

Chapitre 6

La Maintenance Productive Totale (TPM)

6.1 Introduction à la TPM

6.1.1 Définition

Comme son nom l'indique, la Maintenance Productive Totale est une activité de maintenance à participation globalisée inscrite dans une dynamique productive.

Elle implique tous les acteurs et composantes de l'entreprise dans la recherche de la marche optimale des systèmes. La maintenance détient donc un rôle déterminant puisqu'il ne peut y avoir de fonctionnement global optimal sans le souci constant d'un outil de production dans un état irréprochable.

La signification de l'expression « Maintenance Productive Totale » s'explique ainsi:

- *Maintenance* : maintenir en bon état, c'est-à-dire réparer, nettoyer, graisser et accepter d'y consacrer le temps nécessaire.
- *Productive* : assurer la maintenance tout en produisant, ou en pénalisant le moins possible la production.
- *Totale* : considérer tous les aspects et y associer tout le monde.

La TPM s'appuie sur 3 leviers : disponibilité, performance et qualité.

La disponibilité n'est pas, là, le critère de référence, c'est le rendement global qui devient l'objectif premier. Celui-ci implique la chasse aux pertes et gaspillages dans tous les domaines : temps, énergies, matières d'œuvre, éléments de rechange ...

6.1.2 Objectifs de la TPM

La TPM a pour objectif principal est d'améliorer la santé de l'entreprise par l'amélioration de la santé des équipements et des hommes. Ainsi que d'autres objectifs s'avèrent nécessaire sont comme suit:

- Élimination des causes de pertes (au cas par cas) pour améliorer le rendement des équipements;
- Mettre en place la maintenance autonome;
- Mettre en place la maintenance planifiée;
- Former aux techniques de production et de maintenance;
- Mettre en place un système de conception des nouveaux équipements;
- Mettre en place un système de maintenance et de qualité des produits;
- Mettre en place la gestion de la sécurité et de l'environnement;
- Mettre en place un système d'amélioration des rendements administratifs.

6.1.3 Principes de la TPM

Produire plus et mieux sans investissement productif supplémentaire est possible si l'on s'attaque aux gaspillages. Si on le ramène à la conduite de machines, cela signifie:

- Chercher à maximiser le temps productif (Temps Requis ou Temps d'ouverture) ;
- Réduire le temps non productif dû aux arrêts et pannes ;
- Conserver les cadences optimales ;
- Réduire la non-qualité.

6.1.4 Conditions de mise en place de la TPM

L'adoption d'une politique de TPM crée un changement sensible dans les habitudes de travail, principalement dans les ateliers. Il faut noter qu'un certain nombre de conditions sont donc nécessaires pour envisager la mise en place d'une TPM :

- Avoir un système de management participatif
- Le travail de groupe doit être très développé
- Les postes de travail doivent être stables
- Le parc de documentation doit être existant et utilisable facilement
- La communication entre la production et la maintenance doit être bonne
- Le personnel de fabrication doit être intéressé (et formé)

6.1.5 Les étapes de la TPM

Les étapes de la TPM sont listées par ordre comme suit:

- Constitution des groupes de progrès (par machine)
- Formation du personnel
- Nettoyage, rangement (démarche 5S)
- Mesures de TRS
- Auto-inspection : c'est le début de l'auto maintenance (l'opérateur prévient la maintenance)
- Auto maintenance

6.1.6 Les tâches de l'auto maintenance

La délégation de certaines tâches vers les opérateurs se fait progressivement et l'organisation est bâtie collectivement, par l'ensemble des acteurs, lors d'échanges au cours de ce que l'on peut nommer des cercles TPM :

- *Le nettoyage* : il permet de repérer des anomalies dans tous les domaines :
 - Mécanique : desserrage, début de rupture, usure de pièces, blocage ou point dur, corrosion, fissure, rayures, ...
 - Électrique : fil desserré, isolant endommagé, surchauffe locale, ...
 - Pneumatique, hydraulique : fuite (huile ou air), pincement de tuyau, vérin endommagé,...
- *Le graissage* : pour les systèmes à dominante mécanique, un graissage convenablement pratiqué est une garantie de bon fonctionnement.
- *Les resserrages* : Jugés nécessaires lors d'inspections, de nettoyages ou en marche normale, ils sont effectués dès le constat. Les desserrages, par les vibrations qu'ils permettent, sont souvent en cause dans des dérives de qualité ou l'apparition de défauts fortuits inexplicables.
- *Les inspections quotidiennes* : elles sont de préférence pratiquées, s'il y a lieu, avant la

mise en œuvre. A partir d'une liste d'opérations précisément décrites, l'opérateur procède à une série de contrôles visuels, manuels avec ou sans outillage ou appareillage. Leur but est de déceler l'apparition d'un paramètre non conforme et donc potentiellement source d'incident.

6.2 Amélioration de la productivité

6.2.1 Les 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 utilisées.

6.2.1.1 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 (rebuts) 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.

6.2.1.2 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).

6.2.1.3 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.

6.3 Les indicateurs de performance

6.3.1 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.

6.3.2 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 la figure 5.1, on voit apparaître essentiellement six temps :

- 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.
- Temps requis (TR) : c'est la période pendant laquelle l'utilisateur exige que l'équipement soit en état d'accomplir une fonction requise.
- Temps non requis : il correspond aux pauses, changement d'équipe, arrêts planifiés (préventif programmé, etc..), nettoyage, modifications, essais, réunions.
- 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..).
- TMP ou temps de marche performante : c'est le temps net de fonctionnement de la machine.
- TME ou temps de marche efficace: c'est en fait le temps de production utile.

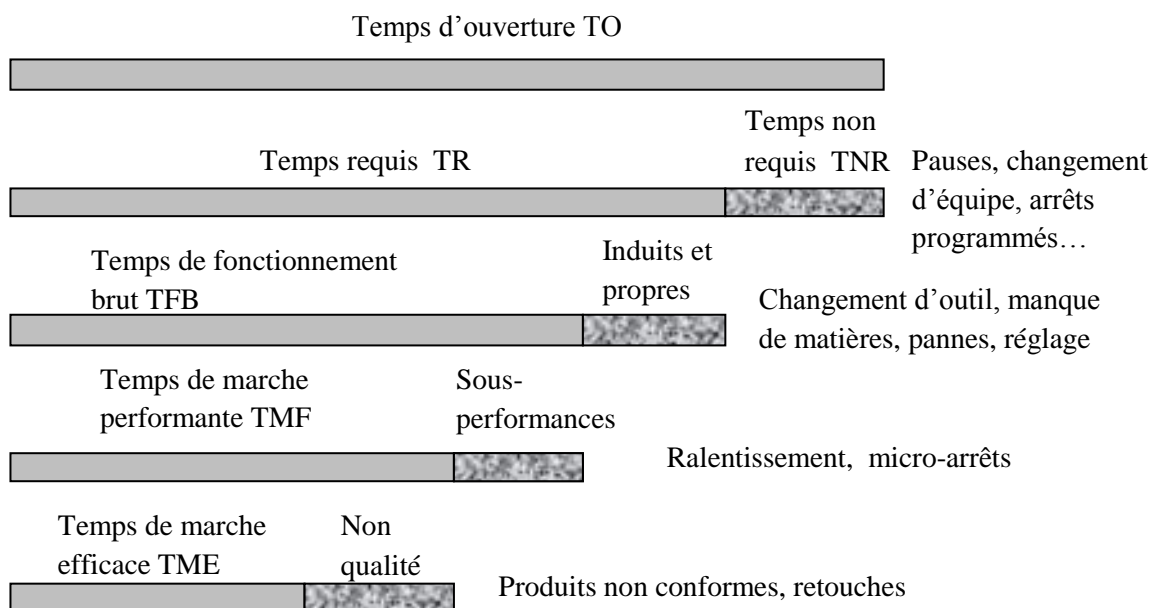


Figure 6.1 Mesure des pertes

6.3.3 Les indicateurs de performance

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

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

2. Taux de performance

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

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

- $T_{FN} = \frac{\text{Quantité réalisée} \times \text{Temps de cycle}}{\text{Temps de fonctionnemnt brut}}$ (taux net de fonctionnemen)
- $R_V = \frac{\text{cadence réelle}}{\text{cadence théorique}} = \frac{\text{temps de cycle réel}}{\text{temps de cycle théorique}}$ (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

4. Taux de rendement global

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

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

5. 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:

$$TRS = \frac{\text{Temps de marche efficace}}{\text{Temps ouverture}} = \frac{TME}{TO} = \frac{TME}{TMF} \times \frac{TMF}{TF} \times \frac{TF}{TR} \times \frac{TR}{TO} = TRG \times \frac{TR}{TO}$$

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.

Remarque :

Plus le taux de rendement TRS se rapproche de 1, la productivité est devenue meilleure.

6.4 Lean maintenance et TPM

La Lean Maintenance est une démarche TPM optimisée et axée sur la réduction, voire l'élimination du gaspillage relié aux équipements et à leur utilisation.

Le but de la Lean Maintenance est d'obtenir le meilleur rendement des équipements, à moindre coût. Quelques domaines d'améliorations de la Lean Maintenance :

- Optimiser la gestion des pièces détachées afin qu'elles soient disponibles pour les maintenances préventives et correctives ;
- Faciliter la maintenance préventive pour les activités et équipements critiques ;
- Mettre en place des formations polyvalentes des équipes ;
- Encourager et permettre à tous les intervenants d'avoir des initiatives d'améliorations.

6.5 Exercice d'application

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 et 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).

Travail à faire :

- 1) Calculer le temps requis TR
- 2) Calculer le temps de fonctionnement brut TFB
- 3) Calculer le taux de fonctionnement brut T_{FB}
- 4) Calculer le taux net de fonctionnement T_{FN}
- 5) Calculer le rendement de vitesse R_V
- 6) Calculer le taux de performance T_P
- 7) Calculer le taux de qualité T_Q
- 8) Calculer le taux de rendement global TRG
- 9) Calculer le taux de rendement synthétique TRS

Corrigé :

- 1) Temps requis: $TR = TO - TNR = 8 \times 60 - 40 = 440$ minutes
- 2) Temps de fonctionnement brut: $TFB = TR - \text{arrêts} = 440 - 50 = 390$ minutes
- 3) Taux de fonctionnement brut: $T_{FB} = \frac{TFB}{TR} = \frac{390}{440} \times 100 = 88,6\%$
- 4) Taux net de fonctionnement : $T_{FN} = \frac{\text{quantité réalisée} \times \text{temps de cycle}}{\text{temps de fonctionnement brut}}$

On fabrique 100 pièces/heure, soit une pièce par 0,6 minute, d'où $T_{FN} = \frac{600 \times 0,6}{390} = 92,3\%$

$$5) \text{ Rendement vitesse: } R_V = \frac{\text{Temps de cycle réel}}{\text{Temps de cycle théorique}} = \frac{0,5}{0,6} \times 100 = 83,3\%$$

$$6) \text{ Taux de performance: } T_P = T_{FN} \times R_V = \frac{92,3 \times 83,3}{100 \times 100} \times 100 = 76,9\%$$

7) Taux de qualité :

$$T_Q = \frac{TME}{TMF} = \frac{\text{Quantité traitée} - \text{Quantité rebutée}}{\text{Quantité traitée}} = \frac{600 - 18}{600} = 97\%$$

On en déduit

$$8) \text{ TRG} = T_Q \times T_P \times T_{FB} = \frac{88,6 \times 76,9 \times 97}{100 \times 100 \times 100} \times 100 = 66,1\%$$

$$9) \text{ TRS} = \text{TRG} \times \frac{TR}{T_0} = 0,661 \times \frac{440}{480} \times 100 = 60,6\%$$

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.