

**L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des
Frères Mentouri Constantine 1**

Département de Génie Industriel et Maintenance

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

Présenté par l'enseignant : Debbah Younes

**Séance du mercredi 02 Décembre 2020 –
(08h :00 à 09 :00h) et de (09h :00 à 10h :00)**

1. INTRODUCTION

Les méthodes de maintenance ont souvent recours à une information basée sur l'expérience pour prédire les performances futures. Elles sont formalisées en une discipline systématique qui se base sur une évaluation technique complète des événements survenus pendant les phases expérimentales ou d'exploitation. Les méthodes de maintenance apportent, à la conception de produit, des méthodes et des informations qui permettent de faire mieux qu'avant et surtout, de prévoir le comportement futur d'un matériel nouveau. [1].

Une première définition normative de la maintenance fut donnée par l'AFNOR en 1994 (norme NFX 60-010), à savoir : « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». Depuis 2001, elle a été remplacée par une nouvelle définition, désormais européenne (NF EN 13306 X 60-319) : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». La Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance (European Federation of National Maintenance Societies ou EFNMS) propose une définition similaire en anglais: « All actions which have 44 the objective of retaining or restoring an item in or to a state in which it can perform its required function. The

Enseignant : Debbah Younes

mercredi 02 Décembre 2020

L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des Frères Mentouri Constantine 1

Département de Génie Industriel et Maintenance

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

actions include the combination of all technical and corresponding administrative, managerial and supervision actions », c'est à dire : Toutes les actions qui ont pour objectif de garder ou de remettre une chose en état de remplir la fonction qu'on exige d'elle.

Les activités de maintenance se traduisent par des interventions sur des équipements pluri technologiques. Ces interventions supposent des connaissances scientifiques et techniques relatives tant aux systèmes, produits, processus, matériels et logiciels mis en oeuvre qu'à leur fonctionnement et aux principes qui régissent leurs interactions [2].

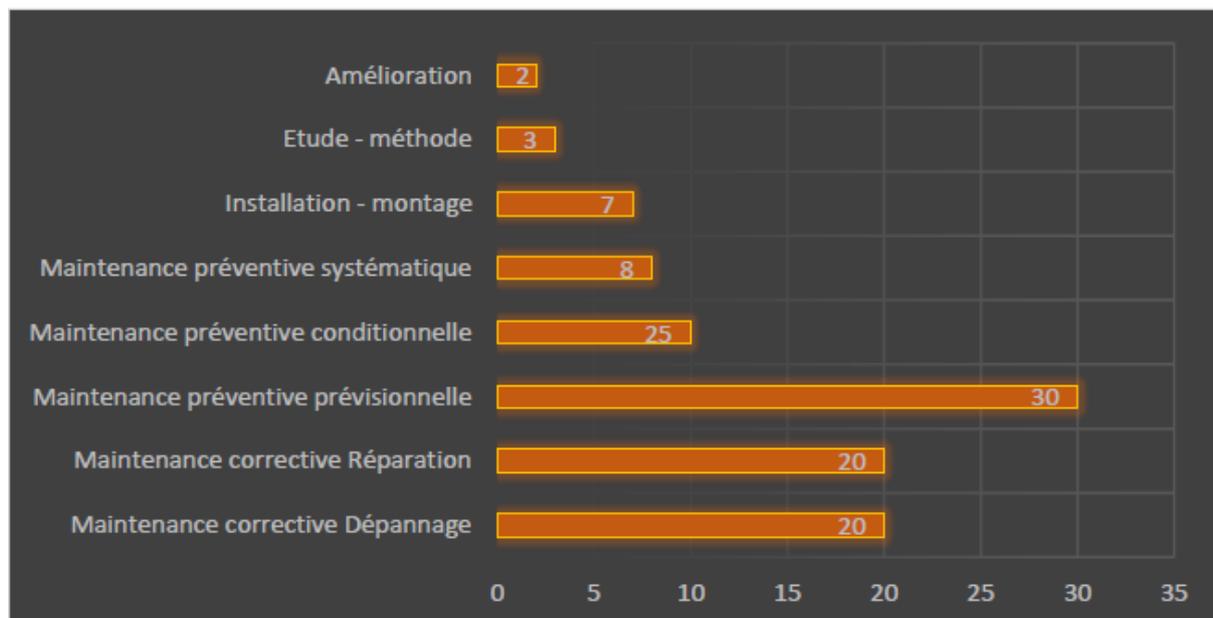


Figure 1. Répartition des activités de maintenance

GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle

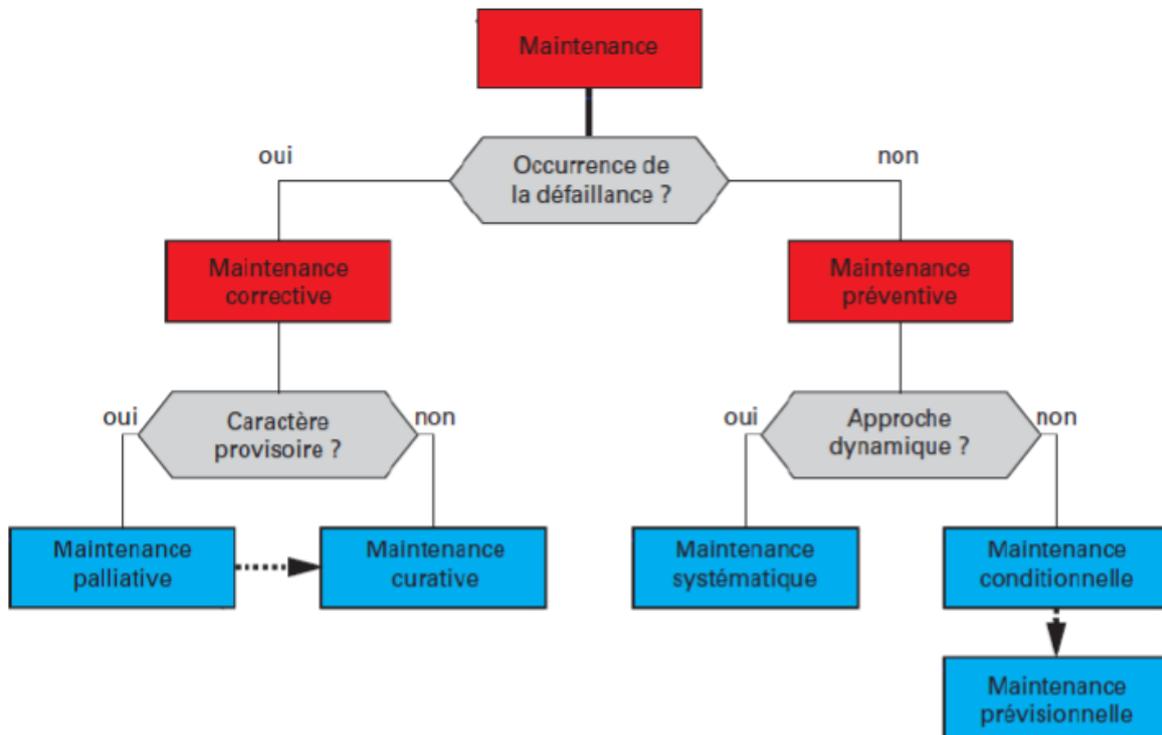


Figure 2. Formes de maintenance selon la norme NF EN 13306 (2010)

2. LA MAINTENANCE CORRECTIVE OU ACCIDENTELLE

C'est pour ça qu'on définit la maintenance corrective comme une maintenance effectuée après défaillance, la norme NF EN 13306 (2010) la définit comme une maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise [2].

La maintenance corrective est caractérisée par son caractère aléatoire et requiert des ressources humaines compétentes et des ressources matérielles à savoir : pièces de rechange et outillage, disponibles sur place. Ce type de maintenance est généralement adapté pour les équipements pour lesquels :

- Les conséquences de la panne ne sont pas critiques ;
- La réparation est facile et ne nécessite pas beaucoup de temps ;
- Les coûts d'investissements sont faibles.

L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des Frères Mentouri Constantine 1

Département de Génie Industriel et Maintenance

GESTION DE LA MAINTENANCE CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle

- Deux formes de maintenance corrective peuvent être distinguées

2.1 La maintenance corrective palliative

Elle est basée sur l'action de dépannage qui permet de remettre provisoirement le matériel à un niveau de performance acceptable qui peut être inférieur au niveau optimal, l'intervention est donc à caractère provisoire, la norme AFNOR [3] la décrit comme : « Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise, appelée couramment dépannage ». La maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

2.2 La maintenance corrective curative

Par opposition à ce qu'on appelle la maintenance corrective palliative, les interventions dans ce type de maintenance corrective sont de caractère définitif, l'intervention qui suit la défaillance permet le rétablissement du niveau de performance optimal du matériel, la norme AFNOR X60-319/NF EN 13306 2010 AFNOR Terminologie de la maintenance la définit comme : « une action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des actions réalisées doit présenter un caractère permanent ».

3 LA MAINTENANCE PREVENTIVE

Contrairement à la maintenance corrective qui attend l'occurrence de la panne pour intervenir en causant l'augmentation des coûts indirects liés à l'interruption de la production, la maintenance préventive consiste à intervenir sur un équipement avant que celui-ci ne soit défaillant, les interventions sont donc déclenchées avant les

L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des Frères Mentouri Constantine 1

Département de Génie Industriel et Maintenance

GESTION DE LA MAINTENANCE **CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

défaillances en fonction d'un ou plusieurs paramètres déterminés après la surveillance du comportement de la machine. On cherche alors à tendre vers un taux de défaillance nul en effectuant le maintien du niveau de performance requis avant l'apparition du défaut, la définition donnée par l'AFNOR [54] est la suivante : « Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien », elle a comme buts :

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

Trois formes de maintenance Préventive peuvent être distinguées :

3.1 La maintenance préventive systématique

Lorsque l'intervention de maintenance est exécutée à intervalles fixes et prédéfinis, on parle de maintenance préventive systématique. Ce type de maintenance est déclenché suivant un échéancier qui peut être : heures de travail, kilomètres effectués, etc.... et se traduit par le remplacement périodique de pièces, sans contrôle préalable et quel que soit l'état de dégradation des biens, la définition donnée par la norme européenne [3] est : « Maintenance préventive exécutée à des intervalles de

**L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des
Frères Mentouri Constantine 1**

Département de Génie Industriel et Maintenance

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien ».

La périodicité des remplacements est déterminée selon deux méthodes : la première est de type bloc et la seconde, de type âge. La politique de remplacement de type âge suggère de remplacer l'équipement après T unités de temps de bon fonctionnement. La politique de type bloc suggère de remplacer l'équipement après une période prédéterminée de temps T, 2T, etc. indépendamment de l'âge et de l'état du composant.

La maintenance systématique nécessite donc de connaître le comportement du matériel ; les usures ; les modes de dégradations ; le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries (MTBF) afin de déterminer les périodes d'interventions.

3.2 La maintenance préventive conditionnelle

La maintenance préventive systématique peut conduire à un excès d'interventions inutiles, et donc à des gaspillages financiers pour l'entreprise. Pour pallier cela, d'autres formes de maintenance préventive, fondées sur la surveillance de l'état réel des biens sont apparues : les maintenances conditionnelle et prévisionnelle.

La maintenance conditionnelle est définie comme une : « Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent » [3]. C'est une maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé. Divers outils comme l'analyse de la vibration et l'analyse d'huile, permettent de détecter les signes d'usure ou de dégradation de l'équipement. Ceci s'effectue en mesurant, à

Enseignant : Debbah Younes **mercredi 02 Décembre 2020**

GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle

chaque inspection, la valeur d'un paramètre de contrôle tel que l'amplitude de déplacement, de vitesse ou d'accélération des vibrations, le degré d'acidité, ou la teneur de particules solides dans l'huile. Dans certains cas où des équipements de mesure ou des capteurs sont intégrés dans le système suivi, l'inspection ne se fait qu'après l'obtention d'un signal. D'une manière générale, l'action ne se déclenche que lorsque le paramètre de contrôle dépasse un seuil déterminé empiriquement, fixé par le constructeur ou par les normes de santé et de sécurité au travail.

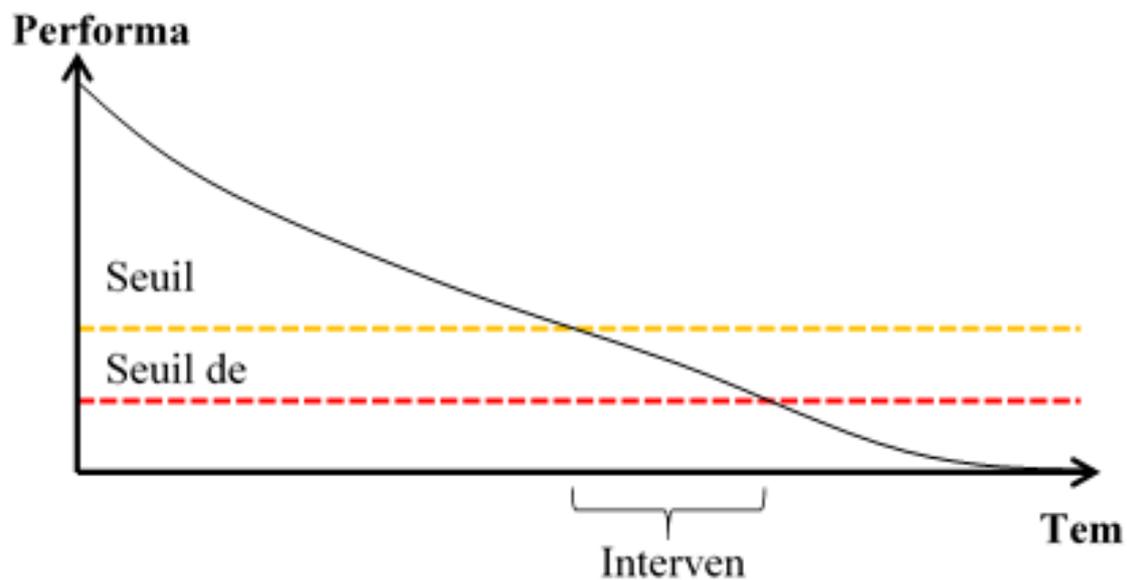


Figure 3. Principe du suivi en maintenance Conditionnelle

3.3 La maintenance préventive prévisionnelle ou prédictive

Comme la maintenance préventive, la maintenance prédictive a de nombreuses définitions. Pour certains travailleurs, la maintenance prédictive surveille la vibration des machines tournantes dans le but de détecter les problèmes naissants et d'éviter une défaillance catastrophique. Pour d'autres, elle surveille l'image infrarouge de

L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des Frères Mentouri Constantine 1

Département de Génie Industriel et Maintenance

GESTION DE LA MAINTENANCE CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle

l'appareillage électrique, des moteurs et d'autres équipements électriques pour détecter les problèmes de développement. Le principe commun de la maintenance prédictive est qu'une surveillance régulière de l'état mécanique réel, de l'efficacité de fonctionnement et d'autres indicateurs des conditions de fonctionnement des trains de machines et des systèmes de traitement fournira les données nécessaires pour assurer l'intervalle maximal entre les réparations des pannes imprévues [4].

La maintenance préventive (PM) est un moyen efficace pour l'amélioration de la fiabilité [5]. En ce qui concerne la maintenance prédictive avancée, le principal défi est la prédiction de défaillance précise qui pourrait éviter une perte de fonctionnement importante au stade initial [6].

4 LES TECHNIQUES DE LA MAINTENANCE PREDICTIVE

Diverses technologies peuvent et doivent être utilisées dans le cadre d'un programme global de maintenance prédictive. Parce que les systèmes mécaniques ou les machines représentent la plupart des équipements de l'usine, la surveillance des vibrations est généralement l'élément clé de la plupart des programmes de maintenance prédictive.

Par conséquent, un programme complet de maintenance prédictive doit inclure d'autres techniques de surveillance et de diagnostic. Ces techniques comprennent la surveillance des vibrations, la thermographie, la tribologie, les paramètres de processus, l'inspection visuelle, les ultrasons et d'autres techniques d'essais non destructifs [4].

4.1 Surveillance des vibrations

Parce que la plupart des installations sont constituées de systèmes électromécaniques, la surveillance des vibrations est le principal outil de maintenance

**L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des
Frères Mentouri Constantine 1**

Département de Génie Industriel et Maintenance

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

prédictive. Au cours des 20 dernières années, la plupart de ces programmes ont adopté des collecteurs de données monocanaux à microprocesseur et des logiciels Windows® pour acquérir, gérer, suivre et évaluer l'énergie vibratoire créée par ces systèmes électromécaniques. Bien que cette approche soit une méthodologie de maintenance prédictive précieuse, les limites de ces systèmes peuvent limiter les avantages potentiels [4].

La surveillance des installations concourt à limiter le niveau d'entretien préventif. L'analyse vibratoire constitue un outil de détection puis de diagnostic de défauts de fonctionnement des installations.

4.2 Thermographie

Définition AFNOR : « la thermographie est la technique permettant d'obtenir, au moyen d'un appareillage approprié, l'image thermique d'une scène observée dans un domaine spectral de l'infrarouge ».

Thermographie signifie « écrire avec la chaleur » tout comme photographie signifie « écrire avec la lumière ». Ce cliché ainsi généré est appelé thermo gramme ou image thermique.

La démarche consiste donc à produire des images à partir de radiations thermiques invisibles. De ce fait, la thermographie infrarouge est un moyen instantané de détection des zones à problèmes, elle met en évidence des défauts que les méthodes plus conventionnelles ne peuvent déceler.

La thermographie est une technique de maintenance prédictive qui peut être utilisée pour surveiller l'état de la machinerie, des structures et des systèmes de l'usine, et non seulement de l'équipement électrique. Il utilise une instrumentation conçue pour surveiller l'émission d'énergie infrarouge (c'est-à-dire la température de surface) pour déterminer les conditions de fonctionnement. En détectant des anomalies thermiques

**L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des
Frères Mentouri Constantine 1**

Département de Génie Industriel et Maintenance

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

(c'est-à-dire, des zones qui sont plus chaudes ou plus froides qu'elles ne devraient l'être), un technicien expérimenté peut localiser et définir une multitude de problèmes naissants dans l'installation.

4.3 Tribologie

Tribologie est le terme général qui se réfère à la dynamique de conception et de fonctionnement de la structure de support de palier-lubrification-rotor des machines. Deux techniques principales sont utilisées pour la maintenance prédictive : l'analyse de l'huile de graissage et l'analyse des particules d'usure.

4.4 Inspections visuelles

L'inspection visuelle était la première méthode utilisée pour la maintenance prédictive. Presque depuis le début de la révolution industrielle, les techniciens de maintenance effectuaient quotidiennement des « walkdowns » des systèmes critiques de production et de fabrication afin d'identifier les défaillances potentielles ou les problèmes de maintenance susceptibles d'affecter la fiabilité, la qualité des produits et les coûts de production. Une inspection visuelle est toujours un outil de maintenance prédictive viable

5. BIBLIOGRAPHIE

[1] Y. Debbah, A. Cherfia, A. Saadi, « Application de la méthode des réseaux de neurones pour la prédiction des vibrations induites par des défauts combinés (désalignement et balourd) », The Second International Conference of Mechanics (ICM'15). Constantine, Algérie., pp. 320-327, 25-26 Novembre 2015.

[2] R. GOURIVEAU, K. MEDJAHER, E. RAMASSO et N. ZERHOUNI, « PHM - Prognostics and health management - De la surveillance au pronostic de défaillances de systèmes complexes », Éditions Techniques de l'Ingénieur, mt9570 (16 pages). 2013.

**L'Institut des Sciences et Techniques Appliquées « ISTA » de l'université des
Frères Mentouri Constantine 1**

Département de Génie Industriel et Maintenance

**GESTION DE LA MAINTENANCE
CHAPITRE 1 : La maintenance industrielle**

[3] X60-319/NF EN 13306 2010 AFNOR Terminologie de la maintenance.

[4] R. Keith Mobley," AN INTRODUCTION TO PREDICTIVE MAINTENANCE",
Second Edition- ISBN: 978-0-7506-7531-4- A volume in Plant Engineering.

[5] S. K. Yang, "A Condition-Based Failure-Prediction and Processing-Scheme for
Preventive Maintenance", *IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY*, Vol. 52 (3), pp.
373 – 383, 2003. DOI: 10.1109/TR.2003.816402.

[6] Z. Cai, S. Sun, S. Si, N. Wang, "Research of Failure Prediction Bayesian Network
Model", -IEEE, IE&EM '09. 16th International Conference on Industrial Engineering and
Engineering Management, 2009.

DOI: 10.1109/ICIEEM.2009.5344265.