

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Mohamed Khider de Biskra



Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département De Génie Electrique

Filière : Electromécanique

Matière : *Sûreté de Fonctionnement et Maintenance*

# ***CHAPITRE 3***

# ***Maintenance***

1<sup>er</sup> Année Master Electromécanique

***2019\_2020***

## LA MAINTENANCE

Selon la définition de l'[AFNOR](#), la **maintenance** vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé<sup>1</sup>.

La maintenance regroupe ainsi les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (**machines**, véhicules, **objets manufacturés**, etc.) ou même immatériels (**logiciels**).

Un service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit, comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût, etc.

## DEFINITION DE LA MAINTENANCE

(d'après AFNOR NF X 60-010) : La maintenance est un ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal. Maintenir : contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement. Rétablir : contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction. État spécifié ou service déterminé : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques. Coût optimal qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

- \* **Maintenir** : contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement.
- \* **Rétablir** : contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction.
- \* **État spécifié** ou **service déterminé** : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- \* **Coût optimal** qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

Il existe deux façons complémentaires d'organiser les actions de maintenance :

- la **maintenance préventive**, qui consiste à intervenir sur un équipement avant que celui-ci ne soit défaillant, afin de tenter de prévenir toute panne. On interviendra de manière préventive soit pour des raisons de **sûreté de fonctionnement** (les conséquences d'une défaillance étant inacceptables), soit

pour des raisons économiques (cela revient moins cher) ou parfois pratiques (l'équipement n'est disponible pour la maintenance qu'à certains moments précis). La maintenance préventive se subdivise à son tour en

1. **maintenance systématique**, qui désigne des opérations effectuées systématiquement, soit selon un **calendrier** (à périodicité temporelle fixe), soit selon une périodicité d'usage (heures de fonctionnement, nombre d'unités produites, nombre de mouvements effectués, etc.) ;
  2. **maintenance conditionnelle**, réalisée à la suite de relevés ou de mesures (kilométrage, temps de fonctionnement, etc.), de contrôles révélateurs de l'état de dégradation de l'équipement (thermographie infrarouge, analyse vibratoire, mesure d'épaisseur, analyse d'huile, etc.) ;
  3. **maintenance prévisionnelle**, réalisée à la suite d'une analyse de l'évolution de l'état de dégradation de l'équipement (par exemple contrôle périodique défini par le constructeur ou l'expérience).
- **la maintenance corrective**, qui consiste à intervenir sur un équipement une fois que celui-ci est défaillant, elle-même subdivisée en
    1. **maintenance 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 ; ■
    2. **maintenance curative** : réparation (donc durable) consistant en une remise en l'état initial, au moins d'un point de vue fonctionnel ; □

## I.1 INTRODUCTION

Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité des produits. C'est un défi industriel impliquant la remise en cause des structures figées actuelles et la promotion de méthodes adaptées à la nature nouvelle des matériels.

## I.2 ENTRETIEN OU MAINTENANCE

- Entretenir, c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production:  
Entretenir, c'est subir le matériel

- Maintenir, c'est choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'usage du matériel, suivant sa criticité économique, afin d'optimiser le coût global de possession maintenir, c'est maîtriser.

En fait, la plupart des services « entretien traditionnel » sont en mutation vers la maintenance.

## I.3 LE SERVICE MAINTENANCE :

### 1.3.1 SITUATION DANS L'ENTREPRISE :

Il existe deux tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :

#### Tendance 1 :

**La centralisation** où toute la maintenance est assurée par un service. D'où les avantages sont :

- + Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication.
- + Possibilité d'investir dans du matériel onéreux grâce au regroupement.
- + Vision globale de l'état du parc du matériel à gérer.
- + Gestion plus aisée et plus souple des moyens en personnels.
- + Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage (amortissement plus rapide).
- + Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles.
- + Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée.

#### Tendance 2 :

**La décentralisation**, où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise.

D'où les avantages sont :

☐ Meilleures communications et relations avec le service responsable et l'utilisateur du parc à maintenir.

- ☐ Effectifs moins importants dans les différentes antennes.
- ☐ Réactivité accrue face à un problème.
- ☐ Meilleure connaissance du matériel.
- ☐ Gestion administrative allégée.

### I.3.2 ORGANIGRAMME DU SERVICE MAINTENANCE :

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant.

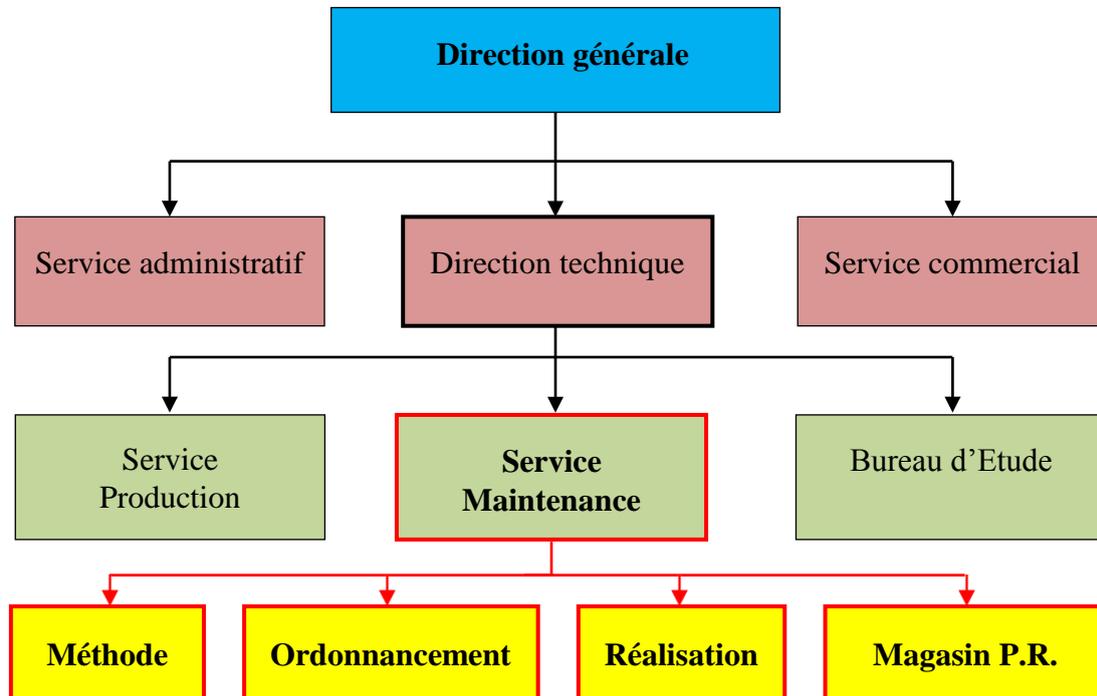


Figure 1: **Structure d'une entreprise**

### I.3.3 TACHES DU SERVICE MAINTENANCE

Les différentes tâches d'un service maintenance sont :

- La maintenance des équipements, bien sûr: actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- Les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, la gestion de l'énergie...
- L'exécution et la réparation des pièces de rechanges. L'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges... Des prestations diverses, pour la production (réalisation de montages, par exemple) ou pour tout autre service.
- L'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules...

### I.3.4.LA COMMUNICATION DANS LE SERVICE MAINTENANCE :

Nous allons décrire brièvement le système de communication relatif à une intervention corrective, entre le moment d'apparition d'une défaillance et la remise à niveau de l'équipement défaillant.

#### Acronymes utilisés :

**DT** : demande de travail

**OT** : ordre de travail

**BT** : bon de travail

**DA** : demande d'approvisionnement

**BSM** : bon de sortie de magasin.

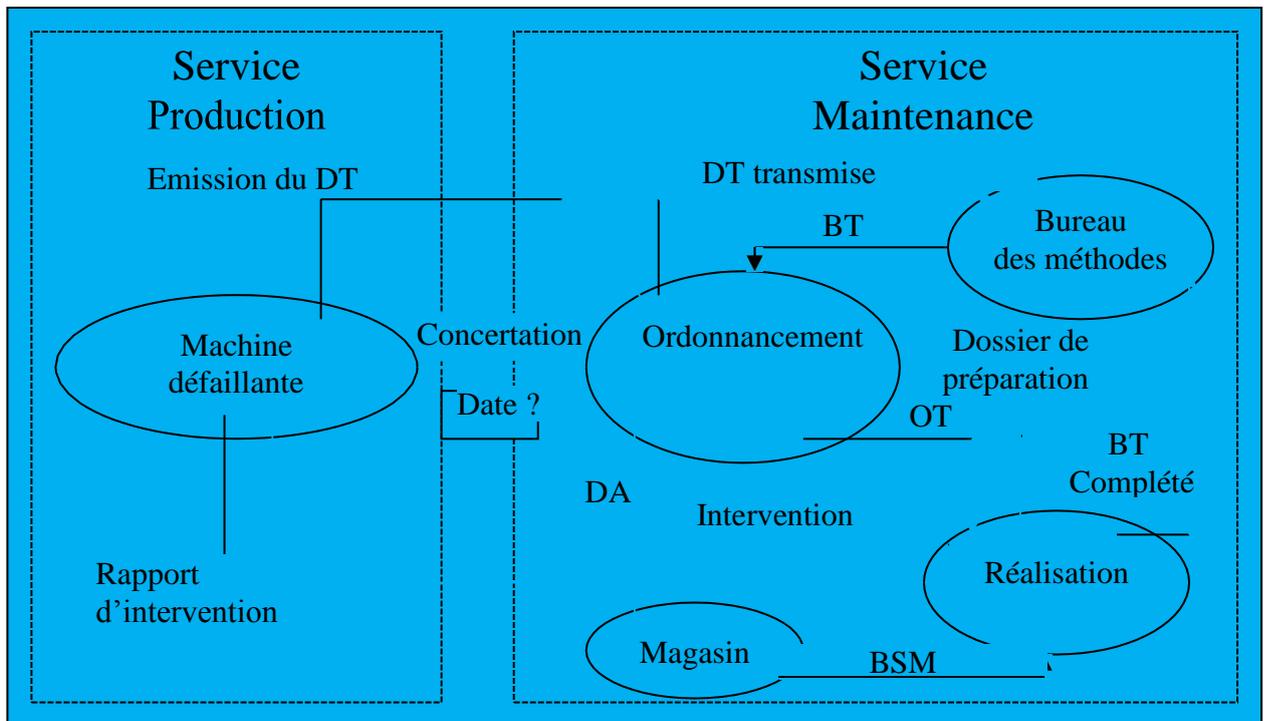


Figure 2: Procédure d'intervention corrective

Ce graphe nous montre la position stratégique de la fonction ORDONNANCEMENT pour la qualité de la communication.

1. En effet, lorsqu'une machine tombe en panne, le service production émet une demande de travail à l'ordonnancement du service maintenance.
2. L'ordonnancement transmet cette demande au bureau des méthodes.
3. Après avoir localisé et déterminé l' (ou les) organe(s) défaillant(s), le bureau des méthodes lance un bon de travail pour l'ordonnancement et transmet le dossier de préparation au technicien de maintenance qui va exécuter la réparation.
4. Avant de partir sur site, l'ordonnancement doit préparer une demande d'approvisionnement pour le technicien. Cette demande lui permettra de recevoir les pièces de rechange du magasin. Lors de la réception, le technicien recevra un bon de sortie de magasin.
5. Après la réception des pièces de rechange, le technicien entamera la procédure de réparation. A la fin de l'intervention, le technicien doit mettre en marche la machine pour s'assurer de l'efficacité de réparations exécutées.
6. Après avoir terminé l'exécution des réparations, le technicien doit transmettre le rapport de l'intervention au bureau des méthodes pour le classer dans l'historique.
7. Finalement la production doit informer l'ordonnancement de la reprise de l'exploitation de la machine.

### I.3.5 LE TECHNICIEN DE MAINTENANCE :

#### A. Sa formation :

Le technicien de maintenance nécessite d'une formation polyvalente :

- ✓ Au niveau de la technologie des matériels : mécaniques, hydrauliques, électroniques, informatiques...etc.
- ✓ Au niveau de la gestion, il aura, pour tout ou partie, à gérer l'ensemble du service, le personnel, le budget, les investissements, le matériel du service, les stocks nécessaires, les travaux extérieurs ...etc.
- ✓

#### B. Son métier :

Par rapport à l'entretien traditionnel, le métier d'un technicien de maintenance a été nettement valorisé des outils théoriques (fiabilité, maintenabilité...) et scientifiques (C.N.D, analyses de vibrations...) Ont enrichi les tâches relatives à un matériel lui aussi plus sophistiqué qu'avant.

Ces taches sont les suivantes :

- Le maintien de l'outil de production.
- L'organisation d'un service après-vente,
- La participation à la mise en place.

## **I.4 FONCTIONS ET TACHES ASSOCIEES A LA MAINTENANCE :**

### **I.4.1 ETUDE ET METHODES :**

Il s'agit d'optimiser les tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la politique de maintenance définie par l'entreprise.

-  **Etudes techniques ;**
-  **Préparation et ordonnancement,**
-  **Etudes économiques et financières,**
-  **Stratégie et politiques de la maintenance.**

### **I.4.2 EXECUTION / MISE EN ŒUVRE :**

L'aspect technique de cette fonction nécessite une grande expérience sur le matériel et une connaissance approfondie des différentes technologies. Le technicien devra agir avec beaucoup de rigueur pour rendre son action efficace. Il sera aidé par les documents et les procédures établis par la fonction « études et préparation ».

Les principales tâches sont : gestion de l'intervention de maintenance, connaissance comportementale du matériel, pilotage des interventions, application des consignes et règles d'hygiène, sécurité et conditions du travail, installation des machines et du matériel (réception, contrôle, mise en fonctionnement), information du personnel sur les équipements, remise en main du matériel après intervention, gestion de l'ordonnancement, établissement du diagnostic de défaillance du matériel, établissement des consignes d'utilisation intégrant les consignes d'hygiène et de sécurité, gestion des stocks (des pièces de rechange, outillages, appareils de contrôle).

## II LES STRATEGIES DE LA MAINTENANCES

### II.1 LA NOTION DE LA DEFAILLANCE :

Définition de la défaillance selon la norme NF X 60 – 011 : « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise ».

Synonymes usuels non normalisés : « failure » (anglais), dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations.

Une défaillance peut être :

- **Partielle** : s'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- **Complète** : s'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- **Intermittente** : si le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité sans avoir subi d'action
- **corrective externe**.

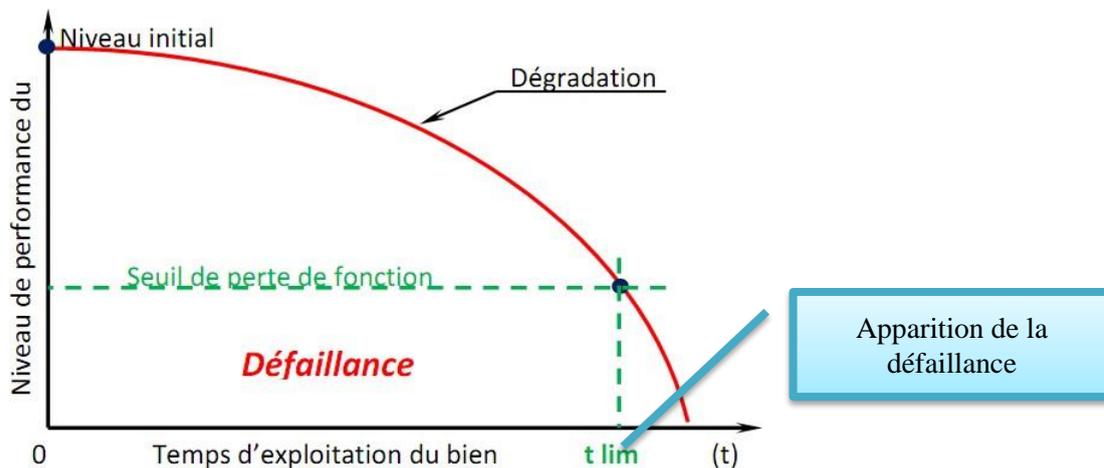


Figure 3: **Dégradation du bien et durée de vie**

#### II.1.1 FONCTION REQUISE :

Fonction d'un produit dont l'accomplissement est nécessaire pour la fourniture d'un service donné. Une fonction requise pourra être une fonction seule ou un ensemble de fonctions. La notion du service pourra recouvrir une mission, c'est à dire une succession de phases par lesquelles doit passer le produit sur un intervalle du temps donné.

## II.1.2 DEGRADATION :

État d'une entité présentant une perte de performances d'une des fonctions assurées par celle-ci ou alors un sous-ensemble lui-même dégradé, voire défaillant, sans conséquence fonctionnelle sur l'ensemble. On peut aussi parler de dérive.

## II.1.3 TRIPTYQUE « FAUTE-DEFAUT-DEFAILLANCE » :

La défaillance est la conséquence d'un défaut, dont la cause est une faute.



Figure 4: Triptyque

- **Faute** : elle peut être physique (interne ou externe) ou due à l'utilisateur. C'est la notion de 5M : Matières, Matériel, Milieu, Moyens et Main d'œuvre. Elle entraîne une erreur.
- **Défaut** : au départ, il est latent, car on ne s'en aperçoit pas tout de suite. Il devient ensuite effectif.

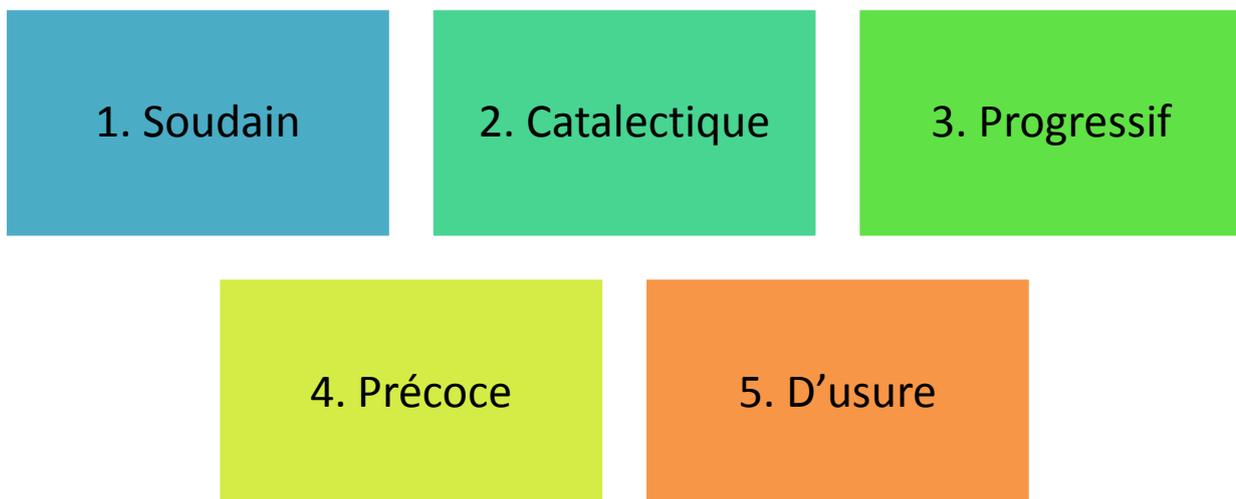


Figure.5 : Le défaut

### II.1.4 PANNE :

État d'un produit le rendant inapte à accomplir une fonction requise dans des conditions données d'utilisation : c'est un état. Elle résulte toujours d'une défaillance.

## II.2 LES CONCEPTS DE LA MAINTENANCE :

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts :

- Les événements qui sont à l'origine de l'action
- Les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées
- Les opérations de maintenance proprement
- Les activités connexes

## II.3 LES METHODES DE LA MAINTENANCE :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise.

Pour choisir, il faut donc connaître :

- Les objectifs de la direction.
- Les directions politiques de maintenance.
- Le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- Le comportement du matériel en exploitation.
- Les conditions d'application de chaque méthode.
- Les coûts de maintenance.
- Les coûts de perte de production.

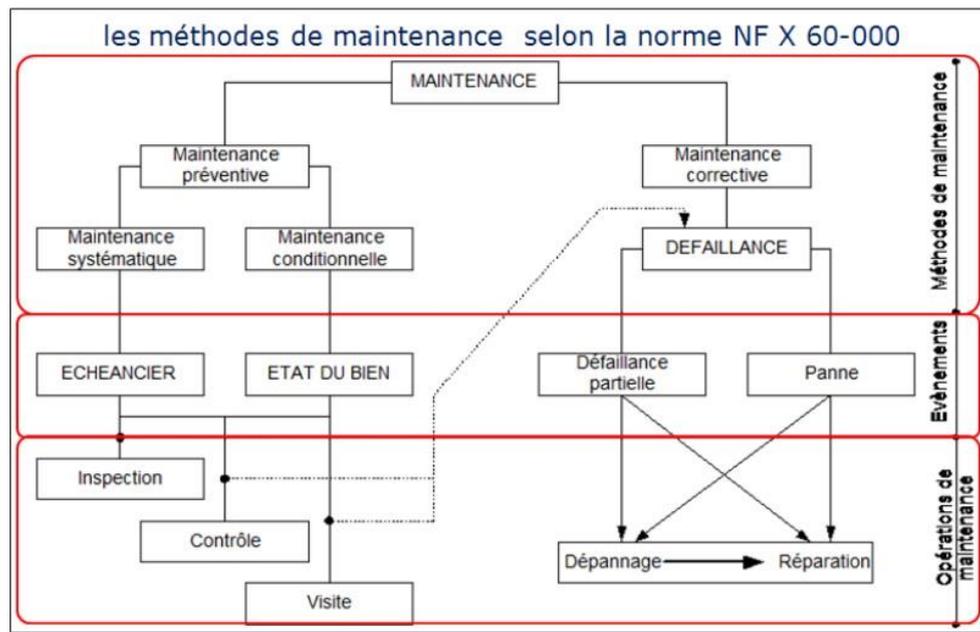


Figure 6: Les méthodes de la maintenance

### II.3.1 LA MAINTENANCE CORRECTIVE :

Définition AFNOR (norme X 60-010) : «Opération de maintenance effectuée après défaillance ».

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (**subir**) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.

#### A. Opérations de la maintenance corrective :

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

- **Test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **Détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **Localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **Diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **Dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **Contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **Amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **Historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

**B. Le temps en maintenance corrective :**

Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Elle peut être faible (de quelques secondes)
- Elle peut être très importante (de 0,5 à plusieurs heures)
- Elle peut être majeure en cas de mort d'homme.

**II.3.2 LA MAINTENANCE PREVENTIVE :**

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

**A. Objectifs de la maintenance préventive :**

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

**B. La maintenance préventive systématique :**

C'est la Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries.

Cas d'application :

- **Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée)** : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc....
- **Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves** : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc....
- **Equipement ayant un coût de défaillance élevé** : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- **Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service** : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc....

### C. La maintenance préventive conditionnelle :

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc...).

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tout le matériel est concerné ; cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

#### **D. Opérations de la maintenance préventive :**

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance.

Les trois premières opérations sont encore appelées « **opérations de surveillance** ».

Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.

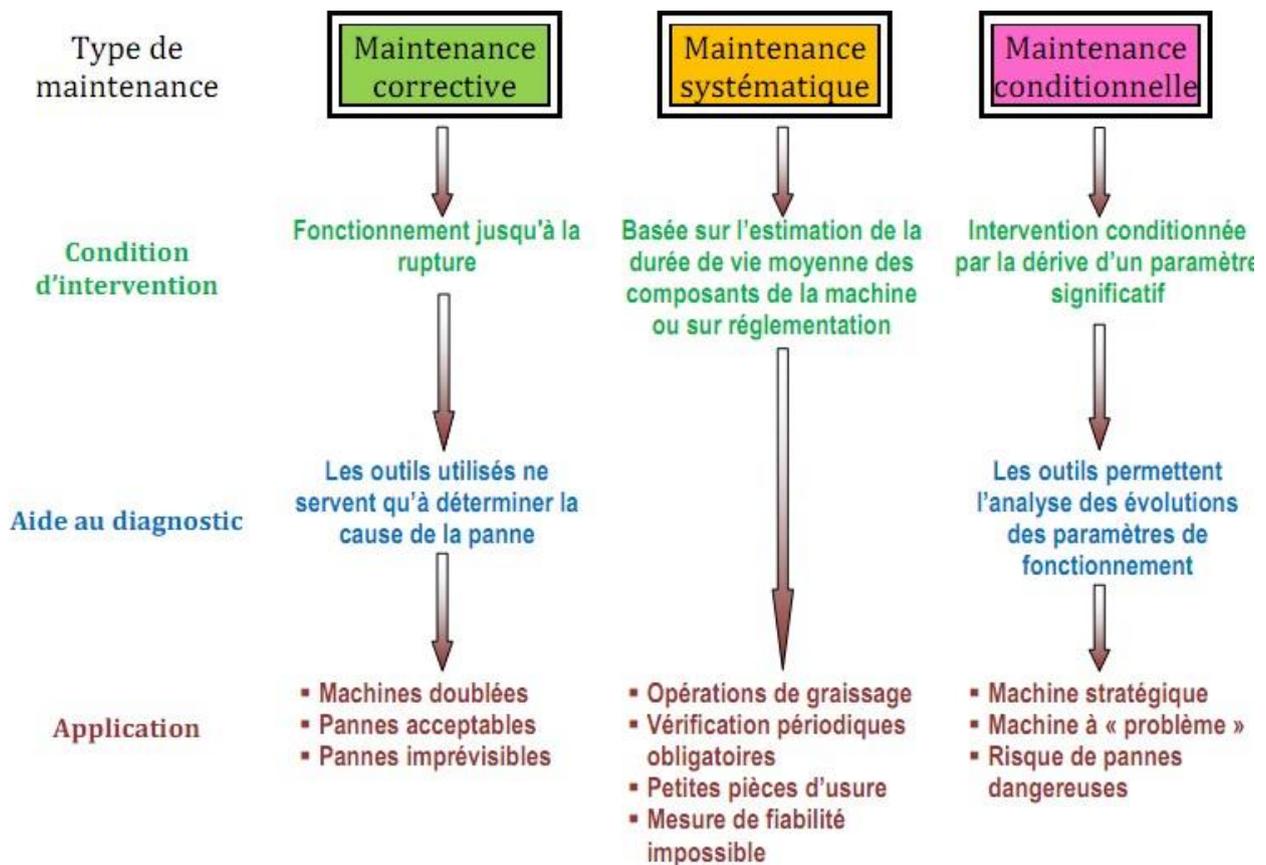


Figure 7: Applications des méthodes de maintenance

### II.3.3 LA MAINTENANCE AMELIORATIVE :

- L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise » (norme NF EN 13306). On apporte donc des modifications à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc.. C'est une aide importante si l'on décide ensuite de construire un équipement effectuant le même travail mais à la technologie moderne : on n'y retrouvera plus les mêmes problèmes.

#### A. Objectifs de la maintenance améliorative :

La maintenance améliorative est un état d'esprit nécessitant un pouvoir d'observation critique et une attitude créative. Un projet d'amélioration passe obligatoirement par une étude économique sérieuse : l'amélioration doit être rentable. Tout le matériel est concerné, sauf bien sûr, le matériel proche de la réforme. Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont :

- L'augmentation des performances de production.
- L'augmentation de la fiabilité.
- L'amélioration de la maintenabilité.
- La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble,
- L'augmentation de la sécurité des utilisateurs.

## **B. Opérations de la maintenance améliorative :**

### **Rénovation :**

C'est l'inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou le remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement, la réparation des pièces et sous-ensembles défectueux. C'est donc une suite possible à une révision générale. Une rénovation peut donner lieu à un échange standard.

### **Reconstruction :**

« Action suivant le démontage du bien principal et remplacement des biens qui approchent de la fin de leur durée de vie et/ou devraient être systématiquement remplacés ». La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. La reconstruction impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications peuvent apporter un plus en terme de disponibilité (redondance), d'efficacité, de sécurité, etc.... Attention toutefois à une forme particulière de reconstruction : c'est la « **cannibalisation** » qui consiste à récupérer, sur le matériel mis au rebut (casse), des éléments en bon état, de durée de vie espérée inconnue, et de les utiliser en rechanges ou en pièces de rénovation. Est-ce une bonne solution ?...

### **Modernisation :**

C'est le remplacement d'équipements, d'accessoires, des logiciels par des sous-ensembles apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Une modernisation peut intervenir dans les opérations de rénovation ou de reconstruction.