

PERFORMANCE ET MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS

Tout est déterminé dès la

JEAN BUFFERNE [1]

Un équipement industriel répond à des standards d'exploitation et de maintenance qu'il importe de définir dès sa conception et de respecter avant toute démarche d'amélioration de la performance.

D'un nouvel équipement dans une usine on attend, bien entendu, qu'il procure des avantages économiques ou de services. Mais il impose aussi un grand nombre d'exigences, déterminées, comme les avantages potentiels, par sa conception. La méconnaissance, ou la négligence, de ces exigences conduira à implanter dans l'atelier un système qui sera hors contrôle statistique et qui exigera une démarche rigoureuse pour être stabilisé puis amélioré. Une rigueur qui n'est pas innée au sein des entreprises.

La figure 1 schématise ces différentes exigences. Le point de départ est le cahier des charges de l'équipement. Plus il sera précis au niveau des attentes (productivité, disponibilité, sécurité, sûreté et facilité d'exploitation) et des contraintes (d'exploitation et d'environnement), plus il permettra d'affiner ces exigences et de vérifier si elles sont compatibles avec la politique, la stratégie et les moyens de l'entreprise. Le travail de conception basé sur ce cahier des charges va définir la *fiabilité intrinsèque*, c'est-à-dire le niveau le plus élevé de fiabilité de l'équipement, inhérent à sa conception, que l'on peut obtenir en respectant les conditions normales d'utilisation et en appliquant efficacement les conditions d'entretien.

Dans une approche sûreté de fonctionnement et FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité), les qualités d'un équipement sont évaluées par rapport à sa productivité et à la qualité des produits fabriqués, à sa disponibilité (pas de pannes, réparations

mots-clés

outil et méthode, processus, qualité, système

rapides, arrêts faibles pour entretien et maintenance), à sa maintenabilité, qui est le déterminant de la disponibilité (rapidité des réparations, facilité des opérations d'entretien courantes et de maintenance préventive), et à la sécurité. Cela signifie que la conception détermine les standards d'exploitation de l'équipement et la probabilité ou le risque de défaillances (c'est bien la fiabilité intrinsèque) présentés par cet équipement à travers ses divers composants.

Les standards d'exploitation

Ces standards vont fixer, en accord avec le cahier des charges ou en complément, les éléments suivants :

- **Les conditions nominales d'utilisation**

Charge, vitesse ou cadence
Caractéristiques et qualité des outillages
Définition et respect des standards de réglages (modes opératoires et surtout valeurs nominales)

- **Les conditions d'environnement**

Milieu ambiant de travail (température, humidité, vibrations, etc.)
Niveau de salissures acceptable
Implantation (scelllements, accessibilité)
Qualité des énergies et de leur distribution (électricité, vapeur, air comprimé, etc.)

- **Les conditions d'entretien**

Définition et respect des standards d'entretien (contrôles et réglages de certains paramètres, graissage, purges, etc.)
Détection et correction des anomalies au sens de la TPM
Analyse des problèmes et défaillances
Qualité des réparations effectuées

Remarque : Je propose, dans une approche personnelle (mais pourquoi

vouloir inventer de nouveaux termes), de faire le distinguo entre *entretien* et *maintenance* :

- Entretien : actions de surveillance ou interventions physiques qui permettent de conserver les conditions normales d'utilisation d'un équipement (nettoyage, resserrage, réglage, graissage, purges, suivi de paramètres de fonctionnement, détection d'anomalies, dépannage, etc.) ;

- Maintenance : actions réalisées soit pour s'assurer que les caractéristiques des composants d'un équipement n'atteignent pas les limites basses que l'on s'est fixées soit pour retrouver les caractéristiques nominales des composants ayant atteint ces limites.

- **L'état de référence de l'équipement**

Les standards évoqués précédemment ne peuvent être établis que par rapport à un état de référence des composants de l'équipement (tolérances, état de surface, couples de serrage, plage de fonctionnement, etc.). De même, cet état de référence est indispensable pour définir les contrôles de maintenance conditionnelle, pour fixer les périodicités de maintenance systématique, mais aussi pour définir les résultats attendus des réparations effectuées en maintenance corrective ou préventive (on ne peut pas se limiter à l'expérience et au professionnalisme des techniciens de maintenance).

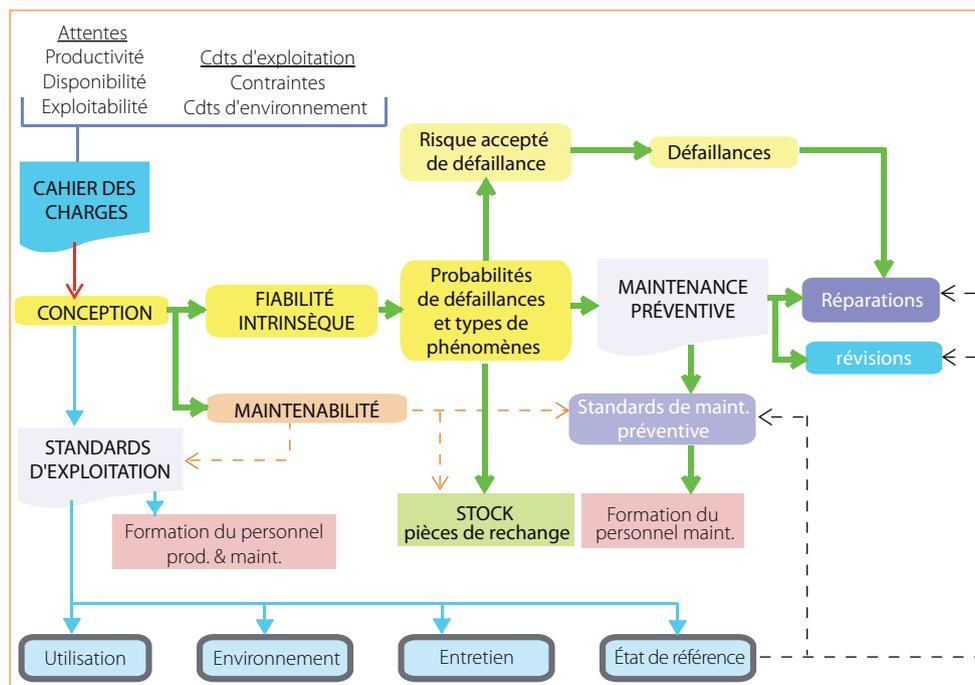
- **Les niveaux de connaissances et de savoir-faire exigés pour les opérateurs et les techniciens de maintenance**

La fiabilité intrinsèque

Cette fiabilité détermine la probabilité de défaillance compte tenu, bien entendu, des différents types de phénomènes de dégradation. Cette probabilité doit être comparée au risque accepté de défaillance (qui, normale-

[1] Ingénieur-conseil et instructeur TPM certifié JIPM. Courriel : jb@jean-bufferne.com

conception !



1 Les exigences imposées par un équipement

ment, a été défini dans le cahier des charges) afin de décider s'il est nécessaire ou non de réaliser une maintenance préventive et de définir le stock de pièces de rechange.

Nous voyons bien que la maintenance préventive est basée sur une prévision statistique de fiabilité et un niveau de risque accepté. Elle n'a pas pour but, et d'ailleurs ce n'est pas possible, de détecter les phénomènes hors contrôle, c'est-à-dire les dégradations forcées dues au non-respect des standards d'exploitation. La TPM met en évidence le fait que tant qu'il existe des causes de dégradation forcée la maintenance préventive est inefficace et onéreuse.

Les standards de maintenance préventive sont définis à partir de l'état de référence de l'équipement. De même, cette référence est essentielle pour définir la qualité attendue des réparations, mais aussi pour pouvoir expertiser les pièces avoisinantes qui ont pu supporter des contraintes excessives du fait

de la panne (la réparation ne se limite pas au dépannage ou au remplacement de la pièce défaillante).

La théorie des variations appliquée à la maintenance

Cette théorie, élaborée par Walter A. Shewhart en 1931 et diffusée par J. M. Juran et W. E. Deming, démontre qu'un système (dans notre cas un équipement ou une installation de production) peut être dans deux états distincts :

● L'état stable ou sous contrôle statistique

Les performances d'un tel équipement sont issues de sa conception et sont donc prévisibles ; elles sont distribuées de façon aléatoire autour d'une moyenne et présentent une dispersion maîtrisée **2**. Ce qui signifie que les prévisions adoptées pour définir une politique de maintenance (acceptation du risque de pannes, consommation de pièces de rechange, périodicité de

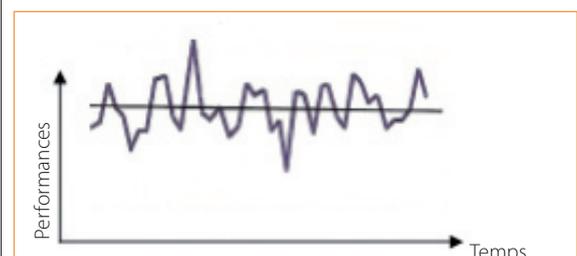
Rappels

- Le JIPM est le Japan Institute of Plant Maintenance.
- La TPM (Total Productive Maintenance) est une marque déposée par le JIPM. Cette démarche vise la performance économique de l'entreprise en intégrant le management et la responsabilisation des acteurs.
- Le TRG (Taux de Rendement Global) du JIPM équivaut au TRS (Taux de Rendement Synthétique) au sens de la norme NF E 60-182. C'est le ratio entre la quantité de produits bons fabriqués – donc vendables – et la quantité de produits bons du premier coup (BPC) que l'on aurait pu fabriquer dans des conditions idéales. Vous retrouvez ces notions et toutes celles qui s'y rattachent dans *Le Guide de la TPM* de Jean Bufferne, que nous vous avons déjà présenté (n° 155, avril 2008, p. 30), et qui vient d'être réédité par les Éditions d'organisation (coll. « Gestion industrielle »).

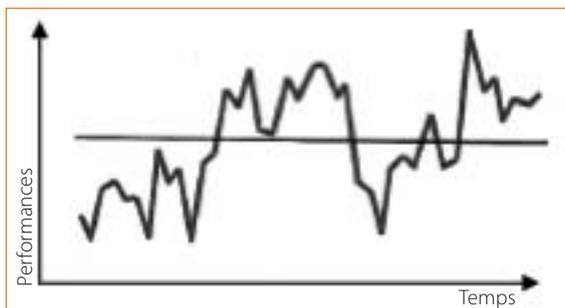


la maintenance préventive) restent valables durant la période d'utilisation de l'équipement si les standards d'exploitation sont respectés.

On dit que ce système est soumis à des *causes communes ou aléatoires*, dues au hasard, fréquentes, d'effet individuel faible, ayant des origines nombreuses et variées, indépendantes les unes des autres et très difficilement identifiables : interactions entre les tolérances définies comme acceptables (à la conception, dans l'usage et l'entretien du matériel), variation aléatoire des contraintes dues à la production et à l'environnement, limite de précision



2 Les performances d'un système stable



3 Les performances d'un système instable

des modes opératoires, des standards, des procédures, variabilité des matières premières, des outillages, dans les connaissances du personnel et dans l'application des modes opératoires...

● L'état instable

Un tel système est imprévisible 3. Production et maintenance subissent des secousses. Il est illusoire de faire des prévisions rationnelles d'augmentation de la capacité et de la disponibilité des équipements, de planifier la production (« juste à temps ») ou l'activité de maintenance, d'améliorer les équipements (il ne faut pas dépenser de l'argent, de l'énergie, des capacités d'études pour

rechercher des modifications alors qu'il suffit d'appliquer correctement les standards d'exploitation).

Le système est soumis à des causes spéciales ou sporadiques ou assignables (secousses), soudaines, peu fréquentes, issues de facteurs de variation peu nombreux, et identifiables : erreurs d'utilisation, d'entretien et de maintenance (pannes), mauvais réglages, matières défectueuses, dégradations forcées au sens de la TPM (voir les « rappels » en encadré)...

On dit qu'un système est dans un état stable ou sous contrôle statistique lorsqu'on a supprimé dans ce système toutes les causes spéciales.

La maintenance, qui a pour objectifs de supprimer les pannes imprévues, de réaliser une prévention efficace à un coût optimal, d'augmenter la disponibilité des équipements (augmentation de la moyenne et diminution de la dispersion) par l'amélioration de leur fiabilité, doit adopter deux stratégies différentes en gardant à l'esprit que *ce n'est qu'après avoir établi un état de contrôle statistique que l'on peut s'engager dans*

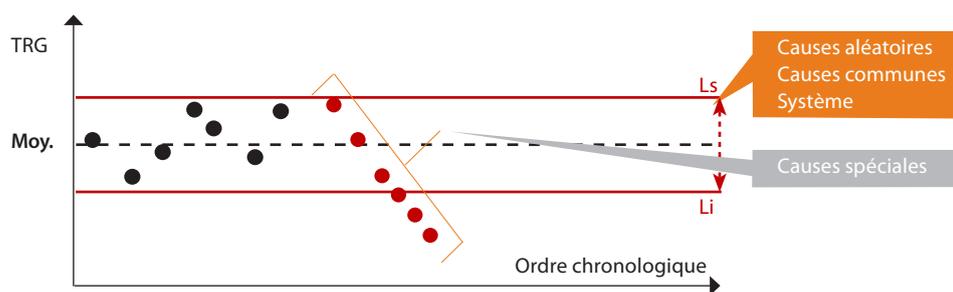
l'amélioration du processus avec quelque chance de succès 4.

Pour un système instable, les causes d'instabilité doivent être identifiées le plus tôt possible (le temps efface les indices du crime), pour standardiser les conditions dans le cas d'obtention d'un meilleur résultat et éliminer, le plus rapidement possible, les dégradations forcées dues au non-respect des conditions d'exploitation.

Pour un système stable, le seul chemin d'amélioration est d'adopter une stratégie de veille pour détecter le plus tôt possible les signes éventuels d'instabilité et y remédier (erreurs humaines, dégradations non détectées), d'augmenter la performance et de diminuer la dispersion. Dans un tel système, adopter une stratégie d'action intensive, c'est rechercher des causes qui n'existent pas, c'est risquer d'augmenter l'amplitude des variations, de rendre instable le système et de dépenser inutilement de l'argent. Parfois le besoin de certains d'agir en toute circonstance fait des ravages – je pense aux fiabilistes que l'on trouve aujourd'hui dans beaucoup de services de maintenance !

Système de production : ensemble d'activités matérielles, organisationnelles, humaines liées par une politique, une stratégie et une culture d'entreprise.

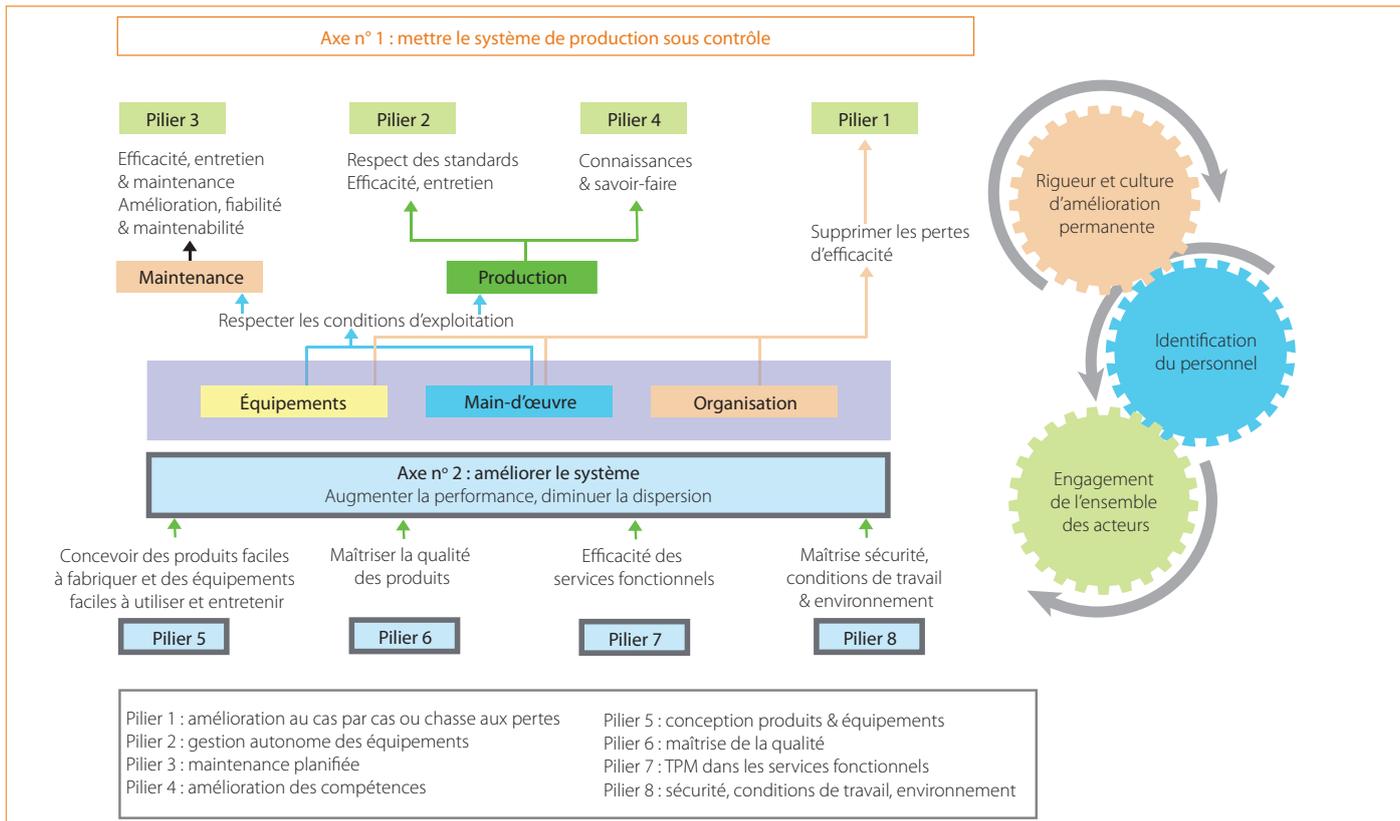
Les résultats obtenus ne sont jamais rigoureusement identiques. Il existe deux causes de variation.



Système instable : causes spéciales	Système sous contrôle : causes communes
Panne machine, erreur humaine (réglage, oubli, fausse manœuvre), qualité de la matière première, lissage de la production	Précision du mode opératoire, choix des investissements, choix des fournisseurs, conception du produit, formation, organisation
Soudaines, peu fréquentes, issues de facteurs de variation peu nombreux, d'effets individuels importants (large déviation), elles perturbent de manière irrégulière et imprévisible les processus de fabrication ou administratifs	Propres au système, nombreuses, fréquentes, attribuables au hasard, d'effet individuel faible mais permanent, habituellement acceptées petit à petit dans les processus
Erreur possible de type 2 : vouloir agir sur le système (organisation, conception de l'équipement, définition des standards, mode opératoire)	Erreur possible du type 1 : rechercher un fautif, un dysfonctionnement particulier « Aucun défaut propre au système ne peut être compensé par un plus grand effort des ouvriers »

L'amélioration continue d'un système ne peut être engagée que lorsque celui-ci est sous contrôle statistique (il n'existe plus de cause spéciale)

4 Système stable et système instable



5 Axes et piliers de la TPM

Il faut développer une maintenance dynamique, c'est-à-dire analyser sur le long terme les causes de défaillance en appliquant d'abord les méthodes traditionnelles d'analyse des causes, puis en utilisant, si nécessaire, des outils statistiques (l'analyse de la variance, la corrélation, ou l'analyse PM, une méthode créée par le JIPM et propre à la TPM), analyser les résultats de la maintenance préventive et les mettre en parallèle avec l'historique des pannes (vérifier que la maintenance préventive est efficace et adaptée).

Les conditions de progrès et la stratégie de la TPM

La TPM s'appuie fortement (sans y faire référence) sur la théorie des variations, qui fixe les conditions de progrès :

- ① On ne peut commencer à améliorer un processus avant qu'il ne soit stable, c'est-à-dire avant d'avoir fixé des standards d'exploitation et de les appliquer de manière rigoureuse.
- ② Les employés sont responsables de la bonne application des standards.
- ③ Aucun défaut propre au système ne peut être compensé par un plus grand effort ou une plus grande habileté des ouvriers.
- ④ Le management est responsable de l'amélioration du système (amélioration

des standards, de la conception, de l'organisation). Il apporte les changements sur la base des informations fournies par les employés.

⑤ On ne peut améliorer un processus sans la participation de tous ceux qui interviennent dans celui-ci. Aucune personne ne doit ignorer ce qui se fait (communication et partage d'informations entre production et maintenance et dans le travail posté).

⑥ On doit s'assurer que le processus concerné est connu de tous et qu'il est bien compris dans l'état où il est.

La TPM est basée sur le fait qu'il est impossible de prévoir (au sens statistique) et de maîtriser le comportement d'un système tant qu'il n'est pas stable ou sous contrôle statistique, c'est-à-dire tant que l'on n'a pas supprimé dans celui-ci toutes les causes spéciales de variation. La TPM qui, rappelons-le, est une démarche globale d'amélioration permanente des ressources industrielles (équipements, hommes, organisation) visant à la performance économique de l'entreprise, adopte une stratégie suivant deux axes primordiaux :

① **Obtenir l'efficacité maximale** du système de production existant en supprimant toutes les causes spéciales, c'est-à-dire en respectant les conditions normales d'exploitation, et

en retrouvant l'état normal des équipements (standards de conduite et d'entretien).

② **Créer les conditions idéales** de la performance industrielle.

Une fois la mise sous contrôle acquise (ou presque), l'entreprise peut s'engager dans l'amélioration continue du système.

La figure 5 montre la position des différents piliers de la TPM dans le développement de ces deux axes stratégiques. ■

► La TPM dans Technologie

- TAILLARD (Philippe), « Mesurer les performances d'un système de production », n° 154, mars 2008
 BUFFERNE (Jean), « La TPM : un système de production », n° 155, avril 2008
 BUFFERNE (Jean), « Maîtrise statistique et TRG », n° 168, mai-juin 2010

► En ligne

Le blog de l'auteur :

www.jean-bufferne.com

On y trouvera notamment le document « TRG-et-Deming-sans-exemple.pdf » (Methodologie TPM*\Exploitation du TRG), qui explique « comment construire un plan réaliste d'amélioration de la performance des équipements en distinguant actions à court terme et à moyen terme et en choisissant le bon chef de projet ».