

CHAPITRE 14

MAINTENANCE PRODUCTIVE TOTALE

1 - INTRODUCTION

Toutes les grandes entreprises sont allées au Japon voir sur place pourquoi les entreprises japonaises étaient plus performantes. Elles en sont revenues avec la méthode TPM. Cette approche est de longue haleine et de nombreuses entreprises manufacturières se sont lassées avant une mise en place définitive. L'europanisation de la méthode (par exemple, la Topomaintenance, appellation déposée par Usinor Sacilor) et son adaptation aux PME en fait actuellement une méthode plus facile à mettre en œuvre.

Rappelons-nous, tout d'abord, que l'environnement industriel a fortement évolué durant ces 20 dernières années. D'une situation où l'offre était inférieure à la demande, nous sommes passés à une situation où l'offre est supérieure à la demande. Il y a trois causes à ceci :

- l'exigence de la clientèle s'est accrue. Le client réclame le choix, la qualité, des coûts et des délais raisonnables pour les produits qu'il achète ;
- la concurrence est beaucoup plus forte, elle est devenue internationale. Dans ce climat, l'entreprise doit rester compétitive ;
- les industries cherchent à automatiser une partie de leurs équipements afin de gagner en flexibilité et fiabilité.

Cette situation a abouti à une complexification de la production. Les entreprises cherchent à améliorer et à mieux gérer leurs productions tout en diminuant les coûts : il s'agit donc de produire mieux. Pour cela, il faudra passer par :

- la chasse à la non-productivité, c'est à dire lutter contre toutes les causes de non-productivité qui ralentissent la production,
- une évolution du personnel qui passe par sa requalification et une formation adaptée aux nouvelles technologies,
- une usine nouvelle, c'est à dire une entreprise cherchant à modifier ou améliorer ses méthodes pour tendre vers l'excellence industrielle.

Le meilleur moyen d'y parvenir est de se diriger vers la **Qualité Totale**.

1.1 – Vers la qualité totale

La **Qualité** est l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites.



Figure 13.1 – Vers la Qualité Totale

La **Qualité Totale** est le mode de management d'un organisme centré sur la qualité, basé sur la participation de tous ses membres et visant au succès à long terme par la satisfaction du client, et à des avantages pour tous les membres de l'organisme et pour la société (Extrait de la Norme ISO 8402). En trois points, les finalités de la Qualité totale sont :

- rechercher la performance,

- satisfaire le client,
- répondre aux aspirations du personnel.

En d'autres termes, la qualité totale est une démarche pour aller vers « l'excellence ». La T.P.M. s'inscrit logiquement dans cette démarche.

1.2 – Petit historique

Les Japonais ont toujours apprécié les prix pour récompenser une initiative ou un effort. Dans cette optique, la JMA (Japan Management Association), important cabinet de consultant au Japon, offrit **à partir de 1964** un prix « Productive Maintenance » pour les entreprises ayant appliqué, avec les meilleurs résultats, une démarche de maintenance intégrée à la production.

En 1969, la JMA fonda le JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance = Institut japonais de la Maintenance Industrielle) ; celui-ci continua d'attribuer le prix PM aux entreprises. Le JIPM décida alors de transformer ses méthodes « américaines » de maintenance productive en une méthode « japonaise ».

En 1971, NIPPON DENSO fût lauréat pour avoir appliqué brillamment la PM en ayant, en particulier, utilisé des techniques de participation du personnel. La JIPM lui décerna le prix TPM. La TPM était née. Son principal promoteur était M. SEICHI NAKAJIMA.

En 1983, celui-ci, devenu entre temps le président du JIPM, formalisa les principes et méthodes de la T.P.M. dans un livre qui devint une référence¹.

1.3 – La TPM dans le monde et en France

Partant du Japon, la T.P.M s'est logiquement imposée dans les pays avoisinants et principalement dans les nouveaux pays industrialisés : Corée, Singapour, Taiwan, Hong-Kong, etc., où la recherche d'une meilleure performance de l'équipement était un souci permanent.

Confrontés à cette concurrence, les pays occidentaux ont dû rapidement trouver de nouvelles méthodes de gestion et d'organisation pour rester compétitifs sur le marché mondial. Les entreprises se sont peu à peu intéressées à la TPM à la suite de missions d'observations au Japon. RENAULT a été notamment l'une des premières entreprises françaises, sous l'impulsion de M. LEVY, à se déplacer au Japon pour chercher à comprendre les remarquables performances des entreprises japonaises.

En France, les entreprises qui ont été touchées les premières par la démarche TPM, sont essentiellement les grandes entreprises utilisant un mode de fabrication en processus continu : sidérurgie et construction automobile. Les résultats de l'application de la TPM. dans des entreprises de renom comme SOLLAC, CITROËN avec le plan Mercure, USINOR SACILOR et sa Topomaintenance, contribuèrent à diffuser le concept au-delà de ces secteurs industriels. Des entreprises comme KODAK ou MATRA s'y mirent aussi. Cet intérêt pour la TPM devint grandissant grâce aux nombreux exemples de réussite existant aujourd'hui.

2 – PRESENTATION DE LA TPM

Lorsque sous la pression de la concurrence, d'un marché difficile ou tout simplement de la hiérarchie, on se penche sur le rendement des machines, on peut, si on choisit mal ses indicateurs, se bercer d'illusions, ou alors, si on les choisit bien, tomber des nues !... Pourquoi ? Tout simplement parce que l'analyse du rendement machine se base souvent sur la production achevée par rapport à sa capacité nominale. Devant la faiblesse du rendement obtenu, le responsable est tout trouvé : c'est l'opérateur. En effet, tout le monde sait que le « lampiste » manque de motivation dans son travail, alors que la machine n'en manque pas !... Tout l'art de botter en touche. Regardons un peu plus loin que le bout de notre nez :

- on a trop tendance à considérer les caractéristiques d'une machine comme immuables, sauf la dégradation de ses performances dans le temps (elle vieillit la pauvre !..),
- les caractéristiques des machines annoncées par les constructeurs sont toujours optimistes, ceux-ci se refusant à considérer l'existence de facteurs perturbateurs (environnement), la part d'intervention humaine, etc.. ;
- au moment de l'achat et plus tard en exploitation, qui s'inquiète de la fiabilité des machines, de leur rendement, de la compressibilité des temps technologiques, de savoir si les spécifications du constructeur sont bien réelles ?

¹ S. NAKAJIMA - La maintenance productive totale - Afnor Eyrolles - 1986

En fait, un suivi attentif révèle vite que les caractéristiques théoriques ne correspondent pas à la réalité. Il est même fréquent que, dans les projets d'amélioration de rendement machine, l'attention se focalise plutôt sur le travail de l'homme. Certes, il faut lui donner une certaine priorité, mais lorsque sa part de travail est optimisée ou que l'on a affaire à des machines entièrement automatiques, il devient nécessaire de se pencher sur le travail des machines elles-mêmes, sur leur exploitation mais aussi leur amélioration : accessibilité pour nettoyage et maintenance, ergonomie des commandes, performances qui sont autant de pistes d'améliorations potentielles.

En poussant la logique jusqu'au bout, pourquoi pas les tailler sur mesure ? En effet, Il est fort probable que certains des concurrents de l'entreprise disposent du même matériel. Comment dès lors se démarquer ?

2.1 - La TPM : une démarche vers l'excellence

Dans la mentalité japonaise, surtout celle de l'après guerre qui a façonné l'industrie nippone, toute forme de gaspillage est à combattre. La chasse au gaspillage est un gisement de gains qui peut se révéler riche et être exploité facilement. Tendre vers l'excellence, c'est éliminer les pertes et atteindre les cinq zéros : zéro accident, zéro défaut, zéro arrêt, zéro délai, zéro papier.

1. Pas d'incident ou d'accident signifie aucun arrêt, pas de perte humaine, donc pas de délai mais aussi pas de frais financiers et donc pas de papier.
2. Pas de défaut signifie que le temps de fabrication est utilisé à 100%, donc pas de déchet, pas de délai, donc pas de papier.
3. Zéro défaut c'est aussi zéro contrôle, pas de délai, donc pas de papier.

Donc, tendre vers l'excellence, c'est :

- minimiser les arrêts machines,
- améliorer les machines du parc existant,
- maximiser l'utilisation de ces machines,
- réduire les frais financiers,
- retarder ou rendre inutiles les investissements capacitaires (nouveaux équipements pour assurer la capacité de production),
- introduire de nouveaux équipements en tenant compte de l'expérience du passé (ne pas refaire les mêmes erreurs).

L'esprit TPM, c'est cela, et on voit que cela va revaloriser la fonction Maintenance en affirmant ses liens nécessaires avec les autres fonctions de l'entreprise et en particulier la Production. Mieux, on constate que la TPM correspond à une notion de progrès permanent. Elle peut être définie comme « une démarche globale d'amélioration des ressources de production qui vise la performance économique de l'entreprise ». Les ressources de production comprennent les équipements bien sûr, mais également les hommes et l'organisation qui leur permet d'atteindre l'efficacité maximale.

2.2 - La TPM : une démarche vers la Qualité Totale

La TPM va répondre, à travers cinq impératifs, à la Qualité Totale :

- améliorer **la fiabilité des équipements** donc faire en sorte que le produit reste conforme au besoin ;
- **optimiser des temps de marche**, c'est à dire rechercher le moyen d'améliorer de façon continue la disponibilité des installations, donc rechercher l'excellence ;
- **prévenir les défauts** de façon à éviter les défaillances ;
- **mesurer régulièrement la performance**, c'est à dire assurer un suivi de la démarche ;
- ne pas oublier les hommes, c'est à dire **impliquer toutes les fonctions et responsabiliser le personnel** à travers un enrichissement des tâches.

La TPM une méthode très concrète permettant d'obtenir le rendement maximal des équipements sur tout leur cycle de vie. Pour cela, elle prend en compte la notion de performance : coûts, délais, sécurité. Cette recherche de la performance repose sur une participation de tous les services et de tout le personnel à l'effort commun. Il s'agit notamment de transférer certaines tâches de maintenance tels que les réglages, le nettoyage et l'inspection des machines au personnel affecté à ces machines. Ce transfert s'appelle « l'auto-maintenance ». Le personnel de maintenance se verra déchargé de certaines tâches et pourra donc se consacrer à la maintenance préventive.

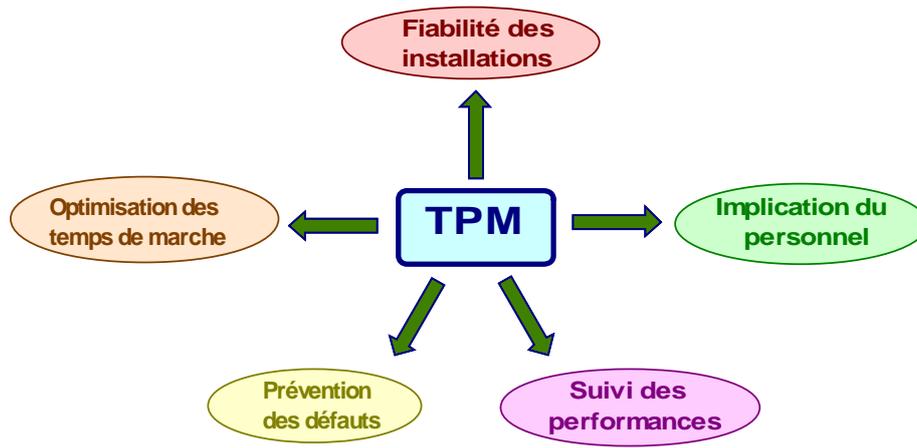


Figure 13.2 – Démarche Qualité Totale

2.3 – Définition

Nous avons écrit que TPM était l’abréviation anglo-saxonne de « Total Productive Maintenance ». Mais, ces trois lettres peuvent aussi correspondre à une terminologie française.

T comme	TOUS (tout le personnel) TOUJOURS (toute la durée de vie de l’équipement)
P comme	PRODUCTION (plus de volume) PRODUCTIVITE (plus de rentabilité)
M comme	MACHINES MANAGEMENT (groupe de travail) MAINTENABILITE

Figure 13.3 – Définition de la TPM

La TPM a donc pour objectif la réalisation du rendement maximum de l’équipement. Pour cela, elle cherche à établir un système global de maintenance productive pendant toute la durée de vie des installations. Elle implique, de ce fait, toutes les parties, notamment celles de la conception, de l’exploitation et de la maintenance et ceci à tous les niveaux hiérarchiques : **des dirigeants aux opérateurs**. Enfin, elle cherche à optimiser les coûts de maintenance et d’exploitation. En d’autres termes et plus synthétiquement, la TPM consiste « à rechercher pourquoi un équipement ne produit pas à son niveau nominal et à y remédier ».

2.4 – Les enjeux de la TPM

Ils sont doubles : la recherche de la performance des équipements apporte un gain de productivité pour l’organisation et la gestion de ceux-ci, mais elle apporte aussi beaucoup au niveau du personnel.

A – Enjeux économiques

Les enjeux relatifs de cette démarche sont :

- la réduction du taux de rebut et des retouches,
- l’augmentation des capacités de production,
- l’augmentation de la durée de vie des machines,
- l’amélioration de la productivité globale,
- la limitation des investissements,
- l’amélioration du retour de financement.

Le dernier point est important : il signifie que le gain de productivité s’accompagnera d’un gain d’argent. En effet, les délais et la non-productivité coûtent cher. En les diminuant voire en les supprimant, l’entreprise fait donc une économie appréciable. La démarche TPM prévoit de plus de réorganiser le service Maintenance

afin de le rendre plus efficace et d'optimiser ses interventions. La réussite de la TPM se base en partie sur une collaboration efficace entre tous les services impliqués.

B - Enjeux humains

La bonne réussite du plan TPM passe par une bonne implication et une bonne participation du personnel. Le personnel, comme l'entreprise, gagne à adopter la TPM. A travers la TPM, les opérateurs voient leur travail enrichi par un transfert de tâches de maintenance. Ce transfert ne peut s'effectuer sans une élévation du niveau de leurs compétences. De plus, le personnel participe à la définition des objectifs et à l'amélioration du plan TPM au sein de groupes de travail. La TPM cherche à impliquer et à responsabiliser le personnel. Il s'agit vraiment d'un enrichissement et d'une reconnaissance du travail de chacun. Elle répond aux aspirations de tous.

3 – AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE

3.1 – Les 16 causes de pertes de rendement

On relève 16 causes principales de pertes qui empêchent d'obtenir l'efficacité maximale. Elles se retrouvent à travers les 6M : main d'œuvre, matériels, matières, milieu, méthodes et mesures. Ces 16 causes de pertes peuvent être classées en 3 grandes familles :

- les pertes dues au manque de fiabilité des équipements,
- les pertes dues aux carences de l'organisation,
- les pertes dues aux méthodes et procédés utilisés.

3.11 - Pertes dues au manque de fiabilité des équipements

Ces pertes concernent les arrêts dus aux :

1. pannes (disparition ou dégradation de la fonction, mais aussi manque d'énergie). Elles ont une durée supérieure à 5 minutes ;
2. réglages (ajustages en cours de série qui ne devraient pas exister si le procédé utilisé était capable et stable) ;
3. pertes aux démarrages (temps de préchauffage de la machine, pièces perdues avant stabilisation du procédé) ;
4. micro-arrêts et marche à vide (les entreprises ont pris l'habitude de nommer ainsi tous les arrêts inférieurs à 5 minutes) ; ils sont dus à toutes sortes de raisons : bourrages, arrêts pour nettoyer un « fin de course », etc.. Ces temps sont difficiles à mesurer car ils n'entraînent pas d'arrêt prolongé ou d'appel du service maintenance ; il y a d'autres arrêts beaucoup plus courts, pas toujours détectables et qui méritent vraiment l'appellation de micro-arrêts. Ils sont souvent à l'origine des défaillances chroniques devant lesquelles les services maintenance ont très souvent abdicqué. Ils représentent les causes principales de problèmes rencontrés par les opérateurs, et ce sont eux qui empêchent le fonctionnement automatique des équipements ;
5. sous-vitesses (baisse volontaire de vitesse, parce qu'à la vitesse nominale on rencontre des problèmes de fiabilité ou de qualité), décalage de cadence entre deux machines ;
6. rebuts et retouches quand l'équipement a été utilisé pour rien (rebut) ou plus longtemps que nécessaire (retouches) ;
7. arrêts programmés (arrêts de l'équipement pour des actions que l'on pourrait qualifier d'incontournables dans une bonne exploitation des ressources de production). Ce sont les arrêts pour nettoyage, pour maintenance préventive, pour inspections, les temps de réunion (réunions 5 minutes ou réunions en bout de ligne). En général ces temps sont déduits de l'horaire de travail pour obtenir le temps requis qui sert de base au calcul des indicateurs de TPM. Mais ce n'est pas parce que l'on a qualifié d'incontournables ces arrêts qu'il ne faut pas les mesurer et chercher à les diminuer.

3.12 - Pertes dues aux carences de l'organisation

Ce sont toutes les pertes générées par les carences du management telles que :

8. les temps de changements de fabrication (temps qui s'écoule entre l'obtention de la dernière pièce bonne de la série qui se termine jusqu'à l'obtention de la première pièce bonne de la série suivante) normaux suivant planning ou imprévus ;

9. l'activité des opérateurs (manque d'habileté, de formation, de savoir-faire, d'efficacité) ;
10. les déplacements et manutentions (temps passé par les opérateurs à la manutention de produits ou de matières suite à la défaillance des équipements) ;
11. l'organisation du poste (retards dans l'enchaînement de tâches dus à des déplacements ou à des problèmes divers) ;
12. les défauts de logistique (manque d'approvisionnement, manque d'outillage et pièces de rechange, manque de personnel) ;
13. les excès de mesures (pertes dues à une mauvaise organisation du contrôle, à un manque de confiance dans le procédé, à des attentes de diagnostic qualité).

3.13 - Pertes dues aux méthodes et procédés

Elles correspondent :

14. au rendement des matériaux,
15. au rendement énergétique,
16. aux surconsommations d'outillages et d'accessoires (dépenses supplémentaires de remplacement des outillages et accessoires usés ou cassés). Les surconsommations d'huile rentrent aussi dans cette catégorie.

3.2 – Mesure des pertes : les indicateurs

3.21 - Intérêt des indicateurs

Les indicateurs sont des critères de production dont le but principal est d'assurer un suivi des performances des équipements. Ils se présentent comme des ratios ou des résultats relatifs à la production. Il peut s'agir de critères globaux renseignant sur les performances d'une chaîne de production ou de critères particuliers à une machine. Les indicateurs relatifs à la TPM pris dans leur globalité permettent de juger la performance des équipements avant et pendant la TPM et, par conséquent, de juger des progrès de la politique TPM. Pris individuellement ils mettent en évidence la nature des pertes de production.

Notons enfin que les indicateurs sont constamment affichés à proximité des machines sous TPM, afin d'informer le personnel de l'état de performance de ces machines et de sensibiliser les opérateurs aux progrès accomplis grâce à la politique TPM.

3.22 - Les différents temps de production

La première démarche de la TPM est d'analyser les **non-productions**, c'est à dire les pertes. Une machine doit fonctionner à sa vitesse nominale pendant le temps requis, c'est à dire le temps pendant lequel on veut qu'elle produise.

Sur le schéma 13.4, on voit apparaître essentiellement six temps.

1. **Temps d'ouverture (TO)** : c'est la période de référence choisie pour l'analyse des temps ; en règle générale, c'est le temps d'ouverture des lignes de production (1, 2 ou 3 postes), donc les horaires de travail.
2. **Temps requis (TR)** : c'est la période pendant laquelle l'utilisateur exige que l'équipement soit en état d'accomplir une fonction requise.
3. **Temps non requis** : il correspond aux pauses, changement d'équipe, arrêts planifiés (préventif programmé, etc.), nettoyage, modifications, essais, réunions.
4. **TFB ou temps de fonctionnement brut** : c'est le temps requis diminué des arrêts propres (pannes, défaillances) et induits (temps d'arrêt liés aux carences de l'organisation : changement d'outil, de série, manque de matière en amont, etc..).
5. **TMP ou temps de marche performante** : c'est le temps net de fonctionnement de la machine.
6. **TME ou temps de marche efficace** : c'est en fait le temps de production utile !

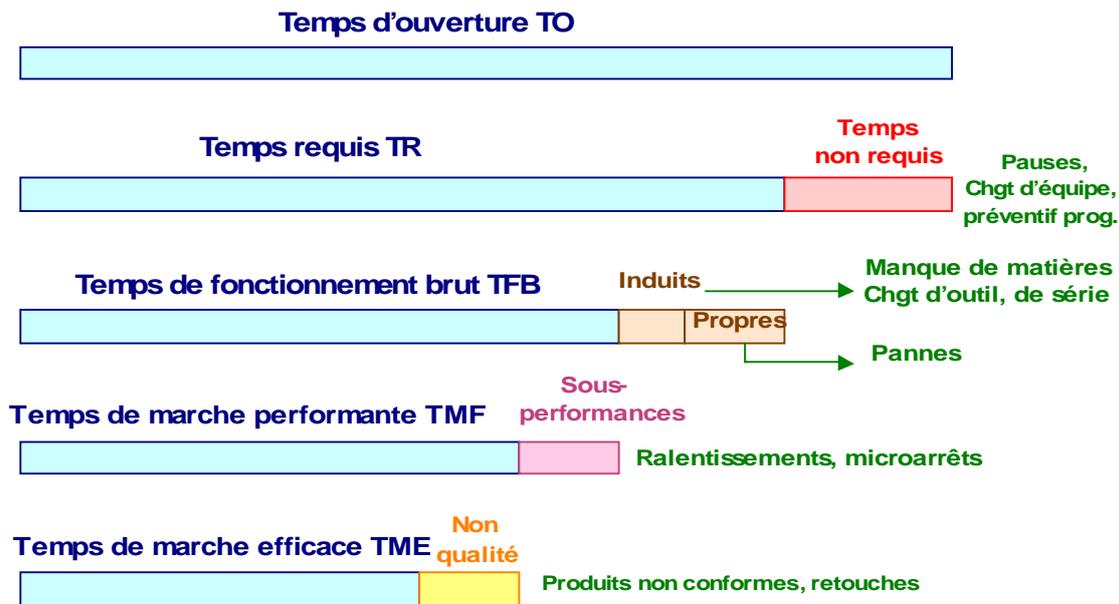


Figure 13.4 – Mesure des pertes

3.23 – Les indicateurs

Le schéma ci-dessus montre bien les différentes composantes de pertes qui érodent la productivité de la machine. Notons au passage que chaque « perte » trouve sa cause dans un thème qui va intéresser la maintenance, comme nous le détaillerons plus loin. Si l'on en reste à un niveau de précision insuffisant, comme le suivi du taux de marche calendaire (rapport entre le TR et le TO), cet indicateur ne sera pas un reflet fidèle de la situation, loin de là. En effet, la machine a pu tourner à vide pendant le temps requis ! Pour connaître avec précision la situation et mener des actions d'amélioration, un niveau de détail supérieur est requis. La TPM propose deux indicateurs qui intègrent toutes les composantes du rendement machine :

- le TRS ou Taux de Rendement Synthétique dont l'approche est plutôt financière,
 - le TRG ou Taux de Rendement Global, qui vise plus les performances de l'outil de production.
- Pour arriver au TRS ou au TRG, nous allons déjà définir au préalable trois ratios.

1. Taux de fonctionnement brut ou disponibilité opérationnelle

$$T_{FB} = D_o = \frac{TFB}{TR}$$

2. Taux de performance

$$T_P = \frac{TMF}{TBF} = \frac{\text{Temps de fonctionnement brut} - \text{pertes de performances}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$$

On peut aussi écrire que $T_P = T_{FN} \times R_V$ avec :

- $T_{FN} = \frac{\text{Quantité réalisée} \times \text{temps de cycle}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$ (taux net de fonctionnement)
- $R_V = \frac{\text{Cadence réelle}}{\text{Cadence théorique}} = \frac{\text{Temps de cycle théorique}}{\text{Temps de cycle réel}}$ (rendement vitesse)

3. Taux de qualité

$$T_Q = \frac{TME}{TMF} = \frac{\text{Quantité traitée} - \text{Quantité rebutée}}{\text{Quantité traitée}}$$

A partir de ces trois ratios, il est alors possible de calculer le TRG et le TRS.

A - Taux de rendement global

Il convient bien au pilotage des chantiers TPM, puisqu'il tient compte des moyens des services production et maintenance (rendement opérationnel). On a :

$$\text{TRG} = \frac{\text{Temps de marche efficace}}{\text{Temps requis}} = \frac{\text{TME}}{\text{TMF}} \times \frac{\text{TMF}}{\text{TF}} \times \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = T_Q \times T_P \times D_o$$

B - Taux de rendement synthétique

C'est le seul indicateur qui tient compte de tous les paramètres qui affectent la productivité d'une ligne de production. On a :

$$\text{TRS} = \frac{\text{TME}}{\text{TO}} = \frac{\text{TME}}{\text{TMF}} \times \frac{\text{TMF}}{\text{TF}} \times \frac{\text{TF}}{\text{TR}} \times \frac{\text{TR}}{\text{TO}} = \text{TRG} \times \frac{\text{TR}}{\text{TO}}$$

Le TRS est donc plutôt un indicateur pour un directeur d'entreprise, parce qu'il indique le potentiel global de son usine. Il est fréquent, qu'avant une démarche TPM, le TRS initial soit seulement de 50%. Le monter à 70% représente un gain très significatif.

3.24 - Exemple de calcul

On s'intéresse aux indicateurs concernant une machine travaillant sur un temps d'ouverture de 8 heures. Le temps non requis machine constaté (préparation de la ligne et pause casse-croûte) est de 40 minutes. Les arrêts machine sont ventilés comme suit : changement de série = 20 minutes, panne = 20 minutes, réglages = 10 minutes.

Le temps de cycle théorique est de 120 pièces/heure mais la mesure d'un temps de cycle réel donne une cadence de 100 pièces/heure seulement. La quantité réalisée est de 600 pièces/jour, et la quantité rebutée est de 18 pièces (12 récupérables, 6 irrécupérables).

Éléments du calcul :

- Temps requis $\text{TR} = 8 \times 60 - 40 = 440$ minutes
- Temps de fonctionnement brut $\text{TFB} = \text{TR} - \text{arrêts} = 440 - 50 = 390$ minutes
- Taux de fonctionnement brut $T_{\text{FB}} = \frac{\text{TFB}}{\text{TR}} = \frac{390}{440} \times 100 = 88,6\%$
- Taux net de fonctionnement $T_{\text{FN}} = \frac{\text{Quantité réalisée} \times \text{temps de cycle}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$ - On fabrique 100 pièces/heure, soit une pièce en 0,6 minutes, d'où $T_{\text{FN}} = \frac{600 \times 0,6}{390} \times 100 = 92,3\%$
- Rendement vitesse $R_V = \frac{\text{Temps de cycle théorique}}{\text{Temps de cycle réel}} = \frac{0,5}{0,6} \times 100 = 83,3\%$
- Taux de performance $T_P = T_{\text{FN}} \times R_V = 92,3 \times 83,3 = 76,9\%$
- Taux de qualité $T_Q = \frac{\text{TME}}{\text{TMF}} = \frac{\text{Quantité traitée} - \text{Quantité rebutée}}{\text{Quantité traitée}} = \frac{600 - 18}{600} \times 100 = 97\%$

On en déduit :

- $\text{TRG} = T_Q \times T_P \times T_{\text{FB}} = 88,6 \times 76,9 \times 97 = \underline{66,1\%}$
- $\text{TRS} = \text{TRG} \times \frac{\text{TR}}{\text{TO}} = 0,661 \times \frac{440}{480} \times 100 = \underline{60,6\%}$

Remarque : Il est fréquent, qu'avant une démarche TPM, le TRS initial soit seulement de 50%. Le monter à 70% représente un gain très significatif. On mesure tout le travail qu'il reste à faire.

3.25 – Amélioration du TRG

La recherche d'une meilleure productivité consiste à rapprocher la production utile de la production théorique. Elle ne peut se faire qu'en luttant tout d'abord contre les pertes définies précédemment. La TPM propose de lutter contre ces pertes à l'aide de principes et de méthodes performantes en s'appuyant sur 8 piliers. Chaque pilier a sa propre stratégie qui implique une démarche spécifique ainsi que l'utilisation d'outils particuliers. Ils doivent être bâtis dans un ordre logique, d'autant plus qu'ils auront deux fonctions distinctes.

Améliorer l'efficacité du système de production

- Pilier 1 : Automaintenance

- Pilier 2 : Amélioration au cas par cas
- Pilier 3 : Maintenance planifiée
- Pilier 4 : Amélioration du savoir-faire

Obtenir les conditions idéales

- Pilier 5 : Sécurité, conditions de travail et environnement
- Pilier 6 : Maîtrise de la qualité
- Pilier 7 : Maîtrise de la conception
- Pilier 8 : TPM dans les bureaux

4 - LES CINQ PRINCIPES DE DEVELOPPEMENT DE LA TPM

La T P M est structurée autour de 5 principes (qui se traduisent en fait par les 8 piliers énoncés ci-dessus). Ces cinq principes font de la TPM « une démarche globale de management des ressources de production ayant pour objectif la performance économique de l'entreprise ».

Principe n°1 : atteindre l'efficacité maximale des équipements

Pour atteindre cette efficacité maximale, il est avant tout indispensable de respecter les conditions de base d'utilisation des équipements et donc de supprimer toutes les causes de pertes chroniques et de dégradations forcées (agressions extérieures et non-respect des conditions de normalité). Ceci concerne principalement les hommes de production (qualité de la conduite, du réglage, respect des caractéristiques nominales, respect de l'équipement, nettoyage, ...). De plus les opérateurs étant les plus proches de l'équipement ils seront mis à contribution pour détecter au plus tôt les prémices d'anomalies sur les équipements (il est plus important de transformer les opérateurs en « détecteurs fiables » qu'en techniciens de maintenance).

1. La TPM aura pour objectifs de rendre responsable les opérateurs de la qualité de leur équipement en l'utilisant correctement et en détectant au plus tôt tout changement dans l'état ou le comportement de leur matériel. Cette action sera réalisée à l'aide du premier pilier de la TPM : « l'automaintenance ».
2. Il est aussi indispensable de prévenir les défaillances naturelles. Tant qu'il existe des causes de dégradations forcées, la maintenance préventive est peu efficace et coûteuse. Ce n'est que lorsque les conditions de base seront respectées que le service maintenance pourra mettre en place une organisation permettant :
 - de prévenir les défaillances naturelles dues aux phénomènes d'usure,
 - de détecter et de rechercher les améliorations possibles concernant la fiabilité et la maintenabilité.

Cette action fera l'objet du 3^{ème} pilier de la TPM : « la maintenance planifiée ».

3. Il sera également indispensable de supprimer les causes de pertes de rendement dues à l'organisation. C'est bien entendu cette action qui apportera les gains financiers. Mais on ne peut espérer détecter les vrais problèmes tant que les ressources ne sont pas utilisées dans les conditions pour lesquelles elles ont été prévues et tant que le personnel, de l'opérateur à l'Encadrement ne s'implique pas dans la démarche. La suppression des causes de pertes fera l'objet du second pilier : « l'amélioration au cas par cas ».
4. Enfin, il sera nécessaire d'améliorer les connaissances et le savoir-faire des opérateurs et des techniciens de maintenance. Les piliers précédents sont indispensables à l'obtention de l'efficacité maximale des équipements, mais leur mise en œuvre et leur pérennisation nécessitent d'améliorer les connaissances et le savoir-faire des opérateurs, des techniciens de maintenance mais aussi de l'encadrement direct du personnel. D'où le 4^{ème} pilier : « l'amélioration du savoir-faire et des connaissances ».

Principe n°2 : démarrer le plus rapidement possible les nouveaux produits et équipements

La maîtrise des ressources de production permettra aux responsables production et maintenance de travailler efficacement avec les services développements et ingénierie pour concevoir des produits faciles à fabriquer et des équipements faciles à utiliser et faciles à entretenir. La TPM rejoint la notion d'ingénierie simultanée et vise à ne plus accepter de modifications du produit ou de l'équipement après la phase de pré-industrialisation. Ce principe se traduira par le pilier n°7 : « la maîtrise de la conception ».

Principe n°3 : obtenir l'efficacité maximale des services fonctionnels

Les services techniques et administratifs doivent avoir pour objectifs de fournir à la production les informations et supports nécessaires à l'amélioration de sa compétitivité, tout en diminuant les tâches administratives et en simplifiant les procédures « sur-générées » par les démarches de certification. Ce principe se traduira par le pilier n°8 : « l'application de la TPM dans les bureaux ».

Principe n°4 : stabiliser les 5M à un haut niveau

Obtenir le Zéro panne, le Zéro défaut, le TRG maximum, en un mot obtenir la performance maximale des ressources de production nécessite d'atteindre et de maintenir à un haut niveau les 5M, c'est à dire de mettre en œuvre les principes précédents :

- disposer d'équipements où ne subsistent que des détériorations naturelles,
- prévenir les défaillances naturelles,
- appliquer la TPM aux nouveaux produits et équipements,
- avoir des opérateurs et des techniciens de maintenance très compétents,
- avoir des fournisseurs qui se considèrent comme partenaires de la qualité de l'entreprise.

Le pilier correspondant sera le pilier n°6 : « maîtrise de la qualité ».

Principe n°5 : maîtriser la sécurité, les conditions de travail, le respect de l'environnement

La performance des ressources de production passe aussi par ces exigences qui se traduisent aujourd'hui par la certification environnement ISO 14001 et bientôt sécurité et conditions de travail. C'est aussi rendre le travail moins pénible, moins salissant, moins dangereux. Ce sera l'objet du pilier n°5 : « sécurité, conditions de travail et environnement ».

5 – QUELQUES IDEES FORTES**5.1 – Un peu de bon sens**

La TPM c'est d'abord un peu de bon sens, et malheureusement, c'est l'absence de principes de bon sens que l'on retrouve souvent dans les entreprises. Cela est souvent dû à un manque d'organisation, mais aussi au manque de personnel : le manque de temps conduit alors à ne pas faire, ce qui, avec le recul nécessaire, pouvait paraître évident.

Par exemple, il est plus facile ou peut-être plus agréable de travailler sur une machine propre que sur une machine sale. Il est alors plus facile de la maintenir : les fuites et les desserrages de boulons disparaissent, le fonctionnement est meilleur, etc.. Le nettoyage sera un des points forts de la TPM. Il en est d'ailleurs de même pour le rangement : qui n'a jamais perdu de temps à chercher un outil qui n'est pas à sa place ?

La TPM peut aussi rendre possible ce qu'il est souvent psychologiquement difficile de réaliser. Dans ce cadre il est bon de rappeler la règle des « cinq pourquoi » préconisée par M.ONNO, vice-président de TOYOTA. Il donne l'exemple d'une machine qui s'est brusquement arrêtée de fonctionner. Les cinq pourquoi seraient les suivants :

1. Pourquoi la machine s'est-elle arrêtée de fonctionner ? Parce qu'il s'est produit une surcharge et que les fusibles ont sauté.
2. Pourquoi cette surcharge ? Parce que la lubrification des coussinets était insuffisante.
3. Pourquoi la lubrification était-elle insuffisante ? Parce que la pompe de graissage ne pompait pas suffisamment.
4. Pourquoi la pompe de graissage ne donnait pas son maximum ? Parce que l'arbre de pompe était endommagé et vibrait.
5. Pourquoi était-il endommagé ? Parce qu'il n'y avait pas de filtre, ce qui a entraîné l'inclusion de déchets métalliques.

Ces cinq questions montrent une pratique concrète du terrain, faite d'observations et d'observations personnelles. C'est l'attitude même que demande la TPM à tous les niveaux de l'entreprise.

5.2 - Notions d'automaintenance

La clé de voûte de l'organisation de la T.P.M. est ce qu'on appelle **l'automaintenance**. L'automaintenance rassemble toutes les opérations qui permettent de repérer et de traiter les causes invisibles de la diminution du Temps Requis. Une entreprise n'a pas le droit de dire qu'elle applique la TPM si

l'automaintenance n'y apparaît pas. D'autre part, la réussite de la politique TPM passe nécessairement par une bonne acceptation de l'automaintenance par le personnel.

L'automaintenance consiste à confier aux opérateurs, en plus de leurs tâches de production, une partie de la maintenance de leurs machines. Cette partie maintenance est souvent appelée « consignes de poste ». Le tableau suivant donne le degré de responsabilisation de l'opérateur dans le cadre de l'automaintenance.

Aptitudes de l'opérateur	Méthodes
Etre capable de maintenir en état le poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintenance de premier niveau ▪ 5S
Etre capable d'alerter en cas de dérives	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Connaissance des paramètres à contrôler ▪ Interprétation des lectures des appareils de mesures ▪ Contrôle des niveaux (normalité)
Etre capable de faire un diagnostic suite à un dysfonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formation au diagnostic de panne

Figure 13.5 – Responsabilisation de l'opérateur

5.21 – Les 5S

Pour le premier élément de responsabilité, les Japonais ont créé la règle des « 5 S », dénommée ainsi car ce sont les initiales de cinq opérations réalisables quotidiennement par les opérateurs et qui doivent être bien comprises par ceux-ci (tableau 13.6).

Remarque : la méthode 5S s'adresse à tous les niveaux de l'entreprise, de l'opérateur à l'équipe dirigeante. En effet, si la Direction de l'entreprise ne s'implique pas, si les 5S ne sont pas appliqués par la hiérarchie, il est illusoire de les voir suivis par les subordonnés.

5.22 – Répartition des tâches

L'automaintenance va plus loin car elle rassemble toutes les opérations qui permettent de repérer et de traiter les causes invisibles de la diminution du temps d'indisponibilité et qui peuvent être transférées aux opérateurs de production :

- actions techniques à mettre en œuvre sans démontage (resserrer des vis, retendre une courroie, changer un filtre, purger un circuit, effectuer des réglages simples, etc..),
- opérations de lubrification (contrôle des niveaux et appoints si nécessaire).

Dans une démarche de progrès, l'automaintenance est fondamentale :

- un nettoyage soigneux permet d'éliminer des causes de défaillance liées aux encrassements et colmatages, fuites, rayures, jeux, etc..
- le resserrage des vis permet de réduire les vibrations qui pourront avoir des conséquences importantes (balourd, désalignement, etc..),
- la lubrification conforme aux prescriptions des constructeurs peut éviter des défaillances fatales (usures internes, blocage, etc..).

Ce transfert de tâches permet d'alléger le service Maintenance qui peut alors se tourner vers la Maintenance préventive et améliorer l'efficacité du service. De plus, cette manière de faire permet de coordonner les activités du service Maintenance et celles de la Production.

5.23 – Les aspects humains de l'automaintenance

Même si l'automaintenance est technique, ses enjeux sont avant tout humains. Ce point est important car cette démarche s'appuie essentiellement sur les hommes. L'automaintenance valorise le travail des opérateurs et plus globalement le travail du personnel. Elle permet :

- d'enrichir les compétences de tous les acteurs de l'entreprise car ceux-ci ont besoin d'être formés à leurs nouvelles tâches de maintenance. Cela leur apporte une meilleure connaissance de leurs machines et/ou postes et accroît leurs compétences ;

- d'élargir leurs responsabilités. Leur fonction n'est plus uniquement produire. Ils ont la responsabilité de garder leurs machines disponibles en les surveillant et en les entretenant dans la limite de leurs compétences ;
- d'améliorer le climat de travail en favorisant la participation du personnel au sein de groupes de travail. Ces groupes permettent de discuter des problèmes rencontrés lors de l'automaintenance et des points à améliorer. Le personnel se sent impliqué car il participe à la bonne marche de l'entreprise et est écouté. Nous reviendrons plus loin sur ces groupes de travail.

S	Signification	Objectifs	Principes
SEIRI ou rangement	Faire la différence entre l'indispensable et l'inutile, donc se débarrasser de tout ce qui encombre le poste de travail Traduction utile : s'organiser	Définir des critères et les appliquer pour éliminer l'inutile Hiérarchiser les éléments pour définir les priorités Savoir traiter les causes d'encombrement	Gestion des priorités et traitement des causes
SEITON ou ordre	Disposer les objets de façon à pouvoir à sa disposition ce qu'il faut quand il faut (exemple : outillage) Traduction utile : situer les choses	Poste de travail bien rangé Rangement efficace Augmentation de la productivité en éliminant le temps perdu à chercher des objets.	Rangement fonctionnel qui élimine la recherche d'objet
SEISO ou pro- preté	Éliminer les déchets, les saletés et les objets inutiles pour la netteté du poste de travail Nettoyage utilisé comme mode de contrôle Traduction utile : faire que ça brille	Degré de propreté en rapport avec ses besoins Viser le niveau « zéro saleté-zéro déchet » Faire apparaître les petits problèmes grâce au contrôle et au nettoyage Comprendre que nettoyer le poste permet effectivement de le contrôler.	Définition des exigences de propreté et nettoyage comme mode de contrôle
SEIKETSU ou respect des règles	Conserver le poste de travail en ordre et propre en veillant également à l'aspect environnement Traduction utile : standardiser	Instaurer des règles de management afin que les 5S deviennent une habitude Management innovant et clair pour mettre les anomalies en évidence.	Management visuel et formulation de règles pour l'application des 5 S
SHITSUKE ou discipline	Impliquer et formaliser Traduction utile : éducation	Participation sans réserve au développement de nouvelles méthodes de travail et au respect des règles dans les ateliers « Feed-back » quotidien : affichage d'indicateurs d'efficacité.	Créer de nouvelles habitudes de travail et instaurer la rigueur dans le travail

Figure 13.6 – Les 5S

5.24 – Mise en place de l'automaintenance

La mise en place de l'automaintenance est une phase délicate. Les démarches peuvent être diverses : certains commenceront par un grand nettoyage de tout l'atelier, d'autres mettront d'abord en place un ou plusieurs groupes de travail par machine, et d'autres encore commenceront par une phase formation des opérateurs, cette phase étant suivie par la création de groupes de travail pour chaque machine. On estime qu'il faut deux à trois ans pour mettre en œuvre l'automaintenance. Les Japonais préconisent les sept phases suivantes :

1. *Nettoyage, graissage et resserrage* : les opérateurs doivent rendre leurs installations propres, bien entretenues et en bon état.

2. *Prévention des causes de saleté* : les opérateurs doivent faire des propositions qui permettent d'éliminer les phénomènes à l'origine de saletés ou de difficultés dans le nettoyage des installations.
3. *Standardisation des opérations de nettoyage, graissage et resserrage* : les groupes opérationnels doivent établir des descriptifs quantitatifs qui visent à augmenter l'efficacité de ces opérations.
4. *Formation aux techniques d'inspection* : les groupes opérationnels, puis tout le personnel concerné, doivent apprendre les méthodes d'inspection à l'aide d'un manuel d'inspection rédigé par la hiérarchie.
5. *Inspection directe* : le service maintenance et les groupes opérationnels élaborent conjointement un système d'inspection complet.
6. *Stabilisation* : avec la participation de la hiérarchie, les tâches des opérateurs sont reconsidérées de manière à mettre complètement en place l'automaintenance grâce à tous les standards relatifs aux opérations d'inspection.
7. *Généralisation* : l'ensemble du personnel doit continuer à émettre spontanément des idées afin de poursuivre le processus d'amélioration et développer la culture d'automaintenance.

5.25 – Les obstacles à l'automaintenance

L'automaintenance n'est pas une démarche facile à mettre en place car il est nécessaire de convaincre tous les partis concernés du réel intérêt qu'elle offre. Elle ne réussit que si le personnel est convaincu. Le responsable qui supervise l'automaintenance doit être une personne écoutée, ayant de la rigueur et parfaitement consciente des avantages de l'automaintenance. Ce responsable peut avoir à faire face à des réticences de la part des intervenants telles que :

- le refus de prendre des responsabilités par certains membres du personnel considérant leur travail comme suffisant et n'ayant pas le désir de le faire évoluer. Cela peut aussi venir de craintes de ne pas pouvoir assumer ces responsabilités ;
- trop de temps alloué à l'automaintenance, argument pouvant être fourni par le directeur de production voire le directeur de l'usine. Il est vrai qu'il faut consacrer chaque jour, chaque semaine et chaque mois, un temps donné pour l'automaintenance ;
- incompréhension de certains agents de production ou de maintenance qui comprennent mal l'intérêt de transférer certaines tâches de maintenance vers la production. Cet argument est dangereux car il nourrit l'antagonisme entre les gens de la production et les gens de la maintenance.

A ces trois réticences, il s'agit de répondre clairement et de façon convaincante pour assurer la réussite de l'automaintenance.

5.3 – Réorganisation du service maintenance

Avec le temps disponible libéré par l'automaintenance, le service maintenance doit chercher à améliorer son organisation. Il peut entreprendre de :

1. améliorer les machines après avoir analysé les causes des pannes,
2. analyser les équipements en matière de Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité et coûts de maintenance,
3. mettre en place une maintenance préventive conditionnelle afin de ne plus subir les pannes mais de les éviter,
4. réorganiser le magasin des pièces de rechange et gérer efficacement les stocks,
5. mettre en place un logiciel de GMAO afin de faciliter la gestion du service et de référencer les interventions.

Cette politique d'amélioration doit s'accompagner d'un soutien par le service maintenance à l'automaintenance et aux 5S. Il sera de plus nécessaire de rationaliser et formaliser les interventions sur les équipements de façon à optimiser la maintenance (fonction Méthodes).

6 - ORGANISATION DE LA TPM

Un projet T.P.M. peut se décomposer 13 étapes réparties en trois phases :

- une phase d'initialisation dans laquelle la direction s'engage à mettre en œuvre les moyens nécessaires à son lancement ;

- une phase de développement, étape de lancement et de mise en œuvre du programme établi ; il s'agit de détecter les causes de sous-performance et d'y remédier ;
- une phase de pérennisation, étape de consolidation et de perfectionnement des acquis et une valorisation des progrès obtenus.

6.1 - Phase d'initialisation

Etape 1 : décision de la direction

La réussite de la T.P.M. dépend de la détermination de la direction dont le rôle doit être le suivant :

- définir les objectifs T.P.M. et le processus de mise en œuvre ;
- exprimer son engagement par l'allocation de ressources nécessaires (humaines et matérielles) ;
- fixer la forme générale de la structure de pilotage ;
- désigner un responsable T.P.M.

Etape 2 : information et formation de l'encadrement

Il s'agit :

- d'exprimer concrètement la volonté de la direction à adopter une structure T.P.M. ;
- d'encourager le travail participatif de tout le personnel ;
- de faire de chaque membre de l'encadrement un membre actif de mise en œuvre du programme T.P.M.

Etape 3 : mise en place de la structure de pilotage

L'objectif est de définir, de mettre en place une organisation et des règles de fonctionnement pour permettre le pilotage permanent des chantiers T.P.M.

Etape 4 : diagnostic d'état des lieux

La mise en place de la démarche T.P.M. doit être précédée d'un diagnostic qui consiste, dans un premier temps, à prendre connaissance de l'état des lieux et de l'opportunité de se lancer ou non dans une telle démarche. Cela passe par les phases suivantes :

- délimiter une zone,
- visualiser le flux physique,
- connaître le temps de cycle,
- connaître le temps requis,
- connaître la quantité produite,
- calculer le TRG,
- ventiler les causes de non-performance,
- évaluer le potentiel de gain possible.

La synthèse du diagnostic permet, compte tenu des constatations qualitatives et quantitatives relevées, de définir un plan et fixer des objectifs.

Etape 5 : élaboration d'un programme

Le pilote est chargé d'élaborer le plan T.P.M., de veiller au bon déroulement de toutes les opérations et à son application.

6.2 - Phase de développement

Etape 6 : lancement

L'objectif de cette étape est d'informer tous les personnels du contenu et des modalités de mise en œuvre du programme T.P.M. sur un chantier déterminé. Cette étape officialise l'ouverture d'un chantier, explique le but du programme, monter les opérations qui vont être mise en place, et indique comment chacun va être associé à l'action.

Etape 7 : analyse et élimination des causes de pertes

On va identifier de manière objective, les pertes de rendement. Pour cela, le groupe T.P.M. met en place un plan simple d'observation et de mesure de fonctionnement :

- durée de changement d'outils,

- insuffisance de la maîtrise de la qualité,
- ralentissement de l'outil de production, manque de ressources.

Cette observation doit permettre ainsi :

- d'éliminer les causes de dysfonctionnement,
- de réaliser immédiatement des gains de performance,
- d'obtenir l'adhésion plus forte des hommes à la démarche, par les actions concrètes réalisées.

Etape 8 : développement de l'automaintenance

Nous avons développé cette notion précédemment ; nous n'y reviendrons pas.

Etape 9 : développement de la maintenance programmée

L'objectif de cette étape est de définir les contenus techniques précis de maintenance pour :

- couvrir les zones non traitées par l'automaintenance,
- assurer le maintien de l'état des équipements,
- gérer leur évolution à moyen terme, organiser la mise à disposition régulière et planifiée des moyens pour appliquer efficacement les programmes de maintenance.

Les travaux sont planifiés en accord avec l'exploitant afin d'assurer la mise à disposition des moyens. Les étapes de la construction de la maintenance programmée sont alors les suivantes :

1. définir un ensemble homogène,
2. inventorier l'existant,
3. découper l'ensemble homogène en sous-ensembles et les sous-ensembles en composants,
4. analyser et définir des actions par composants, repérer et regrouper les actions par niveau de maintenance.

6.3 - Phase de pérennisation

Etape 10 : amélioration de la technicité des personnels

L'objectif de cette étape est de consolider et pérenniser les acquis professionnels par le perfectionnement continu des personnels d'exploitation et de maintenance. Les acteurs concernés sont:

- les opérateurs de fabrication et de maintenance,
- les premiers niveaux d'encadrement.

Cette amélioration fait partie d'un programme de formation comportant les bases de la technologie appliquée, du fonctionnement des machines et des méthodes pratiques de maintenance préventive.

Etape 11 : intégration de l'acquis sur la conception

L'objectif est d'organiser la remontée en continu, vers le stade de conception des équipements, des renseignements tirés des chantiers opérationnels T.P.M. Ceci concerne les services de maintenance, de fabrication et les méthodes.

Etape 12 : Sécurité et environnement

L'objectif est de mettre en place les procédures garantissant :

- la sécurité des biens et des personnes,
- la protection de l'environnement tant interne qu'externe.

Etape 13 : label TPM

L'objectif de cette dernière étape est de valoriser les résultats obtenus, distinguer les acteurs et identifier clairement un état de performance et de fonctionnement.

7 - CONCLUSION

Si l'on ne se réfère qu'au dernier paragraphe, la TPM apparaît comme ce qu'il se fait de mieux en terme de maintenance : rénovation de la production et assainissement de l'entreprise, toutes deux nécessaires dans la conjoncture actuelle très sévère. La TPM agit directement et durablement sur ces deux aspects par l'intermédiaire de trois facteurs principaux :

- facteur d'identification du personnel (implication - responsabilité - apprentissage - appropriation - autonomie - communication - solidarité -compétences – continuité).
- facteur d'exigence (performance - excellence - compétitivité - amélioration permanente - reconnaissance - qualité – sécurité).
- facteur de rigueur (méthode - organisation - transparence - maîtrise - efficacité - fiabilité – verrouillage)

Il s'agit d'un changement de culture qui ne peut se décider unilatéralement, mais qui se construit dans le temps; c'est pour cela qu'une démarche TPM est longue et même jamais terminée puisqu'elle est basée sur l'amélioration permanente. Il faudra donc faire preuve de persévérance.

Cependant, il ne faut pas rêver, appliquer la TPM n'est pas chose facile, et encore moins pour une entreprise qui ne maîtrise pas encore les notions de maintenance corrective et de maintenance préventive. Les PME/PMI doivent se reconnaître dans cette image quelque peu péjorative. Ce qu'on peut conseiller à leurs dirigeants, c'est de bien réfléchir au problème, surtout lorsqu'on veut obtenir une certification ISO 9000. Il faut être prêt à investir : du temps, de l'argent et du travail supplémentaire, quelle que soit la forme de maintenance utilisée. Mais, il faut savoir aussi que des entreprises ont réalisé jusqu'à 50% de gains de productivité grâce à la mise en place de la TPM. Quel challenge !...