

Chapitre II

Les stratégies de la maintenance industrielle

II.1. Les concepts de la maintenance

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

- 1) Les événements qui sont à l'origine de l'action : référence à un échancier, la subordination à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.
- 2) Les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.
- 3) Les opérations de maintenance proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.
- 4) Les activités connexes : maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

II.2. Les méthodes 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 :

- 1) Les objectifs de la direction.
- 2) Les directions politiques de maintenance.
- 3) Le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- 4) Le comportement du matériel en exploitation.
- 5) Les conditions d'application de chaque méthode.
- 6) Les coûts de maintenance.
- 7) Les coûts de perte de production.

II.2.1. La maintenance corrective

Selon la définition AFNOR (norme X 60-010), la maintenance corrective est l'opération de maintenance effectuée après défaillance. En outre, c'est l'ensemble des activités réalisées 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 dans l'ordre :

- **test** : comparaison des mesures avec une référence ;
- **détection** : action de déceler l'apparition d'une défaillance ;
- **localisation** : action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste ;
- **diagnostic** : identification et analyse des causes de la défaillance ;
- **dépannage** : réparation ou remise en état avec ou sans modification ;
- **contrôle** : le bon fonctionnement après intervention ;
- **amélioration éventuelle** : éviter la réapparition de la panne ;
- **historique ou mise en mémoire** : pour une exploitation ultérieure.

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 pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible, ou à quelques minutes pour changer un joint qui fuit.

- Elle peut être très importante : de 0,5 à plusieurs heures dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation).

- Elle peut être majeure : en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

La remise en état peut prendre deux formes : le dépannage ou la réparation.

II.2.1.1. Maintenance corrective 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 contrôles, matériel en fin de carrière, matériel bon marché.

Se préparer au dépannage consiste donc à :

- **Être 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 une automobile.

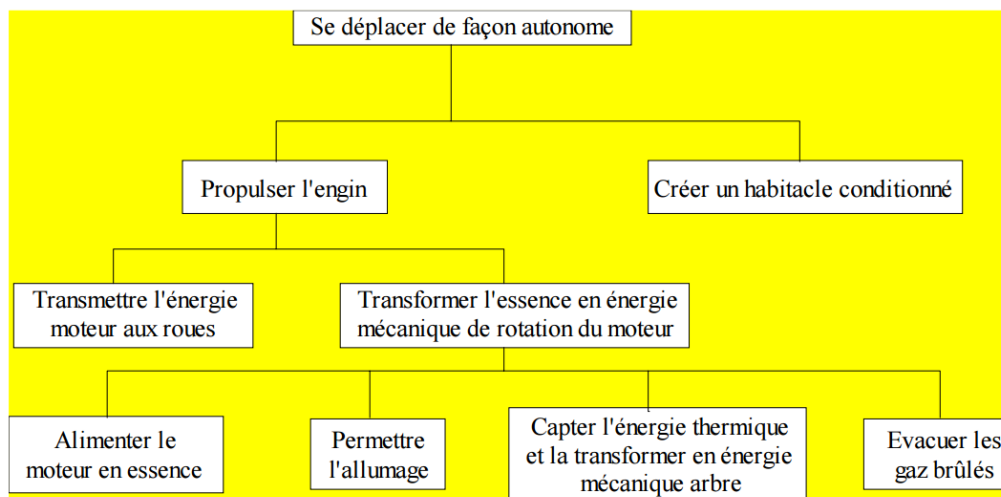


Fig.1 : Exemple pour une automobile

-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.

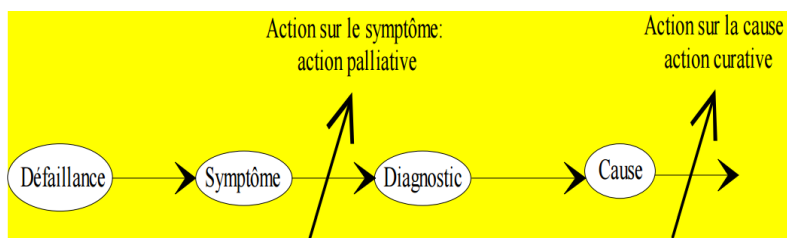


Fig.2 : Exemple d'un diagnostic

L'objectif du dépannage et des problèmes potentiels sont :

- 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.

II.2.1.1. Maintenance corrective réparation

Elle peut prendre différentes formes : Réparation limitée, intervenant après panne, Échange 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 et 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 : à la suite d'un dépannage provisoire, après une visite en maintenance conditionnelle et ayant permis de déceler un risque de défaillance à venir, après un arrêt programmé en maintenance systématique, et sur un équipement en panne ou présentant des signes de défaillance.

II.2.2. La maintenance préventive

C'est la 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.

Les objectifs de la maintenance préventive sont : 1) Augmenter la durée de vie du matériel, 2) Diminuer la probabilité des défaillances en service, 3) Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne, 4) Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective, 5) Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions, 6) Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc...7) Améliorer les conditions du travail du personnel de production, 8) Diminuer le budget de maintenance, 9) Supprimer les causes d'accidents graves.

Les opérations de la maintenance préventive : 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. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées opérations de surveillance. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.

II.2.2.1. Maintenance préventive systématique

C'est la Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi selon un nombre pré déterminé 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.

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. L'organisation de la maintenance systématique recouvre deux aspects : La détermination du contenu des interventions et le choix de la périodicité.

Cette méthode nécessite de connaître : 1) Le comportement du matériel, 2) Les modes de dégradation, 3) Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries.

Étant donné son caractère particulier, la maintenance systématique doit être appliquée plus particulièrement aux : 1) Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc... 2) Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc... 3) Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques). 4) 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....

II.2.2.2. Maintenance préventive conditionnelle

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 : 1) Le niveau et la qualité de l'huile. 2) Les températures et les pressions. 3) La tension et l'intensité du matériel électrique. 4) Les vibrations et les jeux mécaniques. 5) 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.

Les objectifs de la maintenance conditionnelle sont : 1) Éliminer ou limiter le risque de panne, 2) l'intervention ayant lieu avant que la dégradation n'atteigne un caractère critique, 3) Limiter les perturbations subies par l'utilisateur, en réalisant une meilleure préparation des interventions, 4) Réduire les dépenses de maintenance en intervenant à un stade précoce des dégradations, en évitant ainsi les remises en état très coûteuses.

II.2.3. La maintenance améliorative

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. 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.

Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont : 1) L'augmentation des performances de production. 2) L'augmentation de la fiabilité. 3) L'amélioration de la maintenabilité. 4) La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble, 5) L'augmentation de la sécurité des utilisateurs.

Les opérations de la maintenance améliorative sont :

-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.

-Reconstruction : C'est l'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. 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.

-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.

II.2.3. Les niveaux de la maintenance

-1^{er} niveau : Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc. Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock des pièces consommables nécessaires est très faible.

-2^{ème} niveau : Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance.

-3^{ème} niveau : Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

-4^{ème} niveau : Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons du travail par les organismes spécialisés. Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.

-5^{ème} niveau : Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.

