

## LA MAINTENANCE MAINTENANT

### MAINTENANCE NOW

S. BENSAADA, M.T. BOUZIANE, D. FELLIACHI

LARHYSS LABORATOIRE  
[bensaada52@yahoo.fr](mailto:bensaada52@yahoo.fr)

#### RESUME

Le concept maintenance, considéré encore comme une fatalité éprouvée par les gestionnaires, est une approche ou plus une adéquation d'un ensemble d'activités visant à maintenir à un degré convenable les moyens de production à un prix optimum pour satisfaire la disponibilité et la sécurité des équipements. La maintenance s'impose impérativement dans la fonction de la gestion de la production même et exige des décisions pour que ses objectifs, préalablement définis, soient atteints. La maintenance est l'ensemble des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, ...) qui permettent de conserver le potentiel du matériel donc en état de stabilité pour assurer la continuité du matériel et la qualité de la production dans les conditions de sécurité. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimum. La tendance scientifique que les technologues sont contraints de pratiquer pour maintenir à un degré appréciable et avancé la disponibilité quasi permanente des équipements industriels de production à des prix toniques s'oriente vers le défi zéro panne et zéro stock de pièces de rechange.

**Mots CLES :** Maintenance; préventive; corrective; systématique; conditionnelle.

#### ABSTRACT

The concept of maintenance seen as inevitable even by experienced managers, is more an approach or match a set of activities designed to maintain a proper degree the means of production to an optimal price to meet the availability and security equipment. Maintenance absolutely bound in the function of managing the production itself and requires decisions to ensure its objectives, previously defined, are met. Maintenance is the set of operations (repairs, lubrication, visit, repair, improvement, ...) that keep the potential of the material thus in a state of stability to ensure continuity and quality of material production in safely. Well maintained, ensuring that these operations to the overall cost optimum. The scientific tendency that technologists are forced to practice to maintain a substantial degree and short-term availability of advanced industrial equipment production at prices tonic moves to challenge zero breakdowns and zero stock of spare parts.

**Key words:** Maintenance; preventive; corrective; systematic; conditional.

#### 1 INTRODUCTION

Généralement les gestionnaires de la fonction maintenance ne se rendent pas compte de sa portée et ne stimulent pas sa véritable signification par des traditions techniques souvent édictés qui nécessitent au contraire des actions à corriger avec un suivi rigoureux afin d'optimiser la fonction et tendre vers une forme de gestion pour satisfaire les prestations nécessaires et appréhender ou éviter un "gouffre financier".

La maintenance est beaucoup plus subie que gérée à proprement parler et ses coûts, dans les meilleurs cas, sont grossièrement calculés. Pourtant il suffit parfois d'un entretien périodique peu onéreux pour éviter un tel écueil

quoique dompter les machines est une affaire sérieuse. Cependant il faudrait veiller à l'application de l'adage bien connu : "Mieux vaut prévenir que guérir".

Les coûts de la maintenance peuvent avoir toutes les proportions négatives possibles sans le souci et les efforts nécessaires pour palier à un niveau optimal qui ; lui même est variable du fait que l'usure est une fonction exponentielle dans le temps. La non valorisation des actions de maintenance entraîne des coûts anarchiques. A travers ce travail, il sera mis l'accent sur une mise au point pas même une sensibilisation parce que les gestionnaires ne manquent pas de pré-requis dans ce domaine. Entretenir au jour le jour d'une manière aléatoire et l'optique des constructeurs et ou fournisseurs d'équipements industriels qui ne cessent

d'avoir des relations commerciales étroites avec les pays en voie de développement jusqu'à leur préconiser des plans de développement et des achats d'équipements et de pièces selon un caractère purement commercial [1].

La pièce de rechange et la gestion des stocks demeurent un volet indissociable de la fonction maintenance surtout dans les pays à environnement non industriel. Malgré que les techniques et les approches dans ce domaine soient très connues par le gestionnaire, la maîtrise des délais et coûts de gestion des stocks restent aléatoires.

Cependant il est très ambitieux d'arranger et harmoniser les outils de la maintenance souvent connus au sens de politiques, procédures, choix, analyses, coûts, prises de décisions, lesquels outils sont généralement mal perçus dont l'effet se répercute directement sur leur pratique. A titre de rappel, les moyens au sens large et notions des techniques et approches sont disponibles en sciences appliquées sauf qu'il faudrait savoir les appliquer et les combiner au mieux dans l'espace et les circonstances propres exigés. L'insistance sur le degré de savoir ou la génération d'une culture de maintenance pour ne pas profaner la fonction maintenance avec toutes les initiatives, formulations et analyses, dépend d'un facteur des plus remarquables et prépondérant dans ce domaine qui est le génie et l'intuition humains qui méritent d'être orientés.

Généraliser et banaliser l'outil informatique aux techniciens de maintenance et les initier aux méthodes prédictives suffiraient pour réaliser l'exploit et relever le double défi, lié à la notion de transfert de technologie et à la dépendance, de savoir et appliquer au vue des potentiels et amples qualifications acquises. La notion importante qui se pose immédiatement est celle de l'adoption ou pas de la spécialisation fine et poussé pour ce corps de métier. L'assimilation unanime dans les pays expérimentés dans ce domaine préfèrent une qualification polyvalente et pluridisciplinaire pour que les "maintenanciers" soient des technologues. L'investissement dans le domaine de la formation se justifie largement étant donné la variété de nos équipements pour pouvoir capitaliser non seulement un transfert de technologie mais une maîtrise de la technologie.

Le degré d'efficacité en maintenance n'est appréciable et n'a de sens que si la succession des tâches, ordres, exécutions et retour (feed-back) est clairement définie dans l'espace et le temps avec injection de procédés scientifiques et d'évaluation tant financière que technique d'une manière systématique et permanente.

L'objectif premier attendu est l'optimisation de ses propres performances, c'est à dire qu'il faudrait essayer de corriger et rationaliser à chaque période ou exercice les résultats antérieurs des périodes précédentes jusqu'à pouvoir déboucher à ses propres normes que l'on pourra par la suite les comparer aux standards reconnus.

La rationalisation des coûts de maintenance ne doit pas rechercher seulement une maximisation du profit à court terme, mais la préservation de ce profit à long terme. Pour ce faire il y a lieu d'adopter une politique si non une stratégie d'entretien pour pouvoir penser maintenance et le

matériel sera suivie par période de sa naissance et ses différentes maladies [2].

Il est vital de préciser ici l'essence de la notion maintenance tel que définie de nos jours dans les grandes écoles et universités spécialisées. Ces dernières préfèrent le terme technologie en remplacement du vocable maintenance. Dès lors on appellera plus les instituts de maintenance mais les instituts de technologie en préservant toujours les mêmes objectifs. Ceci est du à ce que les techniques de maintenance ont évoluées et par nécessité l'introduction de l'outil informatique (MAO : Maintenance Assistée par Ordinateur ou GMAO : Gestion Assistée par Ordinateur). De ce fait une grande capacité de traitement d'informations complexes qui aident aux analyses permettant en temps réel d'indiquer le comportement réel des machines. Pour palier aux aléas de fonctionnement, la maintenance s'est développée pour arriver à rechercher un certain degré de disponibilité lequel a conduit à résoudre un grand nombre de problèmes qu'il a fallu d'abord identifier, formuler et traiter grâce à l'application du tissu scientifique. En outre les diagnostics d'équipements industriels nécessitent des connaissances poussées des sciences fondamentales comme la mécanique, l'électricité, la régulation, l'acoustique, la physique, la chimie et les mathématiques appliquées en technologie pour pouvoir établir des modèles pratiques et suivre leur comportement telles que les modes vibratoires, les régimes de fonctionnement, les degrés d'usure, les bilans énergétiques, les systèmes thermodynamiques, les vieillissements et caractéristiques de fiabilité, ...

La pratique de la maintenance ne se limite pas uniquement à l'appréciation et l'observation traditionnelle par l'acceptation d'une maintenance classique mais à des règles scientifiques ou précisément des systèmes et comportements non aléatoires basés sur des simulations et modélisations de diagnostics à travers :

- les essais, test, mesures et contrôle de paramètres et ou d'équipements en fonctionnement
- l'analyse des comportements par comparaison et expérimentation en simulation et modélisation dynamiques
- l'usage des commandes numériques et traitement par MAO

Ce qui a donné naissance à une variante de maintenance maîtrisée et performante grâce à la technologie pour prétendre enfin vers le zéro panne par la maintenance prédictive ou conditionnelle.

## 2 POLITIQUES DE MAINTENANCE

En dépit des différentes appellations et modes d'entretien classiques préconisés par les uns et les autres, deux formes de maintenance à retenir, celle curative et préventive pour pouvoir formuler les trois seuls types de maintenance.

- la maintenance corrective,
- la maintenance préventive systématique,
- la maintenance préventive conditionnelle

## 2.1 La maintenance corrective

Elle est appelée aussi maintenance fortuite, accidentelle ou curative. C'est l'action d'une maintenance consécutive à une panne. On attend la panne pour agir et l'entretien devient synonyme de dépannage ou de réparation. Il y a lieu d'intervenir rapidement parce que le besoin de la machine est urgent du fait qu'elle se trouve subitement arrêtée et que cet arrêt n'étant pas programmé. Il en résulte des détériorations profondes alors qu'un arrêt préalable le plus souvent aurait limité la panne en importance d'où les coûts sont conséquents d'autant plus que les coûts augmentent rapidement et d'une façon brutale avec l'âge des appareils. C'est une politique de maintenance (dépannage et réparation) qui correspond à une attitude de réaction à des événements aléatoires et qui s'applique après la panne, donc qu'elle n'a pas été "pensée" puisque effectuée après défaillance.

Pour en diminuer les conséquences, on est conduit à :

- procéder à l'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), méthode que nous exposons plus tard, 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 l'inventaire des défaillances possibles.
- Installer des éléments de secours par redondance de matériels
- utiliser des technologies plus fiables
- rechercher des méthodes de surveillance les mieux adaptées aux points névralgiques

La maintenance corrective devra s'appliquer automatiquement aux défaillances complètes et soudaines dites catalectiques, comme par exemple la rupture brusque d'une pièce mécanique ou le court circuit d'un système électrique. Hormis ce cas, 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. La panne est un mal qu'il faudrait de moins en moins subir.

## 2.2 La maintenance préventive systématique

La maintenance préventive est effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien. On distingue deux cas de maintenance préventive, celle systématique et celle conditionnelle. En maintenance systématique, la visite des équipements est dictée par des données statistiques à intervalles réguliers et fixes. Les éléments constitutifs des

équipements étant renouvelés avant l'épuisement total de leur vie utile. L'intervention est provoquée avant l'avarie. Ces intervalles sont souvent déterminés statistiquement comme étant la période (à partir de l'état neuf ou rénové) à la fin de laquelle le taux de pannes cumulées n'excède pas les 2,5 % par prudence ou méconnaissance parfaite et précise des effets d'usure et comportement des machines.

Là on est conduit à changer ou à réparer des pièces qui auraient très bien pu fonctionner encore pendant un certain temps. Dans une politique prévisionnelle bien adaptée, l'on ne subit pas la panne car elle est prévue, et le budget est donc la conséquence de prévisions calculées et prévues. Le contrôle budgétaire reste un contrôle normal. Une fois que les choix sont faits au départ, donc rentabilisés, toute économie devient une dépense ou correspond à une mauvaise prévision.

Cependant ce type de maintenance est déjà mieux adapté pour les équipements vitaux de production que celle curative. Néanmoins le seuil de sécurité exigé est un seuil en dessous duquel on ne désire pas descendre et la multiplication intolérable des indisponibilités [3].

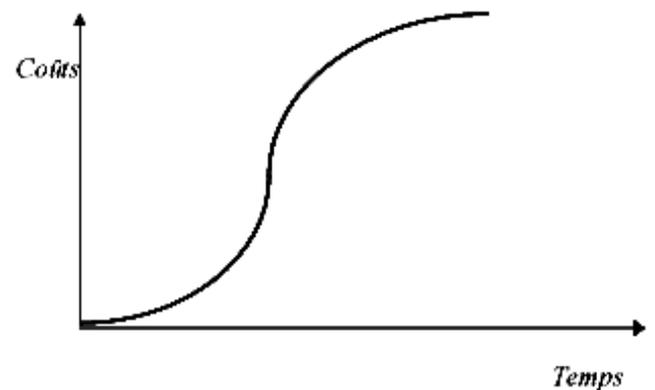


Figure 1 : Les coûts augmentent de façon brutale avec l'âge des appareils.

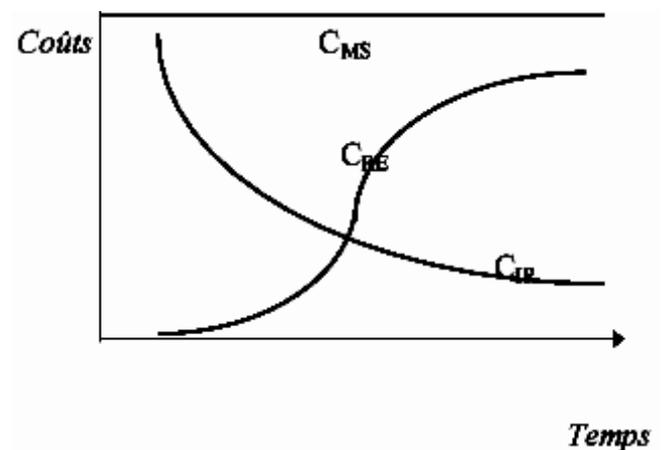


Figure 2 : Seuil de sécurité.

$C_{MS}$  : Coût de Maintenance Systématique  
 $C_{IP}$  : Coût Intrinsèque de la Prévention  
 $C_{RE}$  : Coût des Réparations Evitées  
 $C_{IP} = C_{MS} - C_{RE}$

Le tribut à payer pour assurer la disponibilité de l'outil de production diminue avec le temps lorsqu'on lui soustrait le coût des réparations évitées.

### Avantages

1. Le coût de chaque opération est prédéterminé et la gestion financière du service en est facilitée
2. Les opérations et les arrêts sont programmés en accord avec la production

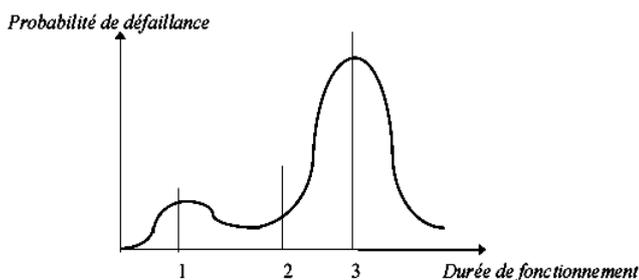
### Inconvénients

1. Le coût des opérations est élevé car la périodicité est calée sur la durée de vie d'un composant
2. L'intervention est anticipée pour rester en phase avec d'autres arrêts
3. Le démontage même partiel d'un appareil incite aux changements de pièces par précaution
4. La multitude des opérations de démontage accroît le risque d'introduction de nouvelles pannes dites "de jeunesse" ou "de rodage". La fiabilité des machines après remontage se trouve réduite ou fragilisée du fait d'erreurs humaines.

### **Exemple :**

#### Le remplacement systématique de roulement

De même sur la courbe de probabilité des défaillances d'un roulement en fonction de la durée de fonctionnement figure.3.



**Figure 3 : Le remplacement systématique de roulement.**

1. Panne de jeunesse
2. Périodicité de remplacement
3. Vie moyenne

On s'aperçoit que la périodicité de remplacement étant déterminée pour que le risque de défaillance soit très faible.

De nombreux roulements ou autres pièces qui auraient pu tourner beaucoup plus longtemps sont gaspillées et l'on jette en définitive du matériel en bon état.

Il est important de conclure que l'intérêt de la maintenance systématique probant par rapport à celle corrective sur les coûts de production lui ont valu de belles années mais

aujourd'hui :

- Le remplacement systématique du matériel doit disparaître progressivement sauf pour du petit matériel peu coûteux (graissage, filtres, joints, petites pièces d'usure, ...).
- L'auscultation périodique, aujourd'hui encore très répandue, doit céder la place à des méthodes de maintenance conditionnelle.

### **2.3 La maintenance préventive conditionnelle**

La maintenance conditionnelle dite aussi prédictive est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé par un auto-diagnostic, une information d'un capteur, d'une mesure d'une usure ou un autre outil révélateur de l'état de dégradation actuel et prématuré du bien.

L'intervention est conditionnée non pas par un échéancier mais par la mesure d'un paramètre de fonctionnement représentatif de l'usure ou de la dégradation de différents composants. Somme toute il s'agit ici de prévenir la dégradation même par une auscultation continue, périodique ou programmée. Les équipements vitaux d'une installation exigent l'utilisation au maximum la vie utile des éléments constitutifs. La recherche d'un moyen pour parfaire un double défi :

- Augmenter la productivité par une disponibilité accrue des moyens de production
- Ne pas entraîner une inflation du budget de maintenance a conduit à l'approche par la maintenance conditionnelle qui permet sans démontage ou arrêt de production de prévenir, d'en amoindrir les effets et d'en programmer la réparation en dehors des pointes de production.

Tout l'intérêt est porté à la surveillance de paramètres et ses corollaires par l'analyse de tendance et détection d'événements avec l'utilisation indispensable et exigée de l'informatique ou la gestion de la maintenance assistée par ordinateur. Le fait de pouvoir détecter rapidement les anomalies, sans même démonter l'appareil, ainsi que pouvoir prévenir la panne et en prévoir la réparation le plus tard possible, en fonction des impératifs de production, ce qui fait de la maintenance conditionnelle une technique efficace permettant une augmentation perceptible de la productivité. En d'autres termes, l'intervention n'aura lieu que si nécessaire en établissant au préalable un diagnostic avant de programmer la réparation. La pratique de la maintenance conditionnelle consiste à ne changer l'élément que lorsque celui-ci présente des signes de vieillissement ou d'usure mettant en cause à brève échéance ses performances et comporte trois phases :

- La détection du défaut qui se développe
- L'établissement d'un diagnostic
- L'analyse de la tendance

### 2.3.1 La détection du défaut qui se développe

A la mise en route de chaque équipement, les principales caractéristiques de base des appareils sont enregistrées notamment la signature vibratoire (si le paramètre vibratoire s'avère être un paramètre intéressant de surveillance comme par exemple pour les machines tournantes) et les divers paramètres de fonctionnement (température, usure, performances, ...).

Ces caractéristiques ou signatures, serviront de référence pour suivre, par comparaison, l'évolution d'éventuels défauts ultérieurs

### 2.3.2 L'établissement d'un diagnostic

Dès qu'une anomalie est détectée par les outils caractéristiques, au sens d'analyse de paramètres, un diagnostic concernant l'origine et la gravité du défaut constaté sera établi.

### 2.3.3 L'analyse de la tendance

L'établissement du diagnostic permet de préjuger du temps dont on dispose avant la panne pour laisser l'appareil fonctionner mais sous surveillance renforcée et prévoir d'ores et déjà la réparation [4].

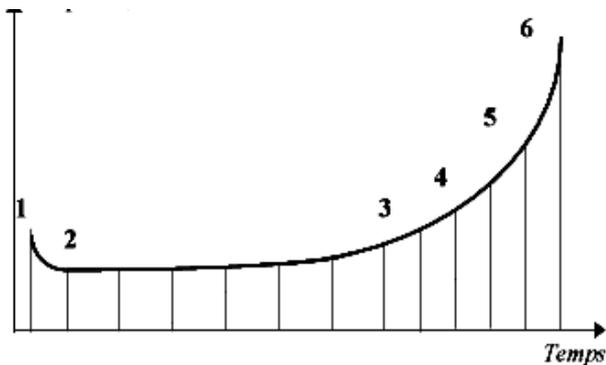


Figure 4 : Evolution parameter significatif taux de panne, usure

1. Mise en marche de l'équipement, machine neuve ou réparée

1 à 2 : Période de jeunesse ou rodage

2 à 3 : Niveau normal de bon fonctionnement, partie linéaire avec mesures périodiques normales

3. Le défaut s'annonce où la détection du défaut donne le seuil minimum d'alarme

3 à 4 : La durée entre les mesures diminue et le défaut se développe selon une courbe non linéaire

4. Diagnostic du défaut, l'avertissement est donné, il y a lieu de programmer la réparation

4 à 5 : Surveillance accrue et décision de procéder à la réparation

5. Maintenance effectuée pour rétablir le niveau de tendance normal de la courbe de fonctionnement similaire à la partie 2 à 3 et un nouveau cycle reprend

5 à 6 : Tendance extrapolée à éviter

Panne inévitable qui représente le seuil maximum

5 à 2' : Signifie que la maintenance a été effectuée et que la courbe a repris son allure de bon fonctionnement. La prochaine maintenance sera effectuée probablement au point 5'. Les cycles suivants sont similaires.

### 2.3.4 Bilan financier

Il faudrait évaluer le rapport coût par rapport au bénéfice des opérations nécessaires à la mise en place d'une politique de maintenance conditionnelle spécifiquement adaptée à son outil de production [5]. Les propos ci-dessous mettent en lumière quelques uns des facteurs essentiels à considérer notamment :

#### Coûts

1. recherches initiales, choix des points de surveillance et établissement des limites
2. choix et achat de l'instrumentation
3. formation du personnel pour les mesures et méthodes de suivi
4. formation des ingénieurs pour l'exploitation des mesures

#### Economies

1. accroissement du temps moyen entre chaque révision (augmentation de la longévité du matériel) c'est à dire productivité supérieure et coût de maintenance réduit
2. élimination de fait des pannes inattendues donc fiabilité et productivité supérieures
3. élimination des dommages dérivés par simple défaut
4. élimination de gaspillage de pièces de rechange en exploitant au maximum les composants de leur vie utile
5. réduction des stocks des pièces de rechange en prévoyant les besoins réels
6. réduction des arrêts de production
7. durée de réparation réduite puisque l'action nécessaire est planifiée
8. une sécurité accrue
9. la crédibilité des services entretien par objectifs et la maîtrise de la technologie

**Algorithme du choix du type de maintenance****Synoptique récapitulatif**

La panne a-t-elle une incidence sur la production ou sur la sécurité ?	Non	Le coût de panne est-il acceptable ?	Oui	Maintenance Corrective	Type	Corrective	Systématique	Conditionnelle
		Non			Conditions d'intervention	Fonctionnement jusqu'à la rupture	Basée sur l'estimation de la durée de vie moyenne du composant	intervention conditionnée par la dérive d'un paramètre significatif
	Oui	Est-il possible d'utiliser des techniques de surveillance ?	Non	Maintenance Systématique	Aide au diagnostic	Les outils utilisés ne servent qu'à déterminer la cause de la panne	Ajuster les échéanciers en fonction des états d'usure constatés	Analyse de l'évolution des paramètres de fonctionnement et le diagnostic sur l'origine du défaut
		Oui			Applications	Machines doublées, panne acceptable et imprévisible	Graissage, petites pièces et impossibilité d'obtenir des mesures fiables	Machines stratégiques, à problèmes et risque panne dangereuse
		L'utilisation de ces techniques est-elle rentable ?	Non	Maintenance Systématique	Durée de vie d'un organe	Rupture	Remplacement	Détection de défaut, analyse de tendance et réparation programmée
			Oui	Maintenance Conditionnelle				

### 3 CONCLUSION

La maintenance en tant que technologie mal menée gagne de jour en jour ses titres de noblesse et devient une fonction clef de l'entreprise. Par son effet, elle agit comme facteur de productivité, élément de sécurité, argument de promotion et réputation de la classe de l'entreprise. L'exploitant pour la majorité de son parc de machines, a malheureusement peu d'impact sur la faisabilité et la maintenabilité. Il peut par contre s'organiser pour améliorer sa maintenance. La maintenance corrective n'est sûrement pas la meilleure méthode pour éviter la panne. La maintenance systématique, faite à intervalles réguliers diminue les risques mais est d'un coût excessif c'est pourquoi le remplacement systématique du matériel doit disparaître progressivement sauf pour du petit matériel peu coûteux et non stratégique pour la production.

Cependant l'auscultation périodique par démontage et remontage partiel ou complet doit céder la place par des mesures de paramètres et leurs traitements, à des méthodes de maintenance conditionnelle.

L'orientation actuelle par la méthode dite T.P.M. (Total Productive Maintenance) d'origine Japonaise a pour objectif principal d'améliorer la disponibilité des matériels en responsabilisant tous les acteurs de la production à la maintenance de leur équipement. Cette approche implique

la participation, la motivation et l'adhésion la plus large possible du personnel. Ce qui peut se faire par l'intermédiaire des cercles de progrès et de qualité. Il ne s'agit pas de manipuler des ratios sans pour autant les expliquer pour essayer seulement de minimiser les coûts, ni les surdimensionnés mais tendre à les optimiser pour que la fonction se rationalise et aura sa juste valeur, sa juste signification.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Guide de la maintenance, Daniel Boitel et Claude Hazard, Edition Nathan 1990
- [2] Vers le zéro panne avec la maintenance conditionnelle, Alain Boulenger, Collection "Guides de l'utilisateur" Edition AFNOR 1989
- [3] La fiabilité en mécanique, J.C. Ligeron Edition Desforges 1979
- [4] Maintenance conditionnelle, mesures et analyses des vibrations, Jean Lois Feron Edition de l'IUT de Saint Nazaire 1993
- [5] La gestion de la fonction maintenance, Djameledine Feliachi, Edition 1988, INES de Biskra