

Introduction

La maintenance corrective ainsi que la maintenance préventive systématique sont les formes traditionnelles de la maintenance. La première constitue encore aujourd'hui une activité fondamentale alors que la seconde est de plus en plus remplacée par une maintenance préventive conditionnelle qui, comme la maintenance prédictive, témoigne des nouvelles tendances en matière de maintenance. Toutes les deux s'appuient sur les progrès informatiques et mettent en œuvre des techniques de diagnostic sophistiquées.

I. la maintenance corrective

1. Définition

La maintenance corrective est définie d'après la norme CEN : « maintenance exécutée après détection d'une panne est destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise »

Elle peut être « différée » si elle n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données.

Elle peut être « d'urgence » si « elle est exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables.

La norme AFNOR définit ainsi la maintenance corrective :

« Maintenance effectuée après défaillance »

Cette manière d'opérer est comparable à l'entretien traditionnel .il n'y a pas d'anticipation, tout juste une surveillance, l'essentiel des opérations se limitant aux graissages et vidanges. Le but de ces opérations est de permettre une reprise de la production dans les meilleurs délais.

Il faut distinguer deux aspects :

- *Les opérations palliatives, appelée dépannage, dont le but est de supprimer les effets de la défaillance afin de reprendre la production.*
- *Les opérations curative, appelés réparations, dont l'objectif est de ramener le système à un niveau de performance donnée. Elle forme souvent la deuxième phase d'un dépannage.*

En fonction des niveaux de difficulté, des moyens mis en œuvre et des incidences sur la production, les opérations palliatives sont généralement d'un niveau I ou II et les opérations curatives d'un niveau III ou IV.

Son caractère inéluctable ne doit cependant pas faire oublier que cette maintenance doit faire l'objet d'une réflexion approfondie pour être optimisée en mettant tout en œuvre pour intervenir dans les meilleures conditions:

- Disponibilité des moyens nécessaires : documentation à jour, pièces de rechange nécessaires, outillage et moyens techniques, etc.
- Maîtrise par les intervenants d'une méthodologie d'intervention intégrant une méthodologie de diagnostic, etc.

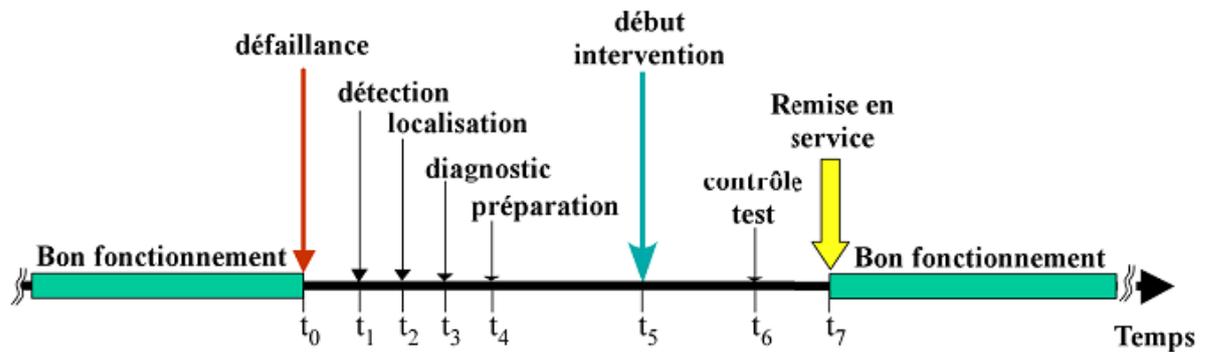
De la même façon ces défaillances dont on attend l'apparition, seront gérées en amont et en aval de l'intervention et il sera nécessaire de bien définir la procédure de gestion en ce qui concerne :

- La rédaction d'un compte rendu d'intervention ;
- La mise à jour des documents techniques schéma, plans, etc.
- L'optimisation du stock de pièce de rechange.
- Cette exploitation de l'évènement défaillance sera aussi l'un des points permettant de définir et d'optimiser ultérieurement la maintenance préventive.

La solution de maintenance corrective, est abandonnée dès que les exigences de coûts, de qualité et de sécurité deviennent primordiales. La maintenance devient alors préventive, et peut être systématique ou conditionnelle.

C'est un choix politique de l'entreprise qui malgré tout, nécessite la mise en place d'un certain nombre de méthodes qui permettent d'en diminuer les conséquences :

analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (exemple : AMDEC (méthode permettant de mettre en évidence de façon prospective un certain nombre d'organes ou de machines critiques pour la sécurité ou la fiabilité d'un système après inventaire des défaillances élémentaires possibles), (installation d'éléments de secours (redondance de matériels),



Processus de déroulement d'une maintenance corrective sur un système ou un équipement

On peut remarquer que depuis l'instant t_0 jusqu'à l'instant t_5 , aucune intervention opérationnelle n'est encore engagée. Cette durée ($t_5(t_0)$) devra être minimisée pour améliorer la productivité. Elle pourra être diminuée par une gestion efficace d'une maintenance dite préventive et une analyse de retour d'expérience dans le programme de maintenance. Ce type de maintenance sera réservé à du matériel peu coûteux, non stratégique pour la production, et dont la panne aurait peu d'influence sur la sécurité ou le processus de fabrication.

2. les trois formes de la maintenance corrective

2.1.Elle existe seule, en tant que système unique de maintenance

Caractéristique de l'entretien traditionnel, elle est associée dans ce cas à un préventif minimum de « ronde » contrôles sensoriels, lubrification, surveillance de l'état. Elle est justifiée lorsque les défaillances probables n'ont pas d'impact sur la sécurité, la production, la qualité et lorsque les coûts indirects des conséquences des pannes sont faibles.

2.2.Elle existe de façon sélective, suivant la criticité du matériel

Le parc matériel ayant été analysé suivant une arborescence et une évaluation de la criticité de chaque équipement, il est légitime de mettre en œuvre une politique préventive liée à cet indice de criticité, et donc de choisir une politique exclusivement corrective pour les seuls équipements de criticité mineurs ou nulle.

2.3.Elle existe de façon « complément résiduel » de la maintenance préventive

Toute politique de maintenance préventive, quelle que soit sa nature, entraîne un risque non nul de pannes résiduelles.

3. Evolution de la maintenance

La notion de « correction » après défaillance contient la notion d' « amélioration ». en effet, après détection d'une défaillance fortuite en entretien traditionnel, on effectue un dépannage ou une réparation rétablissant la fonction perdue :

a) En maintenance, nous effectuerons :

- Une analyse des causes de défaillances ;*
- Une remise en état (dépannage- réparation)*
- Une amélioration éventuelle « correction » visant à éviter la réapparition de panne, ou à minimiser ses effets sur le système ;*
- Une mise en mémoire de l'intervention permettant une exploitation ultérieure.*

Exemple1 *un joint d'étanchéité de carter d'huile a été changé n fois, et on se prépare à le changer pour la n+1 fois, sauf si l'on a compris l'incompatibilité du matériau du joint avec l'huile=> il sera aisé de trouver un matériau compatible et le problème sera résolu.*

Exemple2 : *un roulement défaillant :*

- Entretien traditionnel : on remplace (échange standard)*
- Maintenance : on recherche à savoir la cause de défaillance, la fréquence et la criticité de façon à éviter sa réapparition (remise en cause du montage, lubrifiant, des surcharges...) et à minimiser ses effets (surveillance éventuelles par analyse des vibrations...)*

Le coût de la maintenance corrective est extrêmement élevé puisqu'elle survient à la suite d'un événement imprévu et qu'il est souvent impossible de déterminer à l'avance le temps d'arrêt de la production qu'elle exigera. Elle implique donc des délais et des pertes de production, l'immobilisation des employés, l'accumulation d'heures supplémentaires pour l'équipe de maintenance (réparation) et pour l'équipe de production (reprise du temps perdu).

II- La maintenance préventive

II.1. définition

Telle que définis dans la norme, la maintenance préventive est « la maintenance destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien »

Une opération de maintenance préventive est donc une intervention prévue, préparée et programmée en fonction de différents paramètres en vue d'éviter l'apparition probable d'une défaillance identifiée. Il en résulte principalement une économie sur les pertes de production mais aussi une diminution de la dégradation des systèmes.

La gamme des opérations préventives est par conséquent très large qui peuvent être:

- *Nettoyage technique*
- *Lubrification*
- *Visites et inspections réalisées tant à l'arrêt qu'en marche, par les utilisateurs comme par les professionnels de la maintenance,*
- *Contrôles réglementaires*
- *Révisions partielles ou totales*
- *Mesure des vibrations, analyse d'huile...*

Pour les ensembles mécaniques :

- ***Le remplacement***
 - *De l'huile, des boîtes de vitesse, des réducteurs, des mécanismes en mouvement ;*
 - *Des filtres ;*
 - *Des pièces d'usure, plaques de glissière, plaquettes de freins, disque d'embrayage ;*
 - *Des roulements, palier ;*
 - *Des joints d'étanchéité statique et dynamique ;*
 - *Des ressorts.*

- ***Le réglage***
 - *Des jeux, de glissières*
 - *Des tensions de courroies ;*
 - *Des pressions.*

- ***Le contrôle***
 - *Des divers blocages ;*
 - *Des niveaux d'huile.*

Pour les ensembles électriques :

- ***Le remplacement***

- *Des contacts ;*
- *Des éléments soumis à de la fatigue thermique (résistance de chauffage, ampoules électriques)*
- *Des condensateurs*

Le réglage

- *De l'impédance des circuits, des potentiomètres.*

Le contrôle

- *De la valeur des résistances ;*
- *Des condensateurs*
- *Des divers points du circuit électrique.*

II.2. Les buts de la maintenance préventive sont nombreux

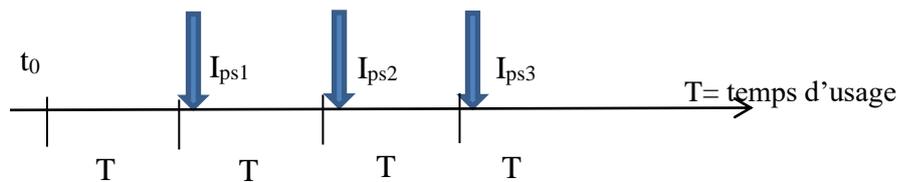
- *Diminuer sensiblement la probabilité d'anticipation d'une défaillance en fonctionnement ;*
- *Diminuer la gravité d'une défaillance par la suppression de dégradations secondaires ;*
- *Améliorer la sécurité par la diminution du risque de défaillance en fonctionnement ;*
- *Améliorer la qualité des productions ;*
- *Améliorer la connaissance et la maîtrise des matériels ;*
- *Faciliter la gestion des stocks de pièce de rechange et consommables ;*
- *Permettre amélioration les conditions de réalisation d'opérations de maintenance corrective ;*
- *Améliorer les conditions de travail du personnel ;*
- *Faciliter l'ordonnancement des tâches pour le service maintenance mais également pour la production ;*
- *Eviter les consommations excessives d'énergie ou de produits lubrifiants ;*
- *Exploiter au maximum de leurs possibilités les systèmes ainsi que les éléments qui les composent.*

Il existe deux formes principales de maintenance préventive. La maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle.

II.3. La maintenance préventive systématique

D'après la norme AFNOR «la maintenance préventive systématique est une forme maintenance dont « les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unité d'usage» et aussi « les remplacements des pièces et des fluides ont lieu quel que soit leurs états de dégradation, et ce de façon périodique»

Cette définition est illustrée dans la figure.



T : la période d'intervention prédéterminée ;

I_{ps} chaque intervention préventive systématique;

La période T doit être définie en fonction du risque de panne.

La maintenance préventive systématique est souvent la première stratégie de maintenance préventive qui est mise en place dans un secteur productif car c'est celle qui a priori, paraît la plus simple à mettre en œuvre, elle peut parfois s'avérer onéreuse par le caractère systématique des interventions et des remplacements de pièces sans signe avant-coureur de défaillance.

Ce type de maintenance est fort coûteux puisqu'il implique, entre autres, le remplacement de pièces dont le cycle de vie n'est pas complété, des arrêts de production et des vérifications fréquentes.

Cependant, elle se heurte à deux obstacles majeurs qui, s'ils ne sont pas identifiés et si on n'y apporte pas de solution satisfaisante, peuvent faire échouer le projet:

A. Détermination précise de l'échéancier d'intervention: cette détermination est basée sur l'expérience, essentiellement sur les données de fiabilité expérimentale des composants et/ou sous-ensembles concernés. En effet, intervenir trop tôt conduit rapidement à des coûts prohibitifs qui réduisent à néant les avantages que l'on peut espérer de cette maintenance. Mais intervenir trop tard rend inopérante la maintenance préventive, et on se retrouve placé dans une stratégie de maintenance corrective.

B. Planification des interventions de maintenance systématique: la planification est faite en fonction des arrêts de production planifiés, lorsque l'intervention prévue de maintenance systématique nécessite l'arrêt du bien, il est évident que, sauf circonstances

particulières (fonctionnement à risques lié à sécurité,...) cet arrêt de coordination indispensable conduit souvent:

- *Soit à anticiper les interventions et dans ce cas on risque de perdre tout ou une partie des avantages de la maintenance systématique, avec en particulier une augmentation des coûts liés à une surconsommation de pièces de rechange par exemple ;*
- *Soit à retarder la réalisation des interventions avec le risque, difficile à évaluer d'une défaillance se produisant avant l'intervention. Ce scénario, qui conduit à effectuer de la maintenance corrective subie et non plus gérée,*

Le systématique s'applique donc, prioritairement, à des matériels à forte valeur ajoutée et/ou vitaux dans le processus de production, à des matériels dont le taux de défaillance est le plus constant, également, aux systèmes dont une défaillance peut présenter un risque aux personnes. (Tous les appareils soumis à la législation en vigueur : ascenseurs, monte – charges, appareils de levage, réservoirs sous pression, extincteurs etc.)

III. La maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle

1. Définitions

La norme AFNOR définit la maintenance conditionnelle ainsi : « les activités de maintenance conditionnelle sont déclenchées suivant des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service ».

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 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 particule solide dans l'huile.

Donc il n'y a plus d'échéancier mais plutôt un événement, une condition, le franchissement d'un seuil, qui provoque l'intervention.

*Le signal peut être donné par un capteur décelant une dérive de comportement (élévation de température, modification du niveau vibratoire, fuite usure, etc.) à tout type de système pour lequel un capteur sait **détecter** une anomalie, et c'est d'ailleurs grâce au développement de la technologie de ces capteurs que cette forme de maintenance a pu faire de tels progrès ces vingt dernières années.*

Comme elle peut être appliquée suite d'une inspection ou d'un contrôle.

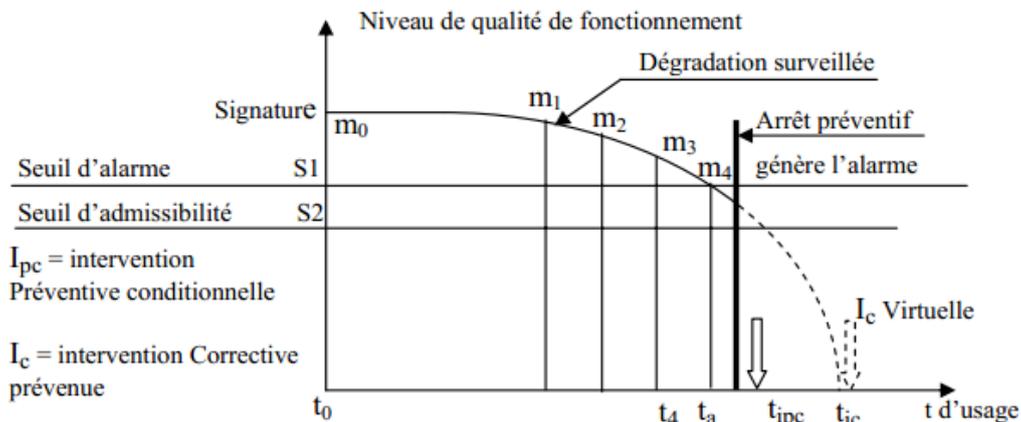
La maintenance prévisionnelle ou prédictive : « maintenance préventive exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien ». Elle permet de passer de l'état constatée à l'état prévisible.

Elle ne diffère de la maintenance conditionnelle que par l'idée d'extrapolation de la tendance analysée. Ce qui permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être réalisée au mieux des intérêts de la production, notamment en les intégrant, dans la mesure du possible, dans les arrêts techniques de fabrication. Cette planification se traduit

par une réduction sensible des coûts de remise en état, et de la durée d'immobilisation de l'équipement et permet d'optimiser la gestion du stock de pièces de rechange.

2. Illustration du principe de la maintenance conditionnelle

La maintenance conditionnelle est basée sur la surveillance de l'état à partir d'un paramètre significatif d'une dégradation, souvent par des mesures.



le principe de la maintenance conditionnelle.

Il existe aussi un troisième concept qui consiste à se débarrasser 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- Exemple

Une étude (Chin, 2006) indique que « le coût de la maintenance prédictive sur des valves installées pour la pétro-chimie peut être jusqu'à cinq fois moins élevé que la maintenance préventive et 10 fois moins élevé que la maintenance corrective ». La Figure 6 montre d'une manière très significative l'influence budgétaire dans la mise en place de politiques de maintenance.

