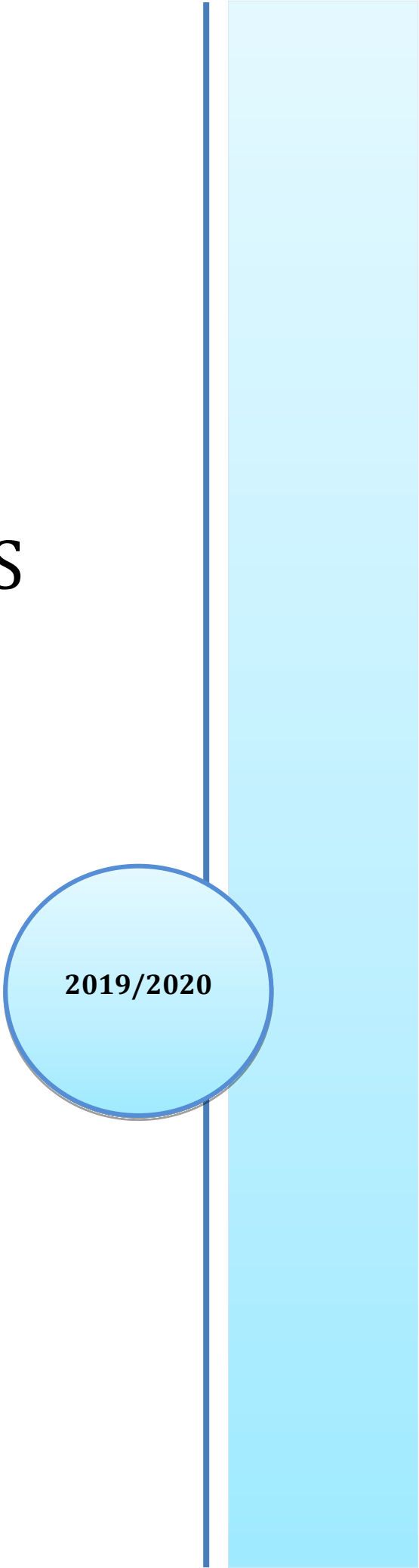
1. Déterminer la probabilité que l'un de ces composants ait une durée de vie supérieure à 2 000 jours.
2. Déterminer la MTBF.
3. Déterminer la valeur de t_0 pour laquelle $p(T \leq t_0) = 0.5$.

EXERCICE 09

Une variable aléatoire T suit une loi exponentielle.

1. Déterminer le paramètre de cette loi sachant que $P(T \leq 70) = 0.05$.
2. Les valeurs prises par T étant des heures, déterminer la MTBF
3. Calculer $P(T \geq 30)$.

CORRIGE EXAMENS PROPOSES



2019/2020

Correction Examens proposés

Corrigé Exercice 1

Type de maintenance		Définition
Préventive	Systemique	Désigne des opérations effectuées systématiquement, soit selon un calendrier (à périodicité temporelle fixe), soit selon une périodicité d'usage
	Prévisionnelle Et Conditionnelle	réalisée à la suite d'une analyse de l'évolution de l'état de dégradation de l'équipement et réalisée à la suite de relevés, de mesures, de contrôles révélateurs de l'état de dégradation de l'équipement
Corrective	Palliative	dépannage (donc provisoire) de l'équipement, permettant à celui-ci d'assurer tout ou partie d'une fonction requise ; elle doit toutefois être suivie d'une action curative dans les plus brefs délais.
	Curative	réparation (donc durable) consistant en une remise en l'état initial.

Correction Examens proposés

Corrigé Exercice 2

- Compléter le tableau suivant afin de définir les niveaux de maintenance

Niveau	Types de travaux	Personnel concerné	Exemples
1	réglages simples - pas de démontage ni ouverture	exploitant du bien	remise à zéro d'un automate après arrêt d'urgence
2	Dépannage par échange standard - opérations mineures de maintenance préventive	technicien habilité	changement d'un relais - contrôle de fusibles - réenclenchement de disjoncteur
3	identification et diagnostic de pannes - réparation par échange standard - réparations mécaniques mineures - maintenance préventive (par ex. réglage ou réalignement des appareils de mesure)	technicien spécialisé	identification de l'élément défaillant, recherche de la cause, élimination de la cause, remplacement
4	travaux importants de maintenance corrective ou préventive sauf rénovation et reconstruction - réglage des appareils de mesure	équipe avec encadrement technique spécialisé	intervention sur matériel dont la remise en service est soumise à qualification
5	rénovation - reconstruction - réparations importantes	moyens proches de la fabrication	mise en conformité selon réglementation d'équipements lourds

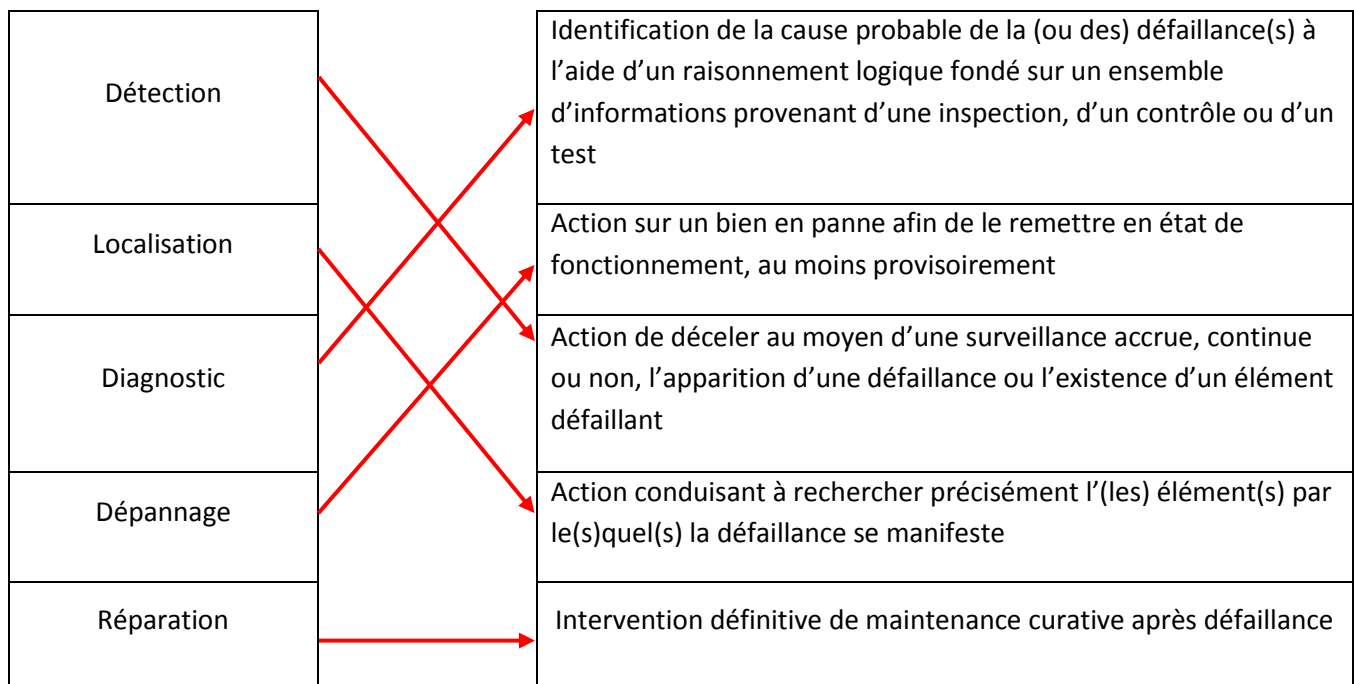
Correction Examens proposés

Corrigé Exercice 3

Compléter le tableau et Indiquer pour chaque intervention la méthode de maintenance correspondante

Interventions	Maintenance corrective		Maintenance préventive		Maintenance Améliorative	Niveau de maintenance
	Dépannage	Réparation	Systématique	Conditionnelle		
Vidange tous les 10000km			X			1
Remise à neuf d'un équipement					x	5
Changer un cardan		X				3
Changer un roulement défaillant		X				3
Modernisation d'une chaîne de production					x	5
Echanger une roue crevée	X					2
Remplacer un roulement suite à un test d'analyse vibratoire				X		3

Corrigé Exercice 4



Correction Examens proposés

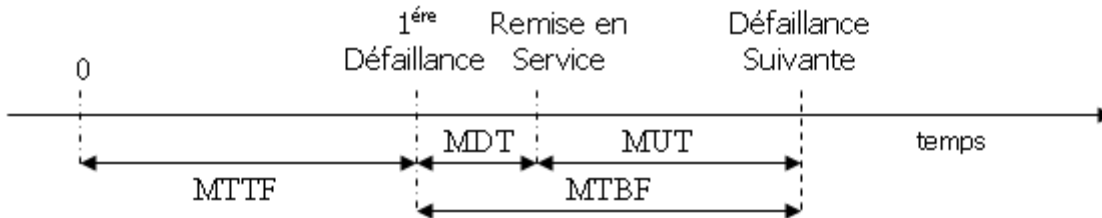
Corrigé Exercice 5 AMDEC système hydraulique

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :				page : 1 / 1
	Système : système hydraulique		Sous - Ensemble :							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
vanne	Reguler l'écoulement d'un liquide	Bloquée en ouvert	grippage	Pas d'écoulement	visuelle	2	3	1	6	PR : nettoyer Dégripper,
		N'ajuste pas		Perte de liquide						PR : joint
Pompe	Débiter un liquide sous pression	Pas de débit	Rupture interne/blocage	Arrêt système	Visuelle	1	4	2	8	PR : joint
		Débit insuffisant	Usure interne/		manomètre					Vérifier montée en pression
			Lubrifiant non conforme							
Conduite	Orienter l'écoulement	bouchée	Entartrée	Pas d'écoulement	visuelle	1	2	3	6	Déboucher
		Écoulement insuffisant	Fuite	Perte de liquide						Vérifier, joint

Correction Examens proposés

Corrigé Exercice 6

Représenter les différents temps moyens sur l'axe d'évolution temporelle de l'état d'un équipement et donner leurs significations



MTTF : Temps moyen de fonctionnement avant panne

MTBF : Temps moyen de bon fonctionnement (Temps moyen entre pannes)

MDT : Durée moyenne d'indisponibilité

MUT : Durée moyenne de fonctionnement après réparation)

Corrigé Exercice 07

Un compresseur a fonctionné pendant 8000 heures en service continu avec 5 pannes dont les durées respectives sont : 7, 22, 8.5, 3.5 et 9 heures

Déterminer son MTBF et son taux de défaillance

$$MTBF = \frac{8000 - (7 + 22 + 8.5 + 3.5 + 9)}{5} = \frac{8000 - 50}{5} = \frac{7950}{5} = 1590 \text{ heures}$$

Corrigé Exercice 08

On considère des composants d'un certain type.

On admet que la variable aléatoire T qui associe à tout composant tiré au hasard sa durée de vie exprimée en jours suit la loi exponentielle définie par $R(t) = e^{-0.0002t}$

- Déterminer la probabilité que l'un de ces composants ait une durée de vie supérieure à 2 000 jours.
- Déterminer la MTBF.
- Déterminer la valeur de t_0 pour laquelle $p(T \leq t_0) = 0.5$.

1. la probabilité que l'un de ces composants ait une durée de vie supérieure à 2 000 jours est déterminé par :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \lambda : \text{Taux de défaillances}$$

$$P(t \leq 2000) = R(2000) = e^{-0.0002 \cdot 2000} = e^{-0.4} = 0.670$$

2. La MTBF est calculée par

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0002} = 5000 \text{ jours}$$

Correction Examens proposés

3. la valeur de t_0 pour laquelle $p(T \leq t_0) = 0.5$.

$$P(T \leq t_0) = R(t_0) = e^{-0.0002t_0} = 0.5 \Rightarrow \ln e^{-0.0002t_0} = \ln \frac{1}{2}$$

$$-0.0002t_0 = \ln 1 - \ln 2 = -0.693 \quad \text{D'où } t_0 = \frac{0.693}{0.0002} = 3465 \text{ jours}$$

Corrigé Exercice 09

Une variable aléatoire T suit une loi exponentielle.

1. Déterminer le paramètre de cette loi sachant que $P(T \leq 70) = 0.05$.
2. Les valeurs prises par T étant des heures, déterminer la MTBF
3. Calculer $P(T \geq 30)$.

1. Le paramètre de la loi exponentielle (λ)

$$P(T \leq t) = R(t) = e^{-\lambda t}$$

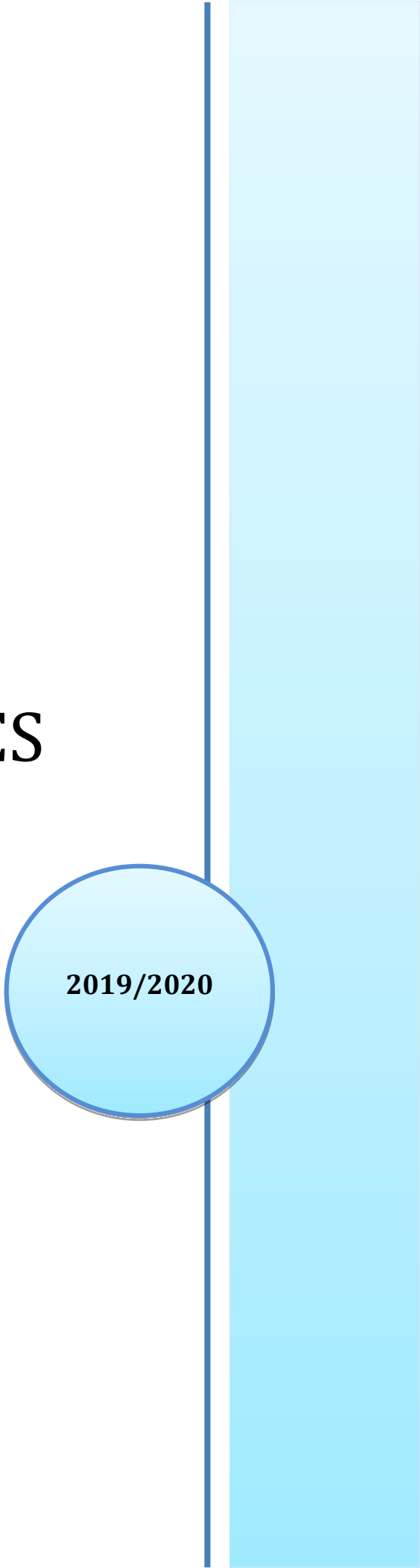
$$P(T \leq 70) = e^{-70\lambda} = 0.05$$

$$-70\lambda = \ln 0.05 = -2.995 \Rightarrow \lambda = \frac{2.995}{70} = 0.0428$$

2. $MTBF = \frac{1}{0.0428} = 23.3 \text{ heures}$

3. Calcul de $P(T \geq 30)$

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



2019/2020

Références bibliographiques

- [1] François Monchy, **Maintenance, méthodes et organisations** ; Dunod ; 2003
- [2] Jean-Pierre Vernier, François Monchy, **Maintenance : Méthodes et organisations**, 3ème édition Dunod, 2010.
- [3] Jean-Pierre Vernier, François Monchy, **Maintenance : Méthodes et organisations pour une meilleure productivité**, 3ème édition Dunod, 2012
- [4] D.Boite et C.Hazard, **Guide de la maintenance** ; Nathan technique ; 1987.
- [5] François et Monchy, **La fonction maintenance** ; Masson Collection technologies; 1987
- [6] Denis Cogniel Y. Gangloff François Castellazzi, **Mémotech maintenance industrielle** ; ; Casteilla 1998
- [7] J. M. Auberville , **Maintenance industrielle: de l'entretien de base à l'optimisation de la sureté**, édition Ellipses, Juin 2004
- [8] Jean Heng ; **Pratique de la maintenance préventive** ; Dunod ; 2002
- [9] R. P rincipe, Y.Jacquemyns; **La gestion de la fonction maintenance** ; Dunod ;2000
- [10] Renaud C uignet, Dunod, **Management de la maintenance** ; 2 ème édition, 2008
- [11] Denis Cogniel Didier Keck, **Mémotech maintenance** ; Masson édition 2016
- [12] Jean Pierre Vernier, **Aide mémoire de maintenance et GMAO** ; Dunod 2010
- [13] P. Lyonnet, **Ingénierie de la Fiabilité** ; Edition Tec et Doc, Lavoisier, Paris 2006.
- [14] G. Zwingelstein, **La maintenance basée sur la fiabilité**, édition Hermes, 1996.
- [15] J. M. Bleux, J. L. Fanchon, **Maintenance : Systèmes automatisés de production** édition Nathan, Janvier 2000.