

Chapitre 1. Introduction à la fonction maintenance

Introduction à la fiabilité et Définition de la maintenance, Les différentes techniques de diagnostic, Les techniques de maintenance (maintenances préventives, maintenances curatives, ...), Méthodes de maintenance, Gestion de la maintenance et gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

1.1 Introduction à la maintenance

➤ *Enjeux économiques de la maintenance*

- budget consacré à la maintenance,
- sociétés de la maintenance,
- analyse qualitative,
- principales raisons d'évolution du marché de la maintenance.

➤ *Métiers de la maintenance*

- *Exemples de postes offerts aux débutants*
 - responsable entretien et maintenance : jeune ingénieur dirige une dizaine de personnes pour les études et la réalisation en vue de la maintenance et de l'amélioration d'équipements,
 - responsable maintenance dans la filiale d'un grand groupe : responsabilité d'une vingtaine de personnes avec gestion du budget et mise en œuvre d'un plan de maintenance préventive,
 - chef d'entretien : prise en charge de l'entretien et des travaux neufs, de la réalisation des équipements et de la mise en place de la MAO sur plusieurs sites.
- *Exemples de postes offerts aux cadres expérimentés*
 - responsable entretien-travaux neufs : il dirige la mise en place de la maintenance préventive et la restructuration totale des chaînes de fabrication et de l'automatisation, et assure la gestion de la sous-traitance,
 - chef de département maintenance industrielle dans une société de service spécialisée en maintenance : il entretient les relations avec la clientèle existante, procède aux chiffrages, organise et suit les travaux, encadre le personnel d'exécution.
 - Ingénieur études de maintenance : il prépare les dossiers techniques et procédures de maintenance et réalise les audits de maintenance chez les clients.
- *Exemples de postes en secteurs spécifiques*
 - Dans le secteur bancaire : chef de projet monétaire est responsable du suivi informatique du projet monétaire (maintenance et évolution du produit),
 - Dans les transports : responsable du parc des véhicules, il dirige et anime les équipes des ateliers d'entretien et de réparation du matériel et supervise la gestion du magasin de pièces détachées,
 - Dans les sociétés de services : (Consultant qualité maintenance : il assure la formation à l'assurance qualité appliquée à la maintenance, élabore des procédures, développe et met en œuvre les plans qualité et réalise des actions pédagogiques---Ingénieur conseil en fiabilité et automatismes industriels : conception et mise en œuvre de projets d'études, choix de concepts d'instrumentation et de contrôle commande, mise en œuvre des solutions retenues architectures de réseaux, fournisseurs, montage.....)

➤ **Missions de la maintenance**

- *Mission globale (Diminution du rapport suivant)*

Dépenses de maintenance / quantité et qualité de service rendu

- *Conservation du potentiel fonctionnel :*
Les éléments maintenus constituent des outils pouvant assurer diverses fonctions (production, fabrication, activités, commerciales, services,...). Ces fonctions ne peuvent perdurer que grâce à une maintenance régulière, et dont le rendement doit être optimum.
Dans ce cadre, la fonction maintenance est responsable :
 - du **diagnostic** permanent des équipements et installations en apportant les remèdes aux dégradations constatées ;
 - de la **réparation** et de la remise en état de l'élément lorsqu'elles se révèlent nécessaires ;
 - de la réalisation des travaux neufs d'installation ou **d'aménagement** jugés opportuns.
- *Exploitation de l'infrastructure technique:*
La fourniture d'énergie et la distribution des fluides constituent généralement un domaine pris en charge par la fonction maintenance ;
- *Gestion patrimoniale*
La conservation de la valeur du patrimoine, voire son augmentation, est souvent liée à la qualité de la maintenance.
- *Aspects commerciaux*
La qualité de l'entretien des équipements d'une entreprise contribue activement à l'image de celle-ci.
- *Respect de l'environnement*
La maintenance est souvent responsable de la lutte contre les nuisances de l'évacuation des déchets et autres effluents, et du traitement des eaux usées.
- *Respect de la réglementation et sécurité*
 - La protection des individus contre les accidents fait l'objet de nombreux textes légaux qui sont nécessairement complétés par des prescriptions et des actions de mise en conformité exécutées généralement par la maintenance.
 - Les établissements recevant du public sont notamment soumis à des dispositions légales entraînant l'installation d'équipements de sécurité dont l'entretien doit être assuré et garanti.
- *Amélioration des conditions de travail*
La maintenance des équipements de confort et des outils de travail contribue pour une large part à l'ambiance sociale des entreprises.
- *Optimisation des dépenses*
Les coûts de maintenance représentent des postes de plus en plus importants pour une entreprise, difficiles à gérer car entrant souvent dans la catégorie des frais généraux. Un suivi détaillé de ces coûts et de leurs causes s'avère nécessaire pour les maîtriser.

1.2 Définition des principaux concepts de la maintenance

- *La maintenance*
- *La terotechnologie*
- *L'entretien*
- *La fiabilité*
- *La maintenabilité*
- *La disponibilité*
- *La panne*
- *La défaillance*
- *La réparation*
- *Le dépannage*
- *Le diagnostic*
- *La GMAO*

➤ **Maintenance / Entretien**

- *Maintenance (Norme AFNOR X 60-010)*
Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.
- *Entretien*
Historiquement, il existe une opposition de sens entre les termes Maintenance et Entretien.

Entretien	Maintenance
Dépanner – réparer	Prévenir - optimiser le coût de possession
Subir le matériel	Maîtriser
Tâche ingrate : période estivale, improductif	Outils spécifiques : fiabilité, GMAO,.....
Activité de faible priorité : faible qualification, responsabilité limitée, exploitation prioritaire	Valorisation du métier : participation aux études, à la conception, à l'installation et à l'amélioration

- *Définition actuelle de l'entretien*
Ensemble des travaux ayant pour but de maintenir dans leur état initial des ouvrages ou équipements existants, sans changer leur usage ou leur fonction. L'entretien peut s'avérer nécessaire plusieurs fois pendant la durée de vie, il limite ainsi les risques de désordre ou de pannes (composante préventive de la maintenance).

➤ **Fiabilité**

(Norme AFNOR X 60-500)

Aptitude d'un équipement à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

- On suppose en général que l'entité est en état d'accomplir la fonction requise au début de l'intervalle de temps donné.
- Le concept de fiabilité est traduit souvent dans la pratique comme l'aptitude d'une entité à avoir une faible fréquence de défaillance.

R(t) : Probabilité que l'entité accomplisse une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné (0,t).

➤ **Maintenabilité**

(Norme AFNOR X 60-500)

- Aptitude d'un équipement à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.
- **M(t)** : pour une entité utilisée dans des conditions données d'utilisation, probabilité pour qu'une opération donnée de maintenance puisse être effectuée sur un intervalle de temps (0,t), lorsque la maintenance est assurée dans des conditions données et avec l'utilisation de procédures et moyens prescrits.

➤ **Disponibilité**

(Norme AFNOR X 60-500)

- Aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée.
- **D(t)** : Probabilité qu'une entité soit en état de disponibilité dans des conditions données, à un instant donné en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée.

➤ **Panne / Défaillance**

○ *Panne*

Inaptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

○ *Défaillance (Norme AFNOR X 60-010)*

Altération ou cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

➤ **Réparation / Dépannage**

○ *Réparation*

La réparation consiste en la remise en état, de façon durable, dans le but de supprimer ou de réduire les conséquences de la vétusté, de l'usure ou du désordre, d'un équipement n'assurant plus dans des conditions acceptables la fonction qui est la sienne.

○ *Dépannage*

Action sur un équipement en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement, au moins provisoirement. Compte tenu de l'objectif, un dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation « hors norme » et ; dans ce cas, sera suivi de réparation.

➤ **Diagnostic**

- Analyse d'un ensemble de facteurs ou de symptômes, visant à établir l'état d'un élément ou les causes d'un éventuel désordre constaté, afin de choisir les mesures à prendre pour y remédier.
- Examen permettant d'apprécier l'état d'usure d'un composant, afin de déterminer les opérations de maintenance à exécuter, ou la durée de vie restante.

➤ **GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur)**

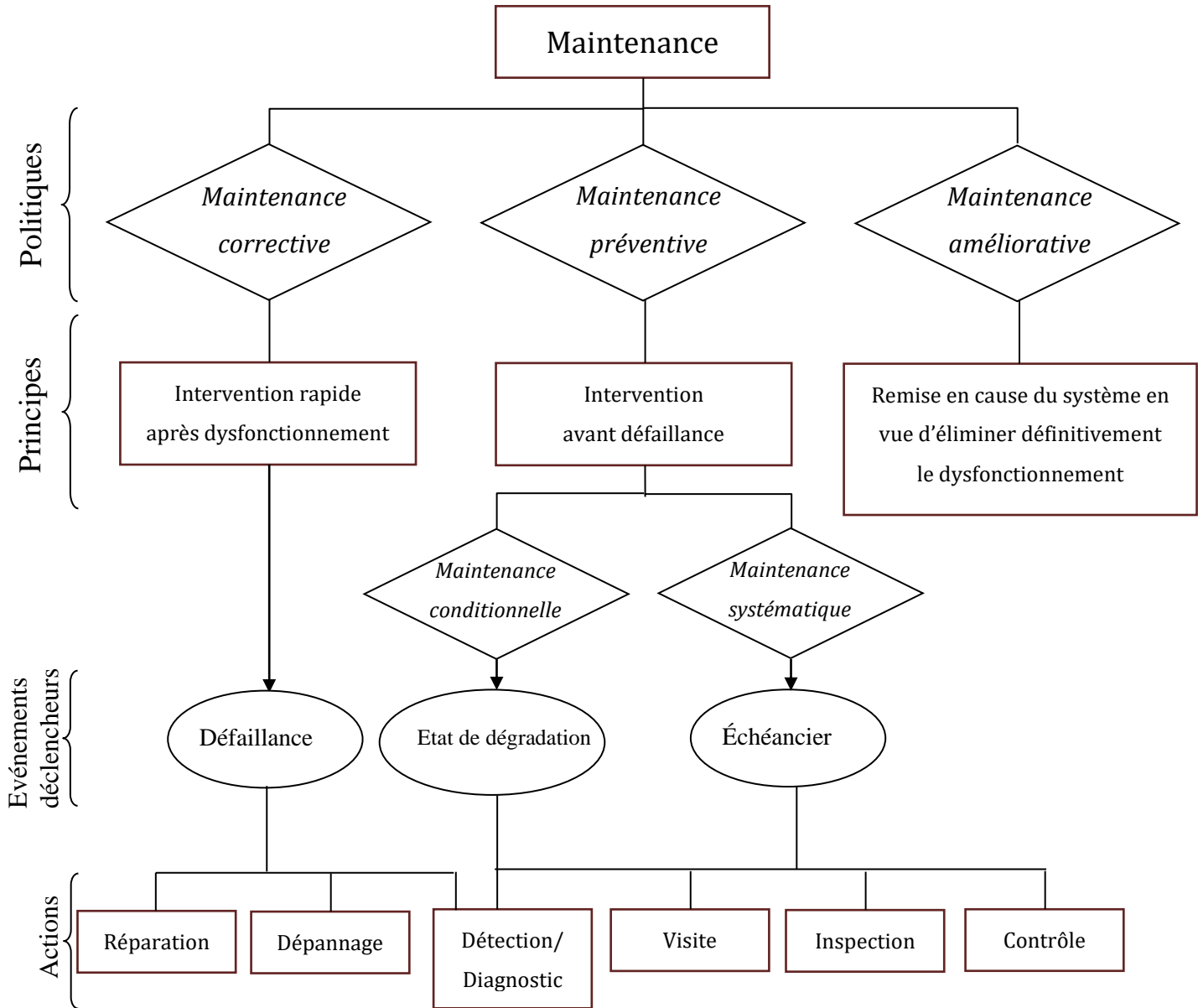
Système informatique permettant la gestion des moyens nécessaires à la maintenance et la gestion de la mise en œuvre de ces moyens. Une GMAO doit donc permettre :

- D'établir l'inventaire des éléments à maintenir ;
- De gérer les interventions de maintenance préventive et corrective sur le plan de la programmation technique et sur le plan financier,
- De gérer les stocks et les achats,
- De faire un historique des interventions,
- De gérer les entreprises sous-traitantes ou co-traitantes,
- D'apprécier l'état global de santé des éléments maintenus,
- De prévoir leur remplacement en fonction des durées de vie théoriques et des interventions.

1.3 Politique de la maintenance

- La maintenance corrective
- La maintenance préventive
- La maintenance améliorative

➤ *Structure générale*



➤ **Maintenance corrective**

- C'est l'ensemble des activités réalisés après défaillance d'un bien ou dégradation de sa fonction, afin de lui permettre d'accomplir, au moins provisoirement, une fonction requise.
- Ces activités comprennent la **détection/localisation** de la défaillance et son **diagnostic**, la remise en état avec ou sans modification, et le contrôle du bon fonctionnement.
- La remise en état peut prendre deux formes : le *dépannage* ou la *réparation*

○ *Détection*

Action de déceler au moyen d'une surveillance accrue, continue ou non, l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant.

○ *Localisation*

Action conduisant à rechercher précisément le ou les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.

○ *Diagnostic*

Identification de la cause probable de la (ou des) défaillance(s) à l'aide d'une analyse ou d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.

Le diagnostic confirme, complète ou modifie les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances et précise les opérations de maintenance correctives nécessaires.

○ *Dépannage*

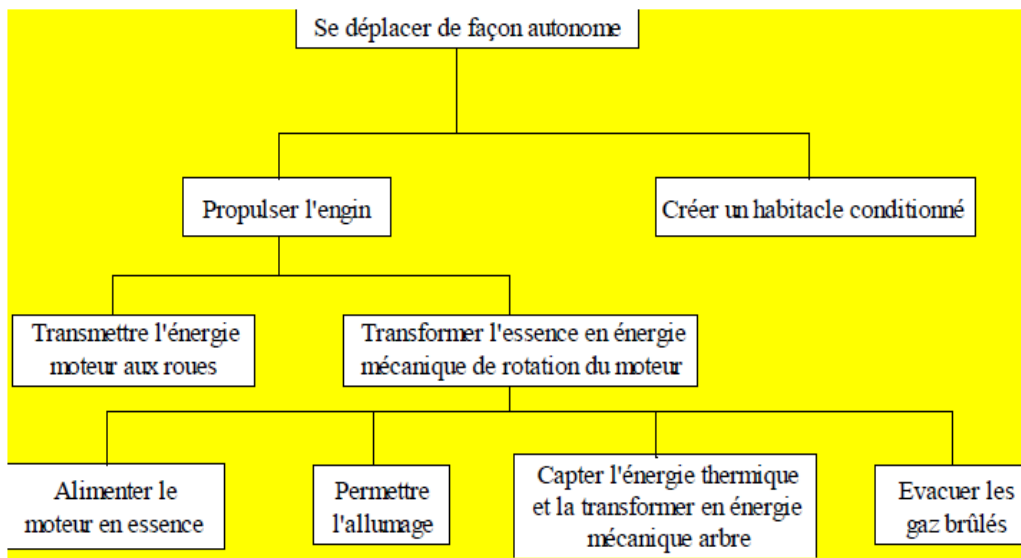
En dehors des défaillances imprévisibles qui guettent tout équipement, le dépannage est la méthode la plus appropriée pour :

- Les équipements secondaires au fonctionnement sporadique,
- Les équipements à faible coût de défaillance ;
- Les équipements pour lesquels une méthode de maintenance plus élaborée est inadéquate : difficultés de démontage pour visites ou contrôle, matériel en fin de carrière, matériel bon marché...

Du fait du caractère imprévu de la panne, l'ordonnancement des travaux de dépannage est impossible. Cependant, on doit envisager une amélioration des conditions d'exécution, afin de faire du dépannage une méthode rationnelle et efficace.

Se préparer au dépannage consiste donc à :

- Etre prêt à intervenir : pour cela, le personnel doit être compétent, entraîné et équipé pour certains travaux, éventuellement spécialisé dans certains types de pannes et d'équipements, disponible, formé pour toute nouvelle technologie introduite sur le site, il doit disposer de moyens d'alerte, d'outillages et d'éléments de rechange adaptés à la demande supposée.
- Savoir où intervenir : l'efficacité du dépannage passe par une très bonne connaissance des équipements, de leur fonctionnement, et des circonstances qui peuvent amener à la défaillance. Cette connaissance peut être améliorée par exemple en procédant à des analyses fonctionnelles des équipements, comme par exemple pour automobile :

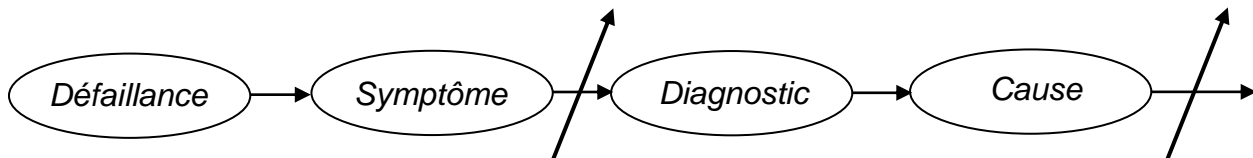


- Savoir comment intervenir : une fois la cause de la panne découverte, le problème doit être résolu le plus rapidement possible, selon la procédure la plus logique possible. Toute perte de temps due à des hésitations concernant l'ordre de démontage, toute fausse manœuvre conduisant à endommager un composant sain, peuvent être évitées si l'on dispose de documents d'aide à l'intervention guidant le personnel au cours des opérations. L'efficacité du dépannage peut aussi être accrue par le traitement de sous-ensembles en échanges standards : afin de gagner du temps, plutôt que de réparer sur place le sous-ensemble défectueux, on le remplacera par un autre en bon état. La réparation de l'élément défaillant sera alors entreprise ultérieurement dans de bonnes conditions, en atelier.

La détection du symptôme peut être suffisante dans une démarche de maintenance palliative, mais le diagnostic est indispensable à toute action de maintenance corrective

Action sur le symptôme :
action palliative

Action sur la cause :
action curative



Objectifs du dépannage et problèmes potentiels

- Protéger les utilisateurs et le matériel : le risque sera-t-il suffisamment réduit ? pendant combien de temps ? quelles précautions doit-on prendre ?
- Permettre de continuer l'exploitation : le service fournit ne sera-t-il pas dégradé ?
- Permettre d'attendre le moment opportun pour faire la réparation définitive : peut-on décider à quel moment cette réparation définitive pourra être faite ?
- Donner le temps de préparer et de planifier la réparation.

○ *Réparation*

Elle peut prendre différentes formes :

- Réparation limitée, intervenant après panne,
- Echange standard d'un sous-ensemble,
- Remise en état de l'échange standard précédemment déposé.

La réparation permet la remise en état, de **façon durable**, d'un équipement usagé ou immobilisé à la suite d'un incident, ou dégradé, n'assurant plus dans des conditions acceptables la fonction qui est la sienne. Elle doit donc satisfaire à deux exigences :

- **Sécurité** d'exploitation
- **Fiabilité**.

La réparation doit en outre restituer ses qualités initiales à l'équipement. Cependant, le retour aux performances initiales peut s'avérer très onéreux, et l'on se limitera lorsque c'est possible, à un niveau acceptable bien qu'inférieur à celui de l'équipement neuf.

La réparation n'est pas exclusivement une activité de maintenance corrective, elle peut intervenir :

- A la suite d'un dépannage provisoire,
- Après une visite en maintenance conditionnelle, ayant permis de déceler un risque de défaillance à venir,
- Après un arrêt programmé en maintenance systématique,
- Sur un équipement en panne ou présentant des signes de défaillance.

➤ *Maintenance préventive*

- C'est l'ensemble des activités réalisées selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.
- Lorsque le critère est un nombre prédéterminé d'unités d'usage (heures de fonctionnement, kilomètres parcourus, pièces produites...), on se place dans une démarche de maintenance **systématique**.
- S'il est une valeur prédéterminée (un seuil) significative de l'état de dégradation du bien ou du service, on est alors dans le cas de la maintenance **conditionnelle** (appelée également maintenance selon état).

○ *Maintenance conditionnelle*

La maintenance conditionnelle se traduit par une surveillance des points sensibles de l'équipement, exercée au cours de visites préventives.

Ces visites soigneusement préparées, permettent d'enregistrer un degré d'usure, un jeu mécanique, une température, une pollution, ou tout autre paramètre qui puisse mettre en évidence l'imminence d'une défaillance.

- Objectifs de la maintenance conditionnelle
 - Eliminer ou limiter le risque de panne, l'intervention ayant lieu avant que la dégradation n'atteigne un caractère critique (et donc, ralentir le vieillissement),
 - Limiter les perturbations subies par l'utilisateur, en réalisant une meilleure préparation des interventions,
 - Réduire les dépenses de maintenance en intervenant à un stade précoce des dégradations, évitant ainsi les remises en état très coûteuses.

○ *Démarche générale de préparation des visites préventives*

- Déterminer en fonction de leur criticité (éléments de sécurité, d'usage courant ou de confort), de leur robustesse, et de leur coût, les éléments devant passer en maintenance conditionnelle,
- Pour chacun des équipements retenus, faire l'inventaire des composants à surveiller,
- En déduire la liste des points clés devant faire l'objet de contrôles,
- Définir les défauts possibles, préconiser les conditions de visite, les paramètres à contrôler, les valeurs limites et fixer la périodicité des visites,
- Regrouper les opérations de même périodicité en listes distinctes, afin d'établir des gammes types, ou processus de visite préventive. Ces gammes seront complétées par la liste des

outillages, des instruments de contrôle, des petites fournitures et consommables, et des temps nécessaires.

- Planifier les visites préventives.

○ *Maintenance prédictive*

L'appellation *Maintenance prédictive* concerne plus particulièrement la surveillance d'équipement grâce à des techniques ne nécessitant ni arrêt de production ni démontage tels que :

- Le contrôle des vibrations,
- La thermographie (mesure de l'intensité des émissions de rayons infrarouges),
- La tribologie (étude dynamique des paliers lubrifiés par analyse du lubrifiant, des particules d'usure ou ferrographie),
- Le contrôle des paramètres de processus (pression, intensité électrique, vitesses,...),
- L'inspection visuelle,
- Le contrôle ultrasonique,
- Le contrôle des émissions acoustiques,
- L'analyse des particules magnétiques...

○ *Maintenance systématique*

- La *Maintenance systématique* se traduit par l'exécution sur un équipement, à dates planifiées (ou à volume prédéfini d'unités d'usage atteint), d'interventions dont l'importance peut s'échelonner depuis le simple remplacement de quelques pièces jusqu'à la révision générale.
- Les travaux ont un caractère systématique, ce qui suppose une parfaite connaissance du comportement de l'équipement, de ses modes et de sa vitesse de dégradation.
- La maintenance systématique se pratique quand on souhaite procurer à un équipement une sécurité de fonctionnement quasi absolue en remplaçant suffisamment tôt les pièces ou organes victimes d'usure ou de dégradations.

Cette recherche de garantie de fonctionnement conduit à remplacer des pièces dont l'usure est incomplète. C'est donc un procédé qui coûte cher et que seule la nécessité d'une sécurité de haut niveau peut justifier.

Etant donné son caractère particulier, la maintenance systématique doit être appliquée avec discernement, elle conviendra plus particulièrement :

- Aux équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves,
- Aux équipements présentant un coût de défaillance élevé,
- Aux équipements soumis à la législation, c'est-à-dire faisant l'objet de mesures de sécurité réglementées.

L'organisation de la maintenance systématique recouvre deux aspects :

- La détermination du contenu des interventions,
- Le choix de la périodicité.

1.4 Les différents niveaux de maintenance

La norme X 60-010 distingue 5 degrés de maintenance, classés de manière croissante, selon la complexité des interventions à effectuer.

➤ Maintenance 1^{er} niveau

- Les actions de maintenance premier niveau sont des actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles, en toute sécurité, à l'aide d'équipements de support intégrés au bien.
- Ce sont par exemple les réglages et contrôles ou inspections nécessaires à l'exploitation, les opérations élémentaires de maintenance préventive, le remplacement d'articles consommables ou d'accessoires (fusibles, ampoules...).
- Ce type d'opérations peut être effectué par l'exploitant du bien avec les équipements de support intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

➤ Maintenance 2^{ème} niveau

- Le deuxième niveau de maintenance concerne les actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de support (intégrés ou extérieurs) d'utilisation et de mise en œuvre simples.
- Ce sont par exemple les contrôles de performances, certains réglages, les réparations par échange standard de sous-ensembles dont le remplacement est aisé.
- Ce type de maintenance peut être effectué par un personnel habilité avec les procédures détaillées et les équipements de support définis dans les instructions de maintenance.
- sont ainsi concernées par ce niveau les opérations de remplacement de pièces n'entraînant pas de démontage global de l'équipement. C'est donc un travail portant sur les éléments isolés ou des opérations de vérification de résultats tels que le contrôle des performances du matériel livré.

➤ Maintenance 3^{ème} niveau

- Le troisième niveau concerne les opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de support, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes.
- Ce sont par exemple les réglages généraux, les opérations de maintenance systématique délicates, les réparations par échanges de composants.
- Ces opérations nécessitent une approche globale du fonctionnement de l'équipement, c'est-à-dire la prise en compte de plusieurs éléments, de leurs interactions et de leur cohérence.

➤ Maintenance 4^{ème} niveau

- Le 4^{ème} niveau concerne les opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de support spécialisés.
- Ce sont par exemple les réparations spécialisées, les vérifications d'appareils de mesure.

➤ Maintenance 5^{ème} niveau

- Activités de rénovation ou de reconstruction dont les procédures impliquent un savoir-faire faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de support industriels.

1.5 Les outils de la maintenance

Tout comme l'intervention technique de maintenance, l'**organisation** et la **gestion** des activités de maintenance nécessitent l'emploi d'outils d'usages et de natures différentes :

- **Outils mathématiques** : pour choisir les politiques de maintenance les mieux adaptées à chaque type d'équipement, déterminer les périodes d'intervention, connaître la fiabilité, maintenabilité, disponibilité..... (probabilités, lois statistiques, algèbre des événements, analyses markoviennes...)
- **Outils organisationnels** : pour faciliter la prise de décisions (AMDEC, Synoptiques, Logigrammes...), la mise en œuvre de la maintenance préventive (techniques de contrôle), ou l'organisation des interventions (procédures et modes opératoires)
- **Outils informatiques** : pour la gestion des éléments maintenus, des ressources utilisées et des budgets (GMAO, GTP, GTB), ou pour l'aide à la décision (Systèmes experts).