

Livres Outils PERFORMANCE

Le guide de la TPM[®]

Total Productive Maintenance[®]



Jean Bufferne



Éditions
d'Organisation

Le guide de la TPM[®]
Total Productive Maintenance[®]

Éditions d'Organisation
Groupe Eyrolles
61, bd Saint-Germain
75240 Paris cedex 05

www.editions-organisation.com
www.editions-eyrolles.com



Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée notamment dans l'enseignement provoquant une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du Droit de copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2006

ISBN : 2-7081-3723-9

Jean BUFFERNE

Le guide de la TPM[®]

Total Productive Maintenance[®]

Éditions

d'Organisation

Sommaire

Avant-propos	9
---------------------------	---

Partie 1

La TPM® : quels objectifs, quels enjeux, quels résultats ?

Chapitre 1 – Qu'est-ce que la TPM® ?	17
Une orientation globale	17
Une démarche d'amélioration continue	18
TPM® et démarches de progrès	19
L'approche des processus sous contrôle statistique	21
Un outil fédérateur	23
Des méthodes de maintenance au management de la performance industrielle	27
Chapitre 2 – La TPM® : pourquoi ?	31
Obtenir l'efficacité maximale des équipements	31
Diminuer les coûts de revient des produits	32
Augmenter la durée de vie des équipements et réduire les coûts d'exploitation	33
Créer de la valeur opérationnelle	35
Obtenir l'efficacité maximale de toutes les fonctions de l'entreprise	35
Chapitre 3 – Objectifs de la TPM®	37
Valoriser et améliorer les ressources humaines	38
Améliorer le système de production	39
Créer l'exigence de rigueur	40
Chapitre 4 – Quels résultats obtient-on par la TPM® ?	41
Des résultats dans tous les domaines de la performance industrielle – P Q C D S M	41
Des résultats reconnus par des « prix PM »	43

Partie 2

La TPM® : quelle stratégie ? quelle méthodologie ?

Chapitre 5 – Des principes de développement aux piliers d'action	49
Les 5 principes de développement	49
Les 8 piliers stratégiques	52
Chapitre 6 – Pilier 1 : amélioration au cas par cas	55
Le système de production facteur de compétitivité	56
Un ratio très utile : le taux de rendement global des équipements (TRG)	57
Les 16 causes de pertes d'efficacité	61
Comment calculer le TRG ?	69
Comment évaluer l'impact du TRG sur le résultat d'exploitation ?	78
Comment définir les objectifs de TRG ?	78
Du TRG à l'amélioration au cas par cas	80
Quelles sont les liaisons entre l'amélioration au cas par cas et les autres piliers ?	81
Méthodologie de la chasse aux pertes	82
Mesurer les 8 pertes liées aux équipements	85
Comment supprimer les 8 pertes relatives aux équipements ?	86
Quels outils utiliser pour l'amélioration au cas par cas ?	97
Chapitre 7 – Pilier 2 : maintenance autonome	103
Dégradations forcées et dégradations naturelles	103
Quels sont les objectifs de la maintenance autonome ?	105
Détecter les anomalies	107
Faire la chasse aux anomalies	110
Conduire la maintenance autonome en 7 étapes	117
Quels sont les points clés de la réussite de la maintenance autonome ?	135
Une nécessaire complémentarité entre production et maintenance	136
Méthodes et outils utilisés par la maintenance autonome	138
Chapitre 8 – Pilier 3 : maintenance planifiée	141
De la fiabilité intrinsèque à la fiabilité opérationnelle	142
Quelles sont les différentes missions de la maintenance ?	144
Pourquoi la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace ?	145
Quelles sont les différentes phases de la maintenance planifiée ?	148
Quelles sont les conditions de mise en œuvre du pilier 3 ?	153

Comment choisir la politique de maintenance d'un équipement ?	156
Les différentes activités de maintenance	160
Évolution de la fonction maintenance	165
Chapitre 9 – Pilier 4 : amélioration des connaissances et du savoir-faire	167
Quelles sont les compétences nécessaires aux opérateurs ?	168
Quelles sont les compétences nécessaires aux techniciens de maintenance ? ...	169
Utiliser la roue de Deming pour développer le pilier 4	170
Chapitre 10 – Pilier 5 : conception produits et équipements	173
Un exemple de résultats	174
Conduire un projet conception	175
Quels sont les objectifs du pilier 5 ?	177
Quels sont les apports du pilier 5 ?	179
Comment obtenir la maîtrise initiale du procédé ?	181
Paramètres de définition de l'installation	184
Chapitre 11 – Pilier 6 : maintenance de la qualité	185
Les 10 étapes de la maintenance de la qualité	188
Chapitre 12 – Analyse PM ou 2P 5M	195
Que signifie 2P 5M ?	195
Rappel : qu'est-ce qu'un processus sous contrôle ?	196
Quel est le principe de l'analyse 2P 5M ?	198
Les 8 étapes de l'analyse 2P 5M	198
Synthèse des étapes	209
Points clés de l'analyse 2P 5M	210
Chapitre 13 – Pilier 7 : TPM® des services fonctionnels	213
Comment réaliser la chasse aux pertes dans les bureaux ?	214
Comment développer la maintenance autonome dans les bureaux ?	215
Comment appliquer la maintenance autonome dans les entrepôts et stockages ?	217
Chapitre 14 – Pilier 8 : sécurité, conditions de travail, environnement	219

Partie 3

Développement et pérennisation de la TPM®

Chapitre 15 – Mise en œuvre de la TPM®	223
Comment développer la démarche TPM® ?	223
Comment préparer l'action ?	224
Comment déployer la démarche ?	225
Comment réunir les conditions de la réussite ?	234
Comment pérenniser la démarche ?	236

Annexes

Annexe 1 – Démarches, méthodes, outils de progrès	241
Annexe 2 – Impact du TRG sur le résultat d'exploitation	247
Annexe 3 – Matrice des pertes	249
Annexe 4 – Suivi du TRG	253
Annexe 5 – Fiche projet chasse aux pertes	257
Annexe 6 – Audit étape 1	259
Annexe 7 – Standard provisoire de nettoyage	263
Annexe 8 – Fiche d'amélioration	265
Annexe 9 – Standard provisoire de maintenance autonome	267
Annexe 10 – Leçon ponctuelle	271
Annexe 11 – Remarques relatives à l'application de l'AMDEC à un plan de maintenance	273
Annexe 12 – Planning pilier 3	277
Annexe 13 – Processus de conception	279
Annexe 14 – Matrice analyse qualité	283
Annexe 15 – Analyse 4M	285
Annexe 16 – Exemple analyse 2P 5M	287
Annexe 17 – Master Plan	293
Bibliographie	295

Avant-propos

Les entreprises se distinguent au niveau de leur performance industrielle par la **disponibilité**, la **productivité** et la **flexibilité** de leurs ressources ainsi que par l'obtention de faibles **coûts de revient**.

Lorsqu'une entreprise envisage de travailler en Juste à Temps et à stock Zéro elle ne doit pas oublier qu'elle ne pourra pas respecter les délais qu'elle a annoncés à ses clients si elle n'est pas certaine que :

- les machines et les outillages seront disponibles durant tout le temps prévu,
- les quantités lancées seront obtenues (produits bons),
- les temps prévus sont exacts et seront respectés.

Pour cela l'entreprise doit avoir supprimé l'imprévu et le hasard dans ses activités de production. Après en être arrivé là, il lui sera possible d'envisager d'appliquer le Juste à Temps.

Dans les usines, les stocks et les encours sont créés pour pallier les imprévus tels que :

- pannes machines, non qualité, manque de personnel,
- défauts matières, obligation de changement de série,
- temps de changements de série, etc.

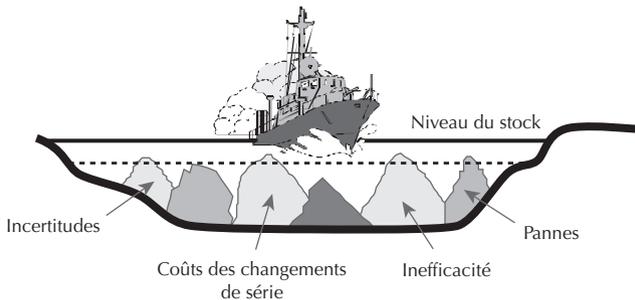
On assimile parfois le niveau des stocks au niveau d'eau que l'on est obligé de maintenir dans un chenal pour faire circuler les bateaux en sécurité malgré les marées, les récifs, les épaves et les différences de tirants d'eau entre navires.

L'approche habituelle est une exigence de la direction, très souvent à la suite d'un audit, d'abaisser le niveau d'eau ou du stock de x %.

Si nous reprenons l'exemple du chenal, cette décision a pour effet d'obliger le bateau à zigzaguer entre les récifs et donc de rendre plus difficile la navigation. Dans un atelier cela est pire puisqu'on augmente encore plus les contraintes.

Figure 1 – Progrès permanent

Just in time – Taichi OHNO (TOYOTA) – :
Obtenir les matières, composants ou produits finis de qualité,
en quantité juste nécessaire, au moment opportun et sur leur lieu d'utilisation.



Juste à temps = philosophie, état d'esprit.

L'approche Japonaise semble beaucoup plus logique. Elle consiste à baisser petit à petit le niveau d'eau. Chaque fois qu'un récif apparaît on le détruit sur une hauteur correspondant aux moyens dont on dispose. Une fois les récifs apparents supprimés on peut baisser à nouveau le niveau. Ce qui permet d'en faire apparaître de nouveaux et de les détruire.

C'est en fait la démarche Kaizen de progrès permanent, à petit pas et de manière continue.

Certains dirigeants rétorqueront que leurs impératifs financiers ne leur permettent pas de résoudre leurs problèmes de cette façon. Il faut faire vite, être réactif, avoir des résultats immédiats. Est-il préférable d'obtenir des résultats rapides mais éphémères, nécessitant des dépenses et très souvent des moyens de contrôle supplémentaires ou d'obtenir à plus long terme des résultats importants, de manière définitive ?

La TPM[®] veut traiter les vrais problèmes, supprimer leurs causes premières et assurer la pérennisation des actions même si cela a un effet d'annonce limité.

Une entreprise se caractérise par :

- sa valeur à court terme (dividendes distribués aux actionnaires),
- sa valeur à long terme (évolution dans le temps de la valeur de l'entreprise et/ou de ses actions),
- et enfin sa valeur opérationnelle : valeur non chiffrable qui tient compte de la culture de l'entreprise, de son organisation, du ressenti de son personnel d'appartenir à un groupe.

Aujourd'hui, la création de valeur est confiée à des gérants d'épargne, opérant avec des horizons très courts qui ont pour vocation d'optimiser le rendement des capitaux. Alors que la TPM[®] vise la performance économique de l'entreprise mais aussi la création de valeur opérationnelle. Ce facteur de la performance industrielle ne peut pas être chiffré et s'intègre difficilement dans les résultats à court terme. La valeur opérationnelle d'une entreprise ne peut être ni dérobée par les concurrents, ni copiée. C'est elle aujourd'hui qui crée la différence entre les entreprises.

L'implication, l'habitude de « tuer les problèmes », le réflexe d'amélioration permanente sont essentiels dans la création de la valeur opérationnelle d'une entreprise.

La TPM® vise fondamentalement le développement des facteurs :

- d'identification : implication, responsabilisation, apprentissage, autonomie, solidarité, reconnaissance,
- d'exigence : excellence, progrès permanent, compétences, qualité, sécurité,
- de rigueur : méthodes, organisation, transparence, efficacité, fiabilité, verrouillage des actions.

Pour arriver à cela la TPM® a la volonté d'écouter, de faire participer l'ensemble du personnel, de bénéficier de son expérience et de son savoir-faire pour améliorer la disponibilité et la qualité, démarrer plus rapidement les nouveaux produits ou les nouveaux équipements et donc de diminuer les coûts.

« Sans la conscience professionnelle ou la bonne volonté des salariés, les objectifs de production et de qualité fixés par les managers seraient rarement atteints » (Critique de l'organisation du travail, T. Coutrot, La Découverte, 1999).

Est-ce qu'il faut écrire des procédures pour satisfaire les clients à travers des référentiels qualité ou faire comprendre à tous pourquoi il est nécessaire de respecter certaines règles ?

Les Japonais disent que nous créons des procédures bureaucratiques en espérant contraindre les *« possibles dissidents à respecter des règles de travail, alors qu'ils établissent, dans leurs entreprises, des procédures culturelles. » (Le Modèle Japonais de gestion, A. Bourguignon, La Découverte, 1993).*

Au Japon les solutions, les règles sont définies en commun, chacun les comprend et s'engage à les appliquer. Le temps « perdu » dans cette phase préalable est vite récupéré car les tergiversations et les remises en cause sont beaucoup plus rares.

Vous trouverez de nombreuses fois dans la démarche TPM[®] cette notion d'investissement initial qui permet de trouver le temps d'éliminer les dysfonctionnements, de consolider, de rendre pérenne chaque action. Beaucoup d'entreprises reconnaissent que pour 1 euro investi dans la TPM[®] elles ont gagné 5 euros durant les 4 ou 5 années suivantes.

La TPM[®] apporte un changement de culture dans l'entreprise, cela ne peut se faire rapidement. En général on planifie au minimum le projet sur 3 à 4 ans.

Partie 1

LA TPM[®] : QUELS OBJECTIFS, QUELS ENJEUX, QUELS RÉSULTATS ?

Chapitre 1

Qu'est-ce que la TPM® ?

Une orientation globale

La TPM® est une **démarche globale** d'amélioration permanente des **ressources de production** qui vise la **performance économique** des entreprises.

C'est une **démarche globale** dans le sens où elle concerne tous les hommes, du directeur à l'opérateur mais aussi toutes les fonctions de l'entreprise.

Les **ressources de production** sont constituées :

- des équipements bien entendu,
- des hommes et des femmes, en particulier de production et de maintenance,
- de l'organisation qui implique l'ensemble du personnel de tous les autres services de l'entreprise. Ceux-ci intervenant au niveau des moyens et des informations qu'ils fournissent à la production mais aussi malheureusement par les contraintes qu'ils génèrent.

Sans la participation et l'implication des hommes, les plus belles démarches même japonaises, restent sans effet. Ceux-ci doivent trouver un

avantage dans la démarche ; ce n'est pas toujours l'aspect financier même s'il est mis en avant. Cet argument financier masque parfois des besoins plus profonds.

Un des avantages irréfutable pour les opérateurs est que « Ça fait du bien d'enlever le caillou que l'on a dans sa chaussure ».

Ce caillou peut être la monotonie, l'attitude de la hiérarchie, le sentiment de ne pas être écouté, reconnu, les difficultés rencontrées pour réaliser son travail dans des conditions normales (difficultés dues au matériel, aux matières premières, à l'organisation). Il peut être aussi le besoin de se sentir utile, de pouvoir résoudre les problèmes rencontrés.

Une démarche d'amélioration continue

Les Japonais ont atteint leur niveau de performance industrielle en faisant essentiellement des choses simples, qu'ils ont souvent empruntées à d'autres pays. Mais ils le font de manière rigoureuse et continue. S'ils rencontrent des difficultés ils recherchent, avant de vouloir modifier la démarche ou pire la rejeter, à comprendre pourquoi ils n'arrivent pas aux résultats escomptés. Ensuite ils essaieront de l'améliorer.

Adopter une démarche TPM® c'est accepter de ne pas compter sur des recettes miracles, de ne pas vouloir considérer que la seule solution valable est celle qui règle tout. Celle-ci est malheureusement souvent hors de portée immédiate.

Dans nos entreprises, les démarches de résolution de problèmes se traduisent souvent par des solutions palliatives (mise en place d'un contrôle, d'une procédure, d'une sécurité, d'un détecteur, d'un automatisme) qui compliquent encore le travail de l'opérateur et dont la fiabilité propre diminue celle de l'ensemble du procédé.

Il est souvent plus facile de décider d'une mesure palliative plutôt que de trouver la cause première d'un dysfonctionnement.

La TPM® a pour objectif de supprimer les causes premières en utilisant certains outils mais surtout en faisant preuve de rigueur dans leur utilisation et en acceptant de se remettre en cause.

TPM® et démarches de progrès

Le JIPM précise que pour obtenir la performance économique de l'entreprise il est indispensable de viser les 5S (c'est un clin d'œil à l'outil 5S - Seiri - Seiko - Seiso - Seiketsu - Shitsuke) qu'ils ont utilisé lors de la création de la démarche) :

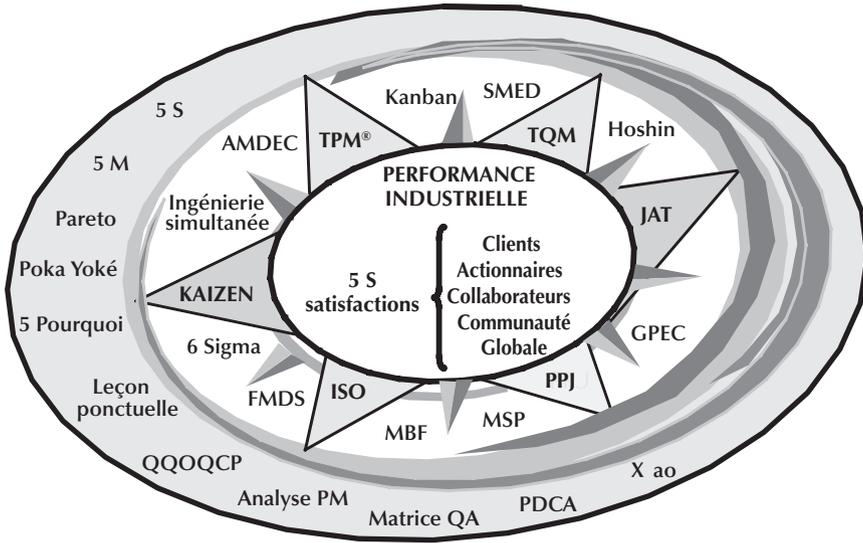
- Satisfaction des clients,
- Satisfaction des actionnaires (résultats opérationnels),
- Satisfaction des collaborateurs,
- Satisfaction de la collectivité (intégration de l'entreprise dans son environnement social et physique),
- Satisfaction ou respect d'un équilibre entre les 4 S précédents.

Les entreprises disposent de nombreuses démarches qui s'appuient sur des méthodes nécessitant elles-mêmes l'utilisation d'une panoplie d'outils. Méthodes et outils étant ou non spécifiques.

Chaque prescripteur présente son domaine comme le plus performant en mélangeant souvent :

- Mode de raisonnement (Démarche),
- Manière de faire (Méthodes),
- Instruments ou outils.

Figure 1.1 – TPM® et démarches de progrès



La figure 1.1 tente de hiérarchiser ces différents éléments :

Les démarches :

- Qualité Totale (TQC puis TQM),
- Juste à Temps (JAT),
- Production au Plus Juste (ou Lean Production issue des méthodes du Système de Production Toyota),
- ISO 9000 version 2000, si elle n'est pas dévoyée,
- TPM®.

Elles permettent d'obtenir la performance industrielle. Suivant la sensibilité des dirigeants, la culture de l'entreprise, le besoin immédiat, l'une de ces démarches sera privilégiée. Ces démarches développent toutes des principes de management, seule la TPM® fournit le COMMENT.

Les méthodes : Hoshin, Kanban, etc.

Les outils : 5S, Poka Yoké, etc.

La TPM® privilégie les outils tels que la leçon ponctuelle, les 5 Pourquoi et en a créé d'autres tels que les matrices QA (Assurance Qualité) et l'analyse PM.

L'annexe 1 définit les différents termes utilisés en s'attachant à distinguer démarches, méthodes et outils.

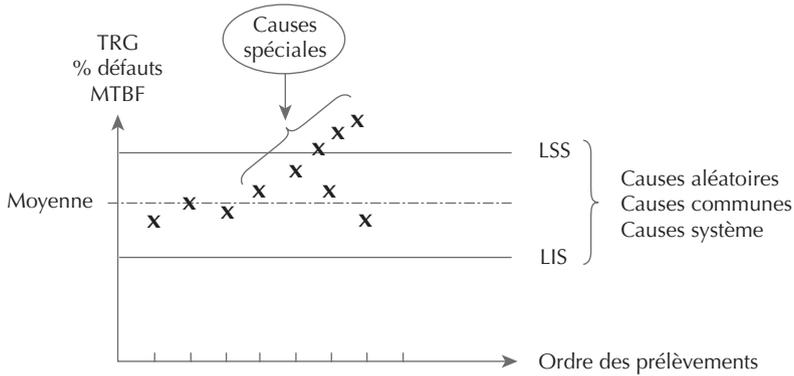
L'approche des processus sous contrôle statistique

Nous nous référerons au livre de W. Edwards Deming « Hors de la crise » traduit par Jean-Marie Gogue aux éditions Economica.

Lorsqu'on examine l'évolution dans le temps des paramètres de sortie d'un processus (qualité, productivité, disponibilité, réclamations clients, etc.) on constate que les résultats varient de l'un à l'autre et s'écartent plus ou moins de leur moyenne. Ces variations de part et d'autre de la moyenne se situent entre des limites supérieures et inférieures qui peuvent être calculées (notion de 3 Sigma ou écarts types). Elles sont dues à des causes **aléatoires** ou causes **communes**. Ces causes sont généralement nombreuses, d'effet individuel faible mais permanent.

Pour Deming ce type de désordre que l'on trouve dans les activités de production ou de service provient du **système**. Ce dernier est constitué du management, de l'organisation, de la définition des produits, du choix des procédés, des équipements, des moyens attribués,...

Figure 1.2 – Stabilité d'un processus



Tant que les différentes valeurs obtenues restent dans des limites hautes et basses LSS et LIS (voir figure 1.2) on dit que le processus est **stable** ou sous **contrôle statistique**. Pour un tel processus on peut prévoir et planifier les résultats.

Il arrive qu'une série de 7 ou 8 points consécutifs soient tous alignés au-dessus ou au-dessous de la moyenne ou s'en écarte de manière conséquente. Ce phénomène est dû à des facteurs de variation peu nombreux d'effet individuel important qui proviennent d'événements soudains et peu fréquents nommés **causes spéciales** ou **causes sporadiques**.

Tant que ces causes spéciales existent le processus n'est pas stable et n'est donc pas sous contrôle statistique. Il peut arriver une catastrophe à tout moment.

Une activité est dite sous contrôle statistique lorsqu'il n'existe plus de cause spéciale.

W. E. Deming précise : « Une erreur d'interprétation consiste à supposer que chaque accident ou défaut est imputable à un événement particulier bien connu, généralement parce qu'il est d'actualité.

Il peut arriver qu'un défaut soit imputable à une erreur flagrante d'un opérateur mais **la plupart du temps les désordres que l'on trouve dans une activité de production ou de service proviennent du système.** »

W. E. Deming estime d'après son expérience que la plupart des problèmes et donc la majorité des possibilités d'amélioration se répartissent de la manière suivante :

- 94 % appartiennent au système, le management en est responsable,
- 6 % sont issus de causes spéciales.

W. E. Deming nous rappelle 3 points fondamentaux que nous devons garder en mémoire tout au long de la démarche TPM® et que nous n'oublions pas de rappeler :

1. La suppression d'une cause spéciale ne fait que remettre le système dans l'état où il aurait dû toujours rester.
2. Lorsque le contrôle statistique est une chose acquise, les ingénieurs peuvent s'engager dans l'amélioration continue du processus.
3. Avant de vouloir appliquer les statistiques, il faut s'assurer que les données sont produites sous contrôle statistique.

Un outil fédérateur

Il est essentiel de comprendre que la TPM® n'est pas :

- une nouvelle méthode de maintenance,
- la méthode des 5 S (débarrasser, ranger,),
- la maintenance de 1^{er} niveau ou l'auto maintenance,
- l'application des cercles de qualité aux équipements.

Mais l'outil fédérateur de ces différentes approches.

L'intégration du terme Maintenance dans Total Productive Maintenance fait croire à beaucoup qu'il ne s'agit que de maintenance dans le sens habituel.

Le mot **maintenance** est utilisé par le JIPM comme « l'ensemble des actions qui permettent à l'entrepreneur de conserver et d'améliorer son patrimoine ».

Pour éviter les quiproquos créés par le mot maintenance nous préférons utiliser le terme de « Management des ressources de production ». Ceci tout en respectant, en tant qu'instructeur TPM®, la stratégie et la méthodologie de la démarche telles qu'elles sont proposées par le JIPM.

TPM® et méthodes de maintenance

Les ressources de production intègrent les équipements et donc leur maintenance. On se rappellera que la fiabilité d'un équipement est donnée pour des conditions standards d'exploitation bien définies (production et maintenance).

La TPM® change fondamentalement l'approche habituelle de la maintenance industrielle. Elle nous fait prendre conscience que tant qu'il existe des causes de dégradations forcées dues au non respect de ces conditions standards, **la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace.**

De plus, la TPM® met en évidence que nous appliquons souvent dans les usines une prévention **secondaire** qui suivant la définition du petit Larousse, tente de détecter et de traiter précocement les phénomènes alors que nous devrions réaliser une prévention **primaire**. C'est-à-dire empêcher l'apparition des phénomènes. Mais pour cela il nous manque la capacité d'analyse des causes de pannes. (cf. les chapitres concernant la maintenance autonome et la maintenance planifiée).

TPM® et 5 S traditionnels

Les 5S sont traduits habituellement par Débarrasser – Ranger – Nettoyer – Standardiser – Pérenniser. Pour le JIPM, l'évolution du concept TPM® peut être définie par le tableau suivant.

	CONCEPT INITIAL DES 5S	CONCEPT ACTUEL
Domaine d'application	Équipements & Environnement de travail	Système de production
Cible	Chasse aux pannes	Chasse aux pertes
Actions vis-à-vis de l'outil de production	Approche centrifuge : l'équipement est examiné à la jumelle pour une vision extérieure	Les équipements sont inspectés à la loupe pour détecter et corriger toutes les anomalies
Type de démarche	Démarche opérateur	Démarche globale d'entreprise
Objectifs	Augmentation productivité 5 à 25 %	Augmentation productivité 15 à 50 % Diminution des coûts industriels 15 à 30 %

Il est certain que la propreté, le rangement de l'espace de travail, des ateliers et des bureaux sont le reflet du professionnalisme des opérateurs, des techniciens de maintenance, des dirigeants donc de toute l'entreprise. Toutefois il ne suffit pas de le décréter ou de réaliser des audits pour que cela soit effectif. Certains prétendent que les 5 S sont un préalable à une démarche TPM®, ce n'est pas vrai !

Dans la phase initiale de la TPM® on réalise le nettoyage de l'équipement jusqu'au cœur afin d'examiner ce dernier à la loupe pour détecter toutes les causes possibles de dégradations. On dispose d'une méthode et d'outils pour détecter ces anomalies, pour surveiller leur éventuelle réapparition et surtout, ce qui est essentiel, supprimer leur cause première.

TPM® et maintenance de 1^{er} niveau

Le rôle principal des opérateurs est de produire, aussi la TPM® ne cherche-t-elle pas à les transformer en techniciens de maintenance.

Par contre elle va bien au-delà. Elle veut élever le niveau de connaissance des opérateurs (connaissance du process et technologie des équipements) afin qu'ils puissent devenir **responsables de la qualité de leurs équipements**.

Etre responsable de la qualité de son équipement c'est l'utiliser conformément à ce qui a été prévu, être attentif à tous les signes précurseurs d'anomalies de fonctionnement et pouvoir les décrire.

Il ne suffit pas, comme le sous-entend DEMING que le management décrète cette responsabilité. Il doit lui-même mettre en place les conditions nécessaires au développement et à l'application de cette responsabilité. Si le nouveau produit lancé en fabrication conduit à dépasser les limites de fonctionnement des machines, l'opérateur n'y peut rien et risque de baisser les bras.

On cherche à améliorer de manière continue les équipements, les méthodes, le savoir-faire des opérateurs afin de convertir le temps nécessaire à l'exécution de nettoyages fastidieux en des tâches d'inspection, d'amélioration des équipements ou des conditions de travail. La performance ainsi obtenue permet de consacrer un peu de ce temps à l'entretien des équipements et à la recherche des améliorations.

TPM® et cercles de qualité

Dans les années 80, les cercles de qualité ont fait appel au volontariat du personnel. Celui-ci choisissant un sujet d'amélioration de ses méthodes de travail, de la productivité ou de la qualité.

La TPM® utilise l'expérience et le savoir-faire des opérateurs pour améliorer les équipements, les méthodes et les conditions de travail. Mais

elle développe une méthodologie et un outil de mesure, le TRG, qui lui permet de détecter et de mesurer les **vrais problèmes**. C'est une démarche obligatoire qui s'intègre dans la mission des opérateurs.

Elle permet d'éviter le piège dans lequel sont tombés les cercles de qualité et qu'a révélé DEMING. Ces cercles ont travaillé sur les causes spéciales : donc sur 6 % des causes de dysfonctionnement. Ils ont atteint après quelques années leur limite d'efficacité. Les problèmes restant à résoudre étaient ceux incombant au management.

On dit souvent que dans la TPM® il y a du travail pour tous. Il faut donc que chaque membre de l'entreprise assume la tâche qui lui revient.

Des méthodes de maintenance au management de la performance industrielle

La TPM® est née au Japon dans les années 70. Le JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) organisme de formation et de conseil en maintenance industrielle (Plant Maintenance) avait pour mission d'aider les entreprises à développer les méthodes de maintenance préventive créées par les Américains.

Les consultants du JIPM constatèrent que la maintenance préventive était moins efficace qu'ils l'espéraient. Ils cherchèrent à comprendre pourquoi. L'analyse leur permit de se rendre compte qu'il ne servait à rien de programmer des inspections ou des remplacements systématiques si on ne pouvait se fier à des prévisions de fiabilité du fait du non respect des conditions d'exploitation des équipements.

Il fallait donc, pour respecter ces conditions et éviter en particulier les dégradations dues aux salissures, associer les utilisateurs, donc les opérateurs, à ces méthodes de prévention.

Les méthodes PM (Préventive Maintenance), CM (Maintenance Corrective au sens d'amélioration), MP (Prévention de la Maintenance) d'origines Américaines ont alors été complétées par la Productive Maintenance (PM). Initialement c'est un travail commun Production / Maintenance pour diminuer les pannes. Cela nécessitait le respect des machines par les 5 S (dont la propreté) et la réalisation d'une maintenance préventive. Le JIPM créa, en s'inspirant du Système de Production Toyota, un outil de mesure, le TRG (traduction de l'OEE : Overall Equipment Efficiency) permettant de suivre la performance des moyens de production.

En 1970, devant la réussite de cette démarche le MITI (Ministère du Commerce et de l'Industrie, aujourd'hui METI) a demandé au JIPM de promouvoir la démarche PM auprès des entreprises Japonaises.

Depuis, la TPM® a évolué vers une démarche globale de progrès et de management de la performance industrielle.

TPM® et Total Productive Maintenance® sont des marques déposées (Dépôts N° 966 13549 et 134 6402). Le JIPM ne protégeant pas sa marque, celle-ci est souvent proposée et appliquée sous des formes adaptées qui négligent, pour répondre aux exigences du court terme, les éléments qui assurent sa cohérence et sa pérennisation. Les entreprises décident d'emblée de ne pas appliquer l'ensemble de la démarche, la jugeant trop lourde alors que celle-ci est progressive. Ils perdent ainsi une grande part de son efficacité et la possibilité de créer et pérenniser le changement de culture de leur entreprise.

La TPM® est souvent associée à d'autres démarches alors qu'elle est par elle-même une démarche de progrès. Il est plus facile d'intéresser un dirigeant en lui proposant l'amélioration à court terme du TRG ou la maintenance de 1^{er} niveau.

Il faut avoir été formé par le JIPM pour être « Instructeur TPM® » (Marque déposée N° 966 13550) et être reconnu par cet organisme pour accompagner les entreprises vers l'obtention des prix PM (Productive Maintenance). Ces prix seront présentés au chapitre 4.

Chapitre 2

La TPM[®] : pourquoi ?

La TPM[®] a pour objectifs :

- d'obtenir l'efficacité maximale des équipements,
- de diminuer les coûts de revient des produits,
- d'optimiser le coût d'exploitation des équipements (Life Cycle Cost),
- d'améliorer la valeur opérationnelle de l'entreprise,
- de développer l'efficacité maximale de tous les secteurs de l'entreprise.

Obtenir l'efficacité maximale des équipements

Cette efficacité est mesurée par le Taux de Rendement Global - TRG. Celui-ci sera détaillé dans le chapitre suivant. Il peut s'exprimer très simplement par :

TRG = Quant. de produits bons fabriqués / Quant. possible dans les conditions idéales

Cette relation nécessite (et c'est sur ce point qu'éclatent les différends entre utilisateurs), de fixer le **temps de référence** durant lequel on comptera les pièces ainsi que les **conditions idéales**.

Un TRG de 50 %, ce qui est très courant, signifie que la moitié seulement du potentiel de l'équipement est utilisée. D'où la chance que nous avons de pouvoir :

- diminuer les coûts de revient (même valeur des frais fixes pour une quantité plus importante de produits fabriqués),
- réduire les besoins d'investissements,
- améliorer la flexibilité des moyens de production,
- faciliter la maintenance des équipements.

Les responsables du JIPM nous disent souvent que dans nos usines nous sommes installés sur une « montagne de trésors ». A nous de les exploiter.

Diminuer les coûts de revient des produits

La performance des équipements intervient sur le coût de revient mais il existe d'autres pertes d'efficacité du système de production qui entraînent des surcoûts :

- **directs** : surconsommation de matière, d'énergie, usure d'outillages, retouches des produits en dehors de la ligne, etc.
- **indirects** : pénalités de retard, heures supplémentaires, etc.

La TPM® s'attaque à l'ensemble des pertes d'efficacité des ressources de production afin d'augmenter la performance industrielle de l'entreprise.

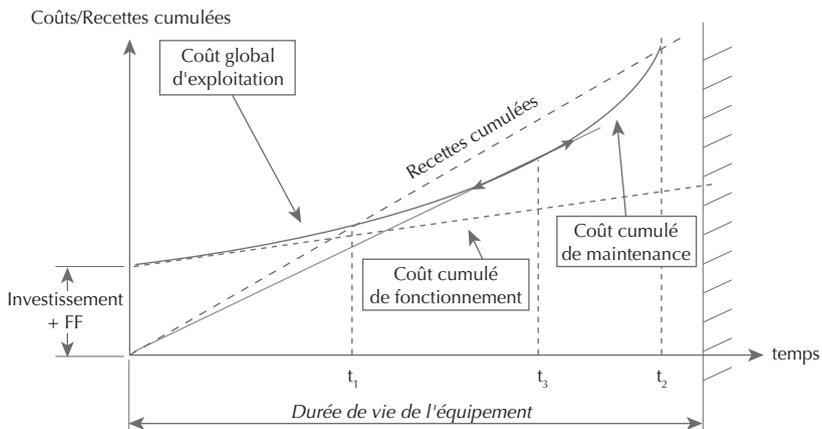
Augmenter la durée de vie des équipements et réduire les coûts d'exploitation

La notion de Life Cycle Cost ou coût cumulé d'exploitation d'un équipement a été développée par le ministère de la défense américain étonné de la valeur du ratio : Coût annuel d'exploitation du matériel / Coût d'achat.

Le Life Cycle Cost d'un équipement comprend :

- le coût d'investissement (qui intègre tous les coûts afférents à celui-ci, y compris le coût éventuel de démantèlement),
- les coûts de production ou d'utilisation,
- le coût global de maintenance (coûts de maintenance + coûts de défaillance + coûts de possession des stocks de pièces de rechange).

Figure 2.1 – Coût global d'exploitation (Life Cycle Cost)



Le LCC (représentée par la figure 2.1 page précédente) intègre toujours la durée de vie prévisionnelle de l'équipement, celle-ci peut être fixée en fonction de prévisions concernant :

- la durée de vie du produit fabriqué,
- la durée de vie technologique de l'équipement,
- sa durée de vie technique (dégradation).

Il est évident qu'un équilibre doit être trouvé entre les 3 composantes du LCC. L'économie réalisée sur l'investissement initial par les services Achats ou Financiers peut avoir un impact néfaste sur les 2 autres composantes.

La TPM® prévoit que tous les acteurs concernés par un nouvel équipement participent à :

- la conduite ou planification des projets,
- la définition du cahier des charges d'un investissement,
- les revues de projet qui permettent de réagir le plus en amont possible sur les éléments susceptibles de dégrader la productivité, la fiabilité, la maintenabilité, la capabilité et la disponibilité de l'équipement.

Remarques :

1. L'expérience et le souci de rigueur acquis par l'ensemble de l'entreprise dans la recherche permanente de la performance des équipements est bénéfique pour obtenir :
 - l'adaptation des ressources de production à l'évolution des marchés (en particulier à l'automatisation qui exige de diminuer la dispersion des caractéristiques des produits et donc une meilleure capabilité des équipements),
 - l'augmentation de la durée de vie des équipements. Aujourd'hui les constructeurs automobiles souhaitent que la durée d'utilisation de leurs équipements ne soit plus limitée par la durée de vie des produits et veulent réutiliser leurs lignes de fabrication pour de nouveaux modèles,

- la définition et l'amélioration du cahier des charges des nouveaux produits et équipements.
2. Les projets d'automatisation destinés à diminuer les coûts de revient devraient passer au crible du LCC et du TRG. N'oublions pas que si l'on peut faire passer le TRG d'un équipement de 40 à 80 % cela signifie que l'on peut disposer d'un second équipement sans avoir à investir.

Créer de la valeur opérationnelle

A tous les niveaux, une personne qui est impliquée, qui a acquis des réflexes de rigueur, de recherche permanente de progrès et qui accepte de progresser à petit pas (notion de Kaizen) représente une aide non négligeable pour améliorer la qualité, la disponibilité, la productivité des équipements mais aussi pour définir et démarrer des nouveaux produits et/ou des nouveaux équipements.

Obtenir l'efficacité maximale de toutes les fonctions de l'entreprise

Les services Production et Maintenance ont un fort impact sur la performance des ressources de production.

Mais cette performance nécessite aussi :

- de concevoir des produits facilement réalisables,
- de disposer d'équipements fiables et faciles à exploiter (production et maintenance),
- de fixer des modes opératoires adaptés,
- de définir les conditions nominales d'exploitation des équipements,
- d'établir sans ambiguïté les critères de qualité tenant compte du besoin du client,

- de recevoir des informations fiables (ordonnancement, stock, coûts, résultats),
- de pouvoir s'appuyer sur des systèmes administratifs et informatiques apportant une valeur ajoutée (éléments d'analyse et de progrès),
- d'améliorer les connaissances et le savoir-faire des individus,
- de s'appuyer sur un système de management participatif.

Il faut donc que toutes les fonctions de l'entreprise soient engagées dans l'obtention de la performance industrielle et améliorent aussi leurs performances internes.

Ceci est d'autant plus facile que cette démarche est initiée par la direction générale exigeant de chacun la réalisation du travail qui lui est demandé par la TPM® .

Remarque :

Une entreprise engagée dans une démarche TPM® demande naturellement à ses sous-traitants d'appliquer eux aussi cette démarche.

Chapitre 3

Objectifs de la TPM®

La TPM® a pour objectif de régénérer la culture de l'entreprise par l'amélioration des **ressources humaines** et du **système de production**. Cette culture d'entreprise s'appuie sur de nouvelles exigences :

- ne plus accepter de pannes (pour les Japonais, la honte de l'entreprise) et de conflits structurels entre Production et Maintenance (tu casses, je répare, nous nous plaignons et nous nous montrons réciproquement du doigt),
- supprimer l'idée de fatalité,
- ne plus accepter l'à-peu-près dans la propreté et l'état des équipements,
- rechercher la cause première des problèmes,
- avoir en permanence le souci d'amélioration.

Ce changement de culture consiste à rendre le manager des ressources de production responsable de la qualité des équipements, du savoir-faire du personnel et de l'efficacité de son organisation. C'est aussi rendre les opérateurs responsables de la qualité de leur équipement c'est-à-dire :

- les utiliser conformément aux conditions de base,

- les nettoyer, surtout aux endroits stratégiques,
- détecter et signaler les prémices des dégradations, les réparer eux-mêmes lorsque c'est possible.

Cela nécessite bien entendu de les former, de leur attribuer le temps nécessaire et d'avoir un management capable de réagir rapidement lorsqu'un dysfonctionnement lui est signalé ou lorsqu'une proposition d'amélioration est faite.

Valoriser et améliorer les ressources humaines

Aujourd'hui encore, l'obtention des objectifs de productivité et de qualité dépend de manière cruciale de l'expérience, du savoir-faire et de la dextérité des salariés. La TPM® a pour objectif d'utiliser et de mettre en valeur l'expérience et le savoir-faire de chacun. Ce qui nécessite :

- de savoir écouter, de faire participer les opérateurs et les techniciens de maintenance,
- d'admettre que les bonnes idées peuvent venir d'eux, de reconnaître leur apport et de les appliquer,
- d'améliorer leur expérience (même si celle-ci s'acquiert dans le temps, elle peut être partagée entre les individus),
- d'améliorer leur savoir-faire et leurs connaissances relatifs au process et à la technologie des équipements.

La TPM®, c'est aussi redonner conscience à l'ensemble du personnel (des opérateurs à la direction) de l'importance des équipements dans la performance industrielle. Ce qui exige :

- le respect par la production des conditions normales d'exploitation,

- le respect des conditions normales de maintenance (graissage, qualité des réparations, refus de l'approximatif, absence de laxisme, analyse des pannes, maintenance préventive appropriée et optimisée, etc.),
- les moyens nécessaires (temps et argent) dégagés par la direction pour réaliser les opérations de nettoyage et de maintenance, la remise à niveau des équipements et les améliorations (simplification des conditions d'exploitation, amélioration des conditions de travail – de la performance des équipements – des méthodes de travail).

Améliorer le système de production

Si on veut être sûr de détecter et d'étudier les **vrais problèmes** dus à la fiabilité des équipements, à leur adéquation aux produits fabriqués, à l'organisation et aux méthodes et procédés, il est indispensable de retrouver la fiabilité intrinsèque des équipements. C'est-à-dire leur état normal et les conditions pour lesquelles ils ont été conçus.

Sans cela les problèmes sont masqués, les solutions souvent palliatives résultent d'un renvoi de responsabilité et de luttes d'influence entre services Production, Maintenance, Méthodes, Produits, Conception, etc.

Ce constat explique le déroulement de la démarche. La TPM® souhaite améliorer les équipements, les méthodes, les procédés et l'organisation du système de production. Ce sont ces actions qui seront les plus bénéfiques mais il faut, avant tout, être sûr que les conditions de base sont respectées sur le terrain. Il faut donc mener simultanément 2 actions :

- retrouver l'état normal des équipements,
- étudier et supprimer les causes réelles d'inefficacité des ressources de production.

Elles apportent des gains non négligeables et créent les conditions psychologiques pour les améliorations futures.

Créer l'exigence de rigueur

Dans la TPM® il y a un enjeu essentiel qui n'apparaît qu'au fur et à mesure que l'on progresse dans la démarche. C'est apprendre à tous (je ne sais pas qui, dans l'entreprise, en a le plus besoin) à détecter les vrais problèmes, à aller au fond de ceux-ci, en faisant preuve de :

- rigueur : examiner toutes les causes, les vérifier,
- modestie : ne pas vouloir tout faire du premier coup,
- ténacité : s'assurer des résultats obtenus et continuer à progresser.

Chapitre 4

Quels résultats obtient-on par la TPM[®] ?

Des résultats dans tous les domaines de la performance industrielle – P Q C D S M

Pour attribuer les prix PM qui seront présentés au paragraphe suivant, le JIPM évalue les résultats de l'entreprise en terme de P Q C D S M. En général les résultats obtenus par les entreprises après 3 à 4 ans de développement de la TPM[®] sont les suivants :

P = productivité

Augmentation de 50 % du TRG

Nombre de pannes divisé par 20

Q = qualité

Zéro réclamation clients

Défauts internes divisés par 10. Il s'agit d'augmenter les quantités de produits bons fabriqués du 1^{er} coup ; alors que les objectifs exprimés en ppm (défauts par millions de pièces) concernent souvent les pièces livrées aux clients, pièces qui sont passées à travers les mailles des différents postes de contrôle et de retouche.

C = coûts

Diminution des coûts directs de 30 %

Coûts de maintenance divisés par 2

D = délais

Stocks et encours divisés par 2

Respect du juste à temps

Respect du film ferme

S = sécurité

Zéro accident

Zéro pollution

Intégration des normes ISO 14001 et OHSAS 18001

M = motivation

Implication, responsabilisation, savoir-faire, rigueur.

Remarque :

Lors des audits d'obtention du prix TPM® les auditeurs JIPM demandent qu'il leur soit présenté par le personnel des exemples d'amélioration dans chaque pilier et en particulier pour le pilier 2 Maintenance autonome. La présentation par les opérateurs ou par des techniciens leur permet d'évaluer leur implication dans la démarche et l'analyse des problèmes.

Les résultats obtenus par certaines entreprises reflètent les objectifs P Q C D S M mentionnés ci-dessus. A titre d'exemple on peut citer les résultats suivants :

Ligne de galvanisation sur 5 ans (+ 2 par rapport au lancement de la TPM®)

TRG : de 80 à 91 % - Coûts ajoutés : -25 %

Activité de maintenance : dépannages de 65 à 2 %

Productivité en t / h M0 : + 50 %

Production en t / mois : + 62 %

Coût des litiges : - 30 %

Fabrication de composants électroniques :

TRG : + 50 %

Productivité : -25 %

En-cours (jours) : -70 %

Construction Automobile :

Productivité : multipliée par 1.3

Coûts directs : - 25 %

TRG : fonderie + 30 % - usinage : + 23 % - assemblage : + 8 %

Nombre de pannes divisé par 10

Industrie minière :

Capacité de production : + 25 % (sans investissement supplémentaire)

TRG multiplié par 1.5 – Coûts variables : - 38 %

Arrêts machines : - 60 % - Coûts de maintenance : -35 %

Nombre d'accidents divisé par 6

Nombre d'améliorations proposées multiplié par 6.

Des résultats reconnus par des « prix PM »

Les prix PM (Productive Maintenance) décernés par le JIPM reconnaissent le niveau obtenu par l'entreprise et la dynamique de progrès créée par la TPM®. Ils ne font pas l'objet d'un concours, le nombre de lauréats n'est pas limité. Ils sont attribués par un jury Japonais composé de Consultants JIPM et de Professeurs d'Université (La TPM® est incluse dans le programme de certaines universités Japonaises).

Les prix PM font la distinction entre :

- les entreprises dont l'effectif est :
 - supérieur à 500 personnes (prix de 1^{re} catégorie),
 - inférieur à 500 personnes et dont le capital est inférieur à 500 millions de yens (prix de 2^e catégorie).
- les sociétés d'engineering.

Une entreprise de 1^{re} catégorie peut commencer par présenter un prix PM sur un seul de ses ateliers.

Six prix pour reconnaître la progression vers l'excellence

- **Prix d'excellence** créé en 1971, c'est le niveau de base que l'on doit atteindre après 3 ans minimum de pratique de la TPM®.
- **Prix de pérennisation** créé en 1992, il prouve, 2 ans après le prix d'excellence, que la structure TPM® a été améliorée et que l'entreprise continue à progresser.
- **Prix spécial** fondé en 1976 démontre, 3 ans après l'obtention du prix d'excellence ou 1 an après le prix de pérennisation, que l'entreprise a obtenu un niveau très supérieur au prix précédent.
- **Prix spécial avancé** fondé en 2000 joue, par rapport au prix spécial le même rôle que le prix de pérennisation par rapport au Prix d'Excellence. Il est décerné 2 ans après le prix spécial.
- **Prix World Class** créé en 1999, il est décerné à l'ensemble d'une société ou d'un groupe international 3 ans minimum après le prix spécial. C'est le niveau le plus élevé de la démarche TPM®.

Des critères d'attribution exigeants

L'attribution des prix PM respecte une procédure préétablie qui exige :

- L'envoi au JIPM d'un document de présentation de la démarche de l'entreprise.
- La réalisation d'un pré audit en entreprise. Les membres du JIPM évaluent la conformité de la démarche utilisée, l'organisation mise en place et les résultats obtenus. Les consultants formulent un certain nombre de remarques. L'entreprise doit alors présenter au JIPM un plan d'action pour répondre à ces préconisations.
- Un audit qui a lieu 4 à 6 mois plus tard.

Les critères d'attribution des prix PM concernent :

- La concordance entre la politique TPM® et celle de l'entreprise. Politique et objectifs de la TPM® doivent être clairement définis et intégrés à la politique générale de l'entreprise.
- La structure mise en place : Comité de promotion, Comité de pilotage, etc.
- La situation dans les 8 piliers (voir paragraphe suivant).
- L'efficacité de l'action en terme de P Q C D S M et l'obtention des objectifs qui ont été adoptés par l'entreprise lors du lancement de la démarche.
- L'organisation : basée sur des petits groupes de travail interdépendants, multidisciplinaires incluant les différents acteurs y compris les opérateurs et techniciens maintenance).

Un joli palmarès

Le tableau ci-après indique l'évolution du nombre d'usines ayant obtenu chaque année un prix PM.

S'il est vrai qu'une grande majorité des prix est attribuée à des entreprises Japonaises on peut constater une progression importante des usines primées hors Japon.

TYPE DE PRIX	JAPON					HORS JAPON				
	Années									
	05	04	03	02	01	05	04	03	02	01
Excellence		47	58	53	917	71	59	51	51	133
Pérennisation		22	14	28	165	30	29	21	25	15
Spécial		11	8	10	57	10	7	7	7	4
Spécial avancé			1	2		1	1			
Classe mondiale		1	2	1		2		1		
Nb prix attribués		81	83	94		114	96	80	83	
CUMUL		1 397	1 316	1 233	1 139	525	411	315	235	152
Évolution / A-1 en %		+ 6	+ 6	+ 8		+28	+30	+34	+55	

Les entreprises, hors Japon, ayant obtenu un prix PM appartiennent à tous les domaines d'activité : agroalimentaire, microélectronique, métallurgie, plasturgie, constructeurs de voitures et de camions, équipementiers, production d'électricité, exploitation minière, etc.

Pour certains groupes (Arcelor, Unilever, Milliken) la TPM® fait partie de la politique de l'entreprise et chaque année plusieurs dizaines de leurs usines obtiennent un prix.

En France une quinzaine d'usines appartenant à différents secteurs d'activité, mais principalement à la métallurgie, ont obtenu un ou des prix PM.

Dans une usine importante de la métallurgie qui devait augmenter de manière conséquente sa production, la direction a construit sa stratégie sur la base de la TPM® et a communiqué auprès des salariés avec le message « Appliquons la TPM® pour atteindre notre objectif de X millions de tonnes ».

Partie 2

LA TPM[®] :
QUELLE STRATÉGIE ?
QUELLE MÉTHODOLOGIE ?

Chapitre 5

Des principes de développement aux piliers d'action

Les 5 principes de développement

La connaissance de ces 5 principes est essentielle à la compréhension de la démarche TPM®. Ceux-ci débouchent sur l'élaboration de 8 piliers qui vont permettre de construire la démarche, d'en retirer les bénéfices et de pérenniser les résultats.

Principe n° 1 : atteindre l'efficacité maximale du système de production.

Pour cela il est indispensable :

- **de supprimer les causes de pertes d'efficacité.** C'est bien entendu cette action qui apporte 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 que le personnel, de l'opérateur à l'encadrement ne s'implique pas dans la démarche.

La suppression des pertes fait l'objet du pilier n° 1 : **amélioration au cas par cas.**

- **de supprimer toutes les causes spéciales et chroniques de diminution de la fiabilité intrinsèque des équipements.** La TPM® ne veut pas transférer des opérations de maintenance vers la production. Son objectif est de rendre les opérateurs responsables de la qualité de leur équipement en l'utilisant correctement et en détectant au plus tôt tout changement dans l'état ou le comportement du matériel.

Cette action est construite à partir du pilier n° 2 nommé : **maintenance autonome.**

- **de prévenir les défaillances naturelles.** Tant qu'il existe des causes de dégradations forcées et que les points faibles des équipements n'ont pas été supprimés, la maintenance préventive est **peu efficace** et **onéreuse**. Lorsque ces points seront traités le service maintenance pourra mettre en place une organisation de prévention basée sur l'estimation de la fiabilité des composants.

Cette action fait l'objet du pilier n° 3 : **maintenance planifiée.**

- **d'améliorer les connaissances et le savoir-faire des opérateurs et des techniciens de maintenance.** La mise en œuvre et la pérennisation des piliers précédents 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 pilier n° 4 : **amélioration du savoir-faire et des connaissances.**

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

La maîtrise des ressources de production, le savoir-faire du personnel de production et de maintenance, la logique d'amélioration permanente sont utilisés dans la conception de produits faciles à fabriquer et d'équipements faciles à utiliser et à entretenir. Cette aptitude permettant de réagir au raccourcissement des cycles de vie des produits.

Ce principe se traduit par le pilier n° 5 : **maîtrise de la conception.**

Principe n° 3 : stabiliser les 5M à un haut niveau.

Obtenir la performance maximale des ressources de production (Zéro panne, Zéro défaut, TRG maximal) et ceci de manière permanente nécessite d'atteindre et de maintenir à un haut niveau les 5M (Matière, Machine, Milieu, MO, Méthodes).

Le pilier correspondant est le pilier n° 6 : **maîtrise de la qualité.**

Principe n° 4 : obtenir l'efficacité maximale des services fonctionnels.

Les services techniques et administratifs doivent avoir pour objectif de fournir à la production les informations et supports nécessaires à l'amélioration de sa compétitivité, tout en augmentant leur efficacité interne (diminution des tâches administratives, simplification des procédures « sur générées » par les démarches de certification et les systèmes informatiques).

Ce principe est mis en œuvre dans le pilier n° 7 : **application de la TPM® dans les services fonctionnels.**

Principe n° 5 : maîtriser la sécurité, les conditions de travail et respecter l'environnement.

La performance des ressources de production passe aussi par ces exigences qui se traduisent aujourd'hui par la certification environnement ISO 14001, sécurité et conditions de travail OHSAS 18001. C'est aussi rendre le travail moins pénible, moins salissant, moins dangereux. Une entreprise ne peut en matière d'accident se fixer un objectif autre que « Le Zéro accident ».

Ce sera l'objet du pilier n° 8 : **sécurité – conditions de travail et environnement.**

Les 8 piliers stratégiques

Chaque pilier a sa propre **stratégie** qui s'appuie sur des **méthodes** et **outils spécifiques**. On peut hiérarchiser ces 8 Piliers par rapport à leur impact sur la performance et la qualité des ressources de production :

Objectif n° 1 – Atteindre l'efficacité maximale du système de production :

Pilier n° 1 : amélioration au cas par cas ou élimination des causes de pertes.

Pilier n° 2 : maintenance autonome ou gestion autonome des équipements.

Pilier n° 3 : maintenance planifiée.

Pilier n° 4 : amélioration des connaissances et du savoir-faire.

Objectif n° 2 – Obtenir les conditions idéales de la performance industrielle :

Pilier n° 5 : maîtrise de la conception des produits et des équipements.

Pilier n° 6 : maîtrise ou maintenance de la qualité.

Pilier n° 7 : efficacité des services fonctionnels.

Pilier n° 8 : sécurité, conditions de travail et environnement.

Remarques :

1. Les piliers 1 à 4 doivent donc être construits en premier en respectant la logique qui les relie. L'obtention du prix d'excellence PM est soumise au développement de ces 8 piliers même si les piliers 6 et 7 ne sont qu'initiés.
2. La TPM® doit être conduite de façon très rigoureuse, dans le respect de la méthode JIPM. Il n'est pas possible de n'en prendre « qu'un petit bout » en prétextant que la démarche est trop lourde alors qu'elle se construit sur une période de 3 à 4 ans.

3. Des entreprises mettent en avant qu'elles disposent d'autres méthodes qui leur ont déjà fait beaucoup gagner. Sans doute, mais mon expérience me montre que l'on n'a pas « tué les problèmes » comme le fait la TPM®.
4. La TPM® n'a pas l'intention de faire table rase de ce qui existe dans les entreprises. Ces dernières ont déjà mis en place, sans attendre de découvrir la TPM®, des actions concernant en particulier la qualité, la sécurité. Mais elles n'ont pu atteindre réellement l'efficacité maximale de leur système de production. Pour le JIPM les piliers Sécurité, Qualité, Performance des services fonctionnels ont pour objectif « l'obtention des conditions idéales ». L'idéal réunissant la performance maximale et un risque minimal de déviation.

Chapitre 6

Pilier 1 : amélioration au cas par cas

Ce pilier est appelé par le JIPM « Amélioration au cas par cas » ou « Chasse aux pertes ». Le management n'aime pas parler de pertes. Il n'est pas pensable qu'un responsable ait pu laisser se développer des pertes dans son secteur. Chaque année il a un objectif de gains mais pas de diminution des pertes. Et pourtant les pertes n'existent pas par elles-mêmes, c'est nous qui les provoquons. Par exemple :

- j'ai constaté dans une usine qu'un atelier robotisé était prolongé par un atelier de retouche, ce qui signifiait que les robots ne « savaient pas faire » une pièce bonne du premier coup.
- l'exécution du premier projet d'amélioration au cas par cas dans une usine a permis de supprimer plusieurs centaines de milliers de dollars de pertes qui avaient été inventoriées lors du lancement du pilier 1, alors que chaque année un plan de diminution des coûts était mis en place.

Nous avons des états d'âme et préférons parler de gains plutôt que supprimer nos dysfonctionnements. Pour les Japonais, ce qui compte c'est l'amélioration réalisée quelle qu'en soit son origine.

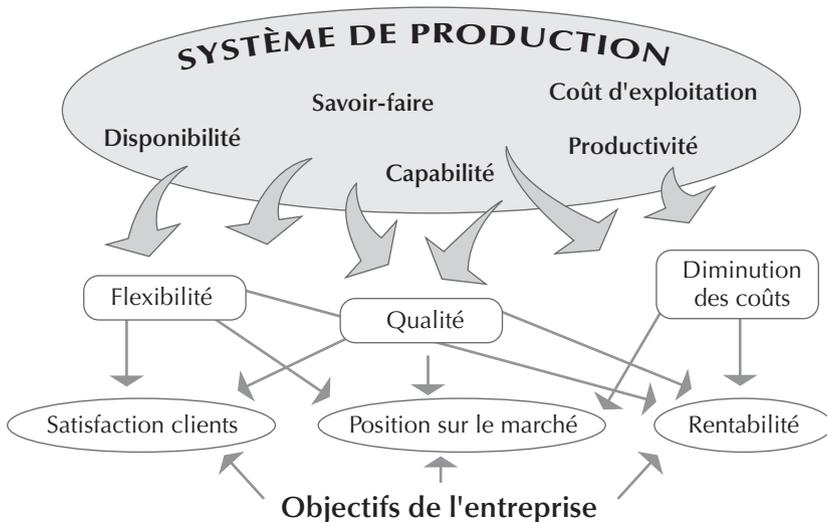
Le système de production facteur de compétitivité

Toute entreprise a pour objectifs :

- la **satisfaction de ses clients** en terme de qualité (excellence des produits et du service), prix, respect des délais, flexibilité, innovation.
- sa **position sur le marché** créée par les facteurs précédents mais aussi par son image et sa valeur opérationnelle.
- sa **rentabilité** qui lui permet en premier lieu de satisfaire ses actionnaires. Mais cette contrainte qui s'exprime de plus en plus à court terme crée de nombreux problèmes et va à l'encontre des démarches de progrès continu.

La figure 6.1 schématise la position du système de production par rapport à la compétitivité des entreprises.

Figure 6.1 – Système de production et compétitivité



L'obtention des objectifs exige la Capabilité, la Flexibilité et la Productivité des ressources de production.

Ces 3 composantes sont mesurées par le Taux de Rendement Global des ressources : le TRG.

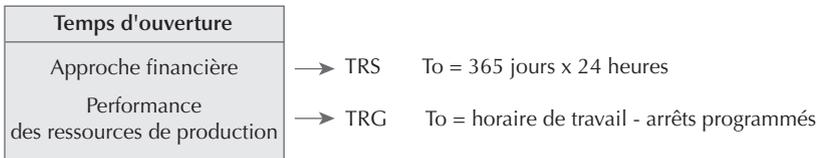
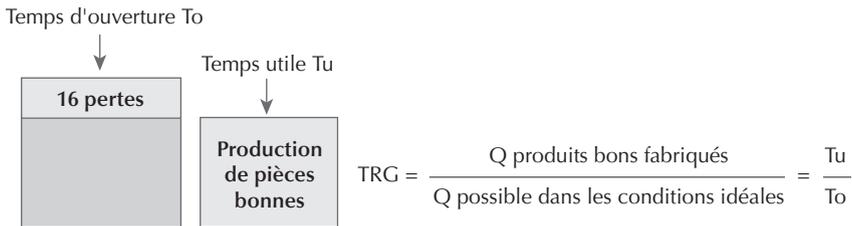
L'entreprise s'appuiera aussi sur le savoir-faire, l'expérience et le professionnalisme de son personnel.

Un ratio très utile : le taux de rendement global des équipements (TRG)

Le TRG s'exprime par le rapport :

TRG = Quant. de produits bons fabriqués / Quant. possible dans les conditions idéales

Figure 6.2 – Principe du TRG



L'écart entre le numérateur et le dénominateur est dû à un ensemble de pertes d'efficacité du système de production. Le calcul du TRG nécessite de définir 2 paramètres essentiels :

- le temps d'ouverture de l'équipement durant lequel on estime pouvoir l'utiliser,
- les conditions idéales de fonctionnement.

Le TRG doit être utilisé comme un outil de progrès et non comme un simple indicateur.

La mesure du TRG au jour le jour ou même par équipe postée peut servir d'indicateur. Il est indispensable d'adopter un intervalle de mesure plus important (supérieur au trimestre) pour travailler sur des tendances. On doit vérifier que le TRG et ses 3 composantes (taux de disponibilité, de performance et de qualité) sont ou non sous contrôle statistique afin de distinguer les causes communes des causes spéciales. Ces dernières, exigeant de retrouver les conditions normales d'utilisation des ressources, seront traitées principalement dans les groupes de maintenance autonome. En général les causes communes sont du domaine du Pilier 1 (amélioration au cas par cas) et donc de la responsabilité du management.

Remarque :

Une présentation du TRG non accompagnée du Pareto des différentes pertes et du plan d'action correspondant ne présente que peu d'intérêt. Ce plan d'action sera ventilé entre les différentes fonctions de l'entreprise.

Temps d'ouverture T_o

Les quantités de pièces fabriquées ou possibles sont comptées pendant un laps de temps appelé **temps d'ouverture (T_o)**. Celui-ci doit être fixé sans ambiguïté par le planning/ordonnancement en tenant compte :

- du portefeuille de commandes : quantités et délais,
- de la **performance actuelle** de la production,
- des **arrêts programmés** durant cette période (voir définition au paragraphe suivant).

Remarque :

Pour pouvoir mettre en évidence tous les événements imprévus et subis il est souhaitable de fixer le temps d'ouverture sur le même horizon que la période de planification, au moins une semaine à l'avance. Le temps d'ouverture ne doit pas être modifié si un imprévu rend l'équipement indisponible ou non nécessaire. On constate parfois, lors d'une panne de plusieurs jours, que les responsables ramènent le temps d'ouverture à zéro en particulier s'il existe une solution de secours. Cela masque le problème rencontré.

Certaines entreprises adoptent un temps d'ouverture calculé sur 365 jours de fonctionnement de l'équipement, 24 heures sur 24. Ce mode de calcul est caractéristique d'une approche financière qui permet de mettre en évidence le **taux d'engagement** des investissements.

Mais le Manager des ressources de production, à qui est destiné le TRG, n'est pas maître du portefeuille de commandes ou du passage aux 35 heures ; aussi il paraît plus judicieux de fixer le TRG tel qu'il est défini par le JIPM.

Le taux d'engagement des équipements a bien entendu une grande importance, mais pour d'autres analyses. Il sera mesuré par le rapport :

$$\frac{\text{Temps d'ouverture/Horaire de travail}}{\text{ou même}} \frac{\text{Temps d'ouverture/Horaire possible durant l'année}}$$

Conditions idéales

Nous avons fait apparaître au dénominateur du TRG les conditions idéales. Quelles sont ces conditions qui :

- doivent être adoptées comme base pour évaluer la performance de l'entreprise ?
- vont permettre à l'entreprise de mettre en évidence ses axes de progrès ?

Bien entendu ce ne sont en aucun cas les conditions existantes. Plus cet idéal est ambitieux plus il contribue à la découverte d'opportunités de progrès.

Ceci va à l'encontre de nos mentalités, de la volonté de standardiser le TRG au sein de groupes ou même de la normalisation du calcul du TRG (cf. norme EN 60 182).

Le JIPM précise que ce n'est pas le chiffre par lui-même qui est important mais le saut que l'on a fait.

On peut adopter comme idéal :

- la capacité retenue lors de la justification de l'investissement,
- la production réalisée avec le produit le plus facile (cas de mix produits),
- la vitesse de l'élément le plus rapide de la ligne (anti-goulet d'étranglement),
- la capacité de l'équipement en supposant zéro perte d'efficacité,
- les résultats obtenus par d'autres usines ou d'autres entreprises (à condition d'avoir les mêmes références de calcul),
- au moins l'objectif de performance que l'entreprise s'est fixé dans son plan stratégique.

Remarque :

Dans une usine, lors de la présentation au Directeur du JIPM des objectifs fixés par la direction pour le projet TPM®, celui-ci a demandé si les objectifs P Q C D S M étaient la reformulation des objectifs de la société pour toutes ses usines. Ayant eu confirmation de ce choix il a fait remarquer que l'usine devait adopter des objectifs plus ambitieux. Pour lui la TPM® permettant d'obtenir beaucoup plus.

Les 16 causes de pertes d'efficacité

L'écart entre quantité de pièces bonnes fabriquées et quantité possible est dû à des pertes d'efficacité des ressources de production.

Le TRG peut aussi s'exprimer par le rapport :

$$\text{TRG} = \frac{\text{Temps d'ouverture} - \sum \text{pertes d'efficacité}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

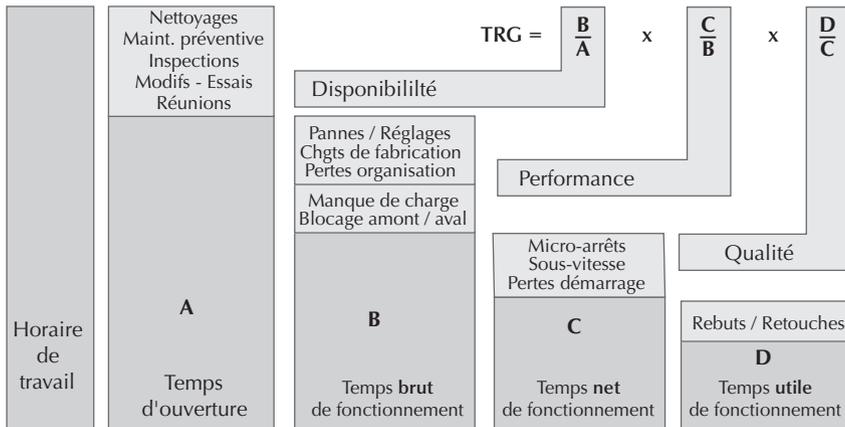
ou

$$\text{TRG} = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

Le temps utile T_u est tel que :

$$T_u = (\text{Quant. produits bons fabriqués}) \times (\text{Temps de cycle idéal}).$$

Figure 6.3 – Taux de rendement global (TRG)



Le TRG doit être utilisé comme un outil de progrès

L'utilisation de ces 2 modes de calcul permet de vérifier à partir des déclarations de production que toutes les pertes et en particulier les micro-arrêts (arrêts non détectables parce qu'ils sont d'une durée unitaire trop faible ou qui sont « rentrés dans les mœurs ») ont bien été pris en compte.

On est ainsi assuré de détenir tous les éléments d'évaluation du problème.

La comparaison des résultats obtenus en appliquant ces 2 modes de calcul me permet très souvent de faire apparaître que 10 % environ des pertes n'ont pas été prises en compte.

La TPM® dénombre 16 causes de pertes. Elles concernent la performance :

- des équipements,
- de la main-d'œuvre,
- des matières, outillages et fournitures,
- de l'énergie.

Et ont pour origines :

- le manque de fiabilité des équipements,
- les carences de l'organisation,
- les méthodes et procédés utilisés.

Pertes dues au manque de fiabilité

Cette catégorie englobe toutes les pertes dues à la fiabilité de l'équipement définie par sa conception et ses conditions d'utilisation.

Pour beaucoup de responsables la fiabilité est associée uniquement aux pannes et donc aux problèmes relevant de la fonction maintenance alors que la liste suivante démontre que la fiabilité entraîne beaucoup d'autres pertes. Les pannes ne sont pas toujours la cause principale d'un faible TRG.

On distingue dans ces causes de pertes :

- **Les arrêts programmés** : Il s'agit des arrêts incontournables pour une bonne utilisation des équipements tels que les opérations de :
 - nettoyage,
 - maintenance préventive (inspections et réparations programmées) effectuées par le service maintenance,
 - maintenance de 1^{er} niveau exécutée par les opérateurs,
 - réunions 5 minutes à la prise de poste ou réunions de travail pour la réalisation des actions TPM[®] par les opérateurs,
 - modifications des équipements et essais suite à ces modifications ou au lancement de nouveaux produits.

Remarques :

1. Même si les temps d'arrêts programmés sont en amont du temps d'ouverture de l'équipement ils doivent être mesurés et minimisés.

2. Il est souhaitable que les temps de pause apparaissent dans cette rubrique. Il ne s'agit pas de supprimer cet « acquis » pour améliorer le TRG mais il est intéressant d'étudier si une organisation différente ne peut pas conduire à un temps d'ouverture supplémentaire et à une diminution des pertes dues au redémarrage des équipements.
- **Les pannes :** Elles correspondent à la disparition ou la dégradation de la fonction attendue. On assimile aux pannes les dépassements des temps programmés de maintenance préventive : dépassement des temps alloués ou réalisation d'interventions urgentes non planifiées.
 - **Les réglages :** Lorsqu'un procédé est « capable » il ne nécessite pas de réglage. Il est important de faire apparaître les réglages nécessitant ou non des arrêts mais qui démontrent que le processus n'est pas stable ou que les paramètres standards de conduite et de réglage sont inconnus ou non respectés par le personnel des différentes équipes postées. Alors que chacun d'eux croit posséder la meilleure méthode.
 - **Les pertes aux démarrages :** Le démarrage ou le redémarrage d'une installation peut demander un temps de chauffe, de marche à vide et parfois même la fabrication de pièces non conformes. Ces pertes correspondent donc à des minutes perdues mais aussi à des quantités de pièces perdues. La matière perdue devra être valorisée dans l'inventaire des pertes.
 - **Marche à vide :** La marche à vide peut être due à un manque d'alimentation de la machine : pièce coincée dans le système d'alimentation, attente départ cycle, etc.
 - **Micro-arrêts :** Ils peuvent être, soit des arrêts visibles mais volontairement non enregistrés soit des défauts de cycles de durée très faible mais répétitifs.

Par exemple, en plasturgie, sur une presse d'injection le manipulateur qui évacue les pièces peut présenter un point dur ou sa cellule de posi-

tionnement peut avoir un temps de réponse plus important que prévu du fait des salissures accumulées sur sa face sensible. Ce qui peut provoquer une augmentation du temps de cycle de l'ordre du 1/10 de seconde. Défaut qui ne peut être détecté par l'opérateur mais qui représente, du fait d'un temps de cycle machine très court, un nombre important de pièces perdues en fin de poste ou de journée.

Très souvent ces micro-arrêts sont une cause importante de pertes. Ils seront mis en évidence par confrontation des résultats obtenus par les 2 modes de calcul du TRG (quantités produites et temps).

- **Sous vitesse** : À la suite de problèmes de qualité ou de fiabilité la machine a pu être réglée volontairement à une vitesse inférieure à sa vitesse nominale.

De plus la vitesse nominale devrait être la vitesse idéale de fonctionnement. D'où l'importance de fixer ces conditions idéales.

Une diminution volontaire de la vitesse de l'équipement pour le synchroniser avec un équipement amont ou aval de plus faible capacité doit être comptabilisée dans cette rubrique.

- **Non qualité – rebuts – retouches – qualité visée non obtenue** : Les rebuts peuvent représenter des temps machine perdus mais aussi des pertes matières. Ces dernières n'étant pas prise directement en compte dans le calcul du TRG, seule la valorisation de toutes les pertes permettra de les exploiter.

Comme dans l'esprit de la Qualité Totale l'objectif de la production est de fabriquer des pièces bonnes du 1^{er} coup. Une opération de retouche ne doit jamais être considérée comme faisant partie du processus normal de fabrication. Toute pièce retouchée sera prise en non qualité dans le calcul du TRG.

Mais il arrive dans certains types d'industries de process, lors de l'exécution d'un ordre de fabrication (OF), que la qualité obtenue ne soit pas celle demandée par l'OF (épaisseur, caractéristiques techniques, composition, etc.). Même si le produit obtenu peut être

stocké ou transféré en second choix et affecté ultérieurement à un autre OF il doit être, dans l'esprit du Juste à Temps, considéré comme une non qualité. Le client attend « son produit » alors que le stock de produit « récupéré » déborde.

Pertes dues aux carences de l'organisation

- **Changements de fabrication** : c'est le temps perdu de la dernière pièce bonne fabriquée de l'OF qui se termine jusqu'à la première pièce bonne du nouvel OF. Même s'il est indispensable, un changement de fabrication est une perte d'efficacité.
- **Activité de l'opérateur** : des écarts entre temps réel de production et temps standard existent du fait de :
 - l'habileté de l'opérateur,
 - sa formation et son savoir-faire,
 - la qualité des modes opératoires,
 - l'assiduité de l'opérateur.
- **Déplacements – manutentions** : un dysfonctionnement machine, un défaut dans les matières premières, le choix d'un emplacement de stockage des matières premières ou des pièces fabriquées peut créer une manutention ou manipulation supplémentaire et donc une perte de temps opérateur et/ou machine.
- **Organisation du poste** : il arrive assez fréquemment qu'un opérateur ait à conduire plusieurs machines. Dans ce cas lorsqu'une machine nécessite une intervention particulière de sa part la ou les autres machines peuvent être en attente d'une intervention. Ces pertes sont aussi créées par :
 - un décalage de temps opératoire entre postes,
 - un équilibrage de ligne en fonction du besoin (adaptation de l'effectif ou de la vitesse de la ligne en fonction de la production horaire souhaitée).

Remarque :

Dans les approches Juste à Temps et TPM® on considère que le temps d'ouverture d'une machine doit être adapté en fonction du besoin. La machine devant toujours être utilisée à sa capacité maximale.

- **Défauts logistiques :** il s'agit de toutes les pertes créées par les attentes de :
 - matières premières, fournitures, emballages,
 - outillages,
 - instructions,
 - moyens de manutention,
 - main-d'œuvre (retard à la prise de poste, absence, etc.).
- **Excès de mesures :**
 - mauvaise organisation du contrôle,
 - contrôles rapprochés dus au manque de confiance dans le procédé,
 - attente feu vert qualité (organisation – moyens techniques).
- **Manque de charge – Blocage amont ou aval :** nous avons précisé que le temps d'ouverture devait être fixé par le planning au moins une semaine à l'avance. Ceci pour éviter que l'équipement soit considéré comme non engagé alors que l'arrêt imprévu se prolonge sur plusieurs postes suite à une panne, un retard de livraison matière, une casse d'outillage ou une attente de changement de fabrication.

Par contre si le planning ne peut pas charger l'équipement comme il l'avait planifié on doit faire apparaître ce manque de charge.

De même l'arrêt de l'équipement suite à un incident de production en amont (rupture d'approvisionnement) ou en aval (plus d'absorption des pièces fabriquées) doit être mis en évidence.

Pertes dues aux méthodes et procédés

En général ces pertes n'apparaissent pas dans le TRG. Elles correspondent rarement à des minutes ou à des pièces perdues par rapport au standard mais à un coût.

Ces pertes doivent être évaluées par rapport à une référence issue de méthodes ou de procédés existants plus performants. Ceci montre que la mesure du TRG n'est pas suffisante, la référence commune de toutes les pertes étant leur COÛT.

- **Rendement matériaux** : ce sont les pertes de matière qui s'expriment par le rapport :

Quantité matières achetées/Quantité matières vendues dans le produit fini.

Dans certaines industries il s'agit de la mise au mille (aciéries) ou de la part des anges (distilleries). On trouve dans ces pertes les consommations matières dues aux procédés, aux démarrages, aux réglages, aux pièces tombées au sol et aux rebuts.

- **Rendement énergétique** : exprimé soit par rapport à une valeur théorique, soit par comparaison avec d'autres procédés ou d'autres ateliers.
- **Surconsommations d'outillages et de fournitures** :
 - casses ou usures prématurées des outillages,
 - consommations excessives d'huile de coupe ou de lubrifiants (dans de nombreuses entreprises l'arrosage, le poteyage sont réglés au maximum pour « être tranquille ». En fait on crée des sources de salissures et des surcoûts de consommation, de récupération, de traitement et de nettoyage ;
 - surcoût des outillages : le mauvais état ou le non-respect des conditions normales d'utilisation de l'équipement oblige l'entreprise à utiliser des outils ou outillages de caractéristiques plus élevées que nécessaire.

Comment calculer le TRG ?

Les pertes ont été classées précédemment suivant leur nature :

- manque de fiabilité des équipements,
- carences de l'organisation,
- méthodes et procédés utilisés.

Elles peuvent être différenciées suivant leur impact sur :

- le rendement de l'équipement,
- le rendement Main-d'œuvre,
- les consommations Energie – Matériaux – Outillages.

Exemple de calcul du TRG d'un équipement :

Données

- Horaire de travail : 8 heures
- Pause : 20 minutes
- Arrêts programmés : nettoyage + préventif + réunion = 15 min
- Pannes : 30 min
- Réglages : 10 min
- Changements de consommables : 10 min
- Changements de fabrications : 30 min
- Pièces fabriquées : 1 200 dont 3 % de rebuts
- Temps de cycle théorique : 5 pièces/min
- Temps de cycle réel : 4 pièces/min
- Micro arrêts : environ 20 dans le poste
- Marche à vide pour vidange de la ligne : 10 min (assimilée à une perte de performance)

Résultats recherchés

- a) Le TRG de l'équipement
- b) Le taux de disponibilité

- c) Le taux de performance
 d) Mise en évidence des 2 causes de pertes de rendement les plus importantes ?

Solution

Horaire de travail : 8 heures = 480 minutes

Pause : 20 minutes

Arrêts programmés : Nettoyage + préventif + réunion : 15 min

$$\text{Temps d'ouverture} : 480 - 20 - 15 = 445 \text{ min}$$

La pause est incluse dans les arrêts programmés et non dans l'horaire de travail ce qui peut permettre d'imaginer une solution pour supprimer ses effets (pause par roulement, etc.).

On peut calculer immédiatement le TRG en utilisant la relation :

TRG

= Quantité pièces bonnes fabriquées/Quantité possibles

$$\text{TRG} = 1200 \times 0.97 / (445 \times 5) = 0,523$$

Mais nous ne connaissons pas encore les causes de pertes.

Pannes : 30 min

Réglages : 10 min

Changements consommables : 10 min

$$\text{Temps brut de fonctionnement} = 445 - 80 = 365 \text{ min}$$

Changements fabrications : 30 min

Cadence théorique : 5 pièces/min

Cadence réelle : 4 pièces/min

$$\text{Taux de disponibilité} = 365 / 445 = 0,82$$

$$\text{Temps utile de fonctionnement} = 1200 / 5 = 240 \text{ min}$$

$$\text{Taux de performance} = 240 / 365 = 0.657$$

$$\text{Vérification : TRG} = 0.82 \times 0.657 \times 0.97 = 0.523$$

Recherche des causes principales

La fabrication de 1200 pièces à la cadence de 5 p/min nécessite en théorie : $1200/5 = 240$ min

à la cadence réelle de 4 p/min on aurait dû mettre : $1200/4 = 300$ min

Perte due à la sous vitesse = $300 - 240 = 60$ min

Taux d'allure = $4 / 5 = 0,80$

En réalité on a disposé de 365 min (temps brut de fonctionnement) soit une perte de $365 - 240 = 125$

Cet écart est dû :

à la sous vitesse = 60 min

à la marche à vide = 10 min

Il manque : $125 - 70 = 55$ min que l'on peut attribuer soit à des oublis de déclarations d'arrêts soit aux 20 micro-arrêts dont on n'avait pas mesuré la durée.

La non qualité représente $1200 \times 0,03 = 36$ pièces soit un temps de : $36/5 = 7,2$ min. On utilise la vitesse théorique, la sous vitesse ayant été calculée pour 1200 pièces dont 36 rebutées.

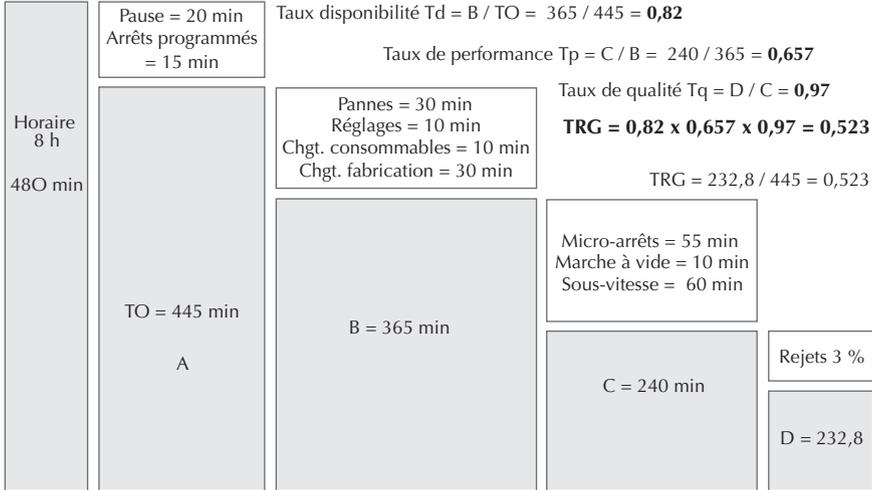
$$\text{Temps utile} = 240 - 7,2 = 232,8 \text{ min}$$

Les 2 causes de pertes les plus importantes sont la sous vitesse 60 min et les micro-arrêts 55 min.

Les résultats peuvent être présentés par le schéma ci-après.

Figure 6.4 – Exemple de calcul TRG

$$\text{TRG} = 1\,200 \times 0,97 / 445 \times 5 = 1\,164 / 2\,225 = \mathbf{0,523}$$



Cas d'un équipement sur lequel on réalise plusieurs produits

Un équipement fabrique 2 produits A et B. Sur une période de 8 heures on a relevé les paramètres de marche et les résultats suivants :

Produits	Nombre de pièces		Cadences pièces/minute	
	Fabriquées	Dont rebutées	Gamme	Réelle
A	700	15	4	3,5
B	500	10	5	4

Le conducteur de ligne a déclaré les temps d'arrêts ci-dessous :

Pause : 20 min

Arrêts pour : Inspection/Nettoyage + Préventif + Point TPM = 15 min

Pannes : 20 min

Réglages : 10 min

Changements de consommables : 10 min

Changements de fabrication : 30 min

Marche à vide pour vidange de la ligne : 10 min (assimilée à une perte de performance).

La cadence est réglée à partir d'un potentiomètre de réglage sur le pupitre de la machine. Ces écarts de cadence entre théorique et réelle ont été décidés en accord avec les services qualité et maintenance pour éviter de subir trop de pannes et de rebuts.

Lors de la dernière réunion de production, le directeur industriel s'est élevé contre cette situation en faisant remarquer à tous les partenaires et particulièrement au service méthodes production que la rentabilité de l'investissement pour cet équipement avait été justifiée en adoptant une cadence de 5,5 pièces/min possible avec tous les produits. Pour le directeur il est anormal que :

- a) les vitesses figurant sur les gammes ne soient pas toutes égales à 5,5 pièces/min,
- b) les cadences réelles soient encore inférieures aux cadences figurant sur les gammes.

Jusqu'à présent le TRG était calculé par le responsable production en prenant pour bases les cadences figurant sur les gammes.

Questions

1. Le directeur vous demande de calculer le TRG sur cette journée :
 - sur les bases adoptées jusqu'à ce jour (gammes prises pour référence),
 - en prenant en compte la cadence adoptée pour justifier l'investissement.
2. Après avoir vérifié que toutes les causes de pertes ont bien été déclarées par le conducteur de ligne vous déterminerez :
 - le taux de disponibilité – le taux de performance – le taux qualité,
 - les 3 causes de pertes de rendement les plus importantes.

Solution

Horaire de travail : 8 heures = **480 min**

Pause = 20 minutes

Arrêts programmés : 15 min

$$\text{Temps ouverture : } 480 - 20 - 15 = 445 \text{ min}$$

Réponse N° 1 :

a/Calcul basé sur les temps de gammes :

$$\text{TRG} = T_u/T_o = (Q_{bA}/CA + Q_{bB}/CB)/T_o$$

Q_{bA} & Q_{bB} quantités de produits bons fabriqués, CA & CB cadences correspondantes.

$$\text{TRG} = [(700 - 15)/4 + (500-10)/5] / 445 = (171,25 + 98) / 445 = 269,25 / 445$$

$$\text{TRG} = 60,5 \%$$

b/Calcul réalisé sur la base de justification de l'investissement : cadence de 5,5 pièces/min

$$\text{TRG} = [(Q_{bA} + Q_{bB})/5,5]/445 = [(700 - 15 + 500 - 10) / 5,5] / 445 = 213,64 / 445$$

$$\text{TRG} = 48 \%$$

Réponse N° 2 :

Pannes : 20 minutes

Réglages : 10 min

$$\text{Temps brut de fonctionnement} = 445 - 70 = 375 \text{ min}$$

Changements consommables : 10 min

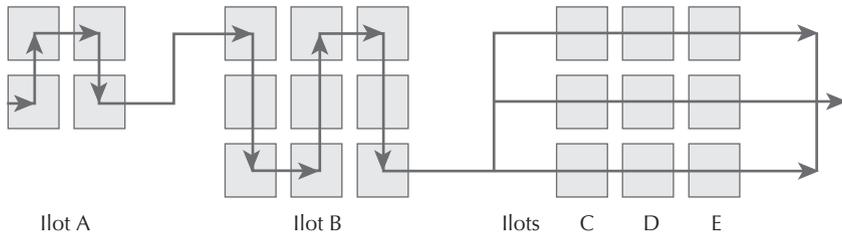
Changements fabrication : 30 min

$$\text{Taux de disponibilité} = 375 / 445 = 0,843$$

Références temps de gammes		Références justification investissement	
Sous-vitesse :		Sous-vitesse :	
Produit A Tps théo. : 700/4 = 175 Tps réel : 700/3.5 = 200 Sous vitesse = 25 min	Produit B Tps théo. : 500/5 = 100 Tps réel : 500/4 = 125 Sous vitesse = 25 min	Produit A Tps théo. : 700/5.5 = 127.3 Tps réel : 700/3.5 = 200 Sous vitesse = 72.7 min	Produit B Tps théo. : 500/5.5 = 90.9 Tps réel : 500/4 = 125 Sous vitesse = 34.1 min
Sous vitesse = 50 min		Sous vitesse = 106,8 min	
Temps théorique nécessaire pour fabriquer 700 pièces A et 500 pièces B = 75 + 100 = 275 min Total pertes de performance = 375 – 275 = 100 min Cette perte de 100 min se décompose en : Marche à vide = 10 min et Sous vitesse = 50 min Il manque donc 40 min non déclarées pour les micro-arrêts		Temps théorique nécessaire pour fabriquer 700 pièces A et 500 pièces B = 127,3 + 90,9 = 218,2 min Total pertes de performance = 375 – 218,2 = 156,8 min Cette perte de 156,8 min se décompose en : Marche à vide = 10 min et Sous vitesse = 106,8 min idem 40 min non déclarées pour les micro-arrêts	
Taux de performance = 73,3 %		Taux de performance = 58,2 %	
Non qualité		Non qualité	
Prod. A 15 / 4 = 3,75 min	Prod. B 10/5 = 2 min	Prod. A 15 / 5,5 = 2,73 min	Prod. B 10/5,5 = 1,82 min
Perte non qualité = 5,75 min Taux de qualité = (275 – 5,75)/275 = 269,25/275		Perte non qualité = 4,55 min Taux de qualité = (218,2 – 4,55)/218,2 = 213,65/218,2	
Taux de qualité = 97,9		Taux de qualité = 97,9	
TRG = 0,843 x 0,733 x 97,9 = 0,605 → TRG = 60.5 %		TRG = 0,843 x 58,2 x 97,9 = 0,48 → TRG = 48 %	
Vérification TRG = 269,25/445 = 0,605		Vérification TRG = 213,65/445 = 0,48	
Pertes principales :		Pertes principales :	
Sous – vitesse = 50 min Micro-arrêts = 40 min Changements de fabrication = 30 min		Sous – vitesse = 106,8 min Micro-arrêts = 40 min Changements de fabrication = 30 min	

TRG d'une ligne de fabrication

Figure 6.5 – TRG d'une ligne de fabrication



À l'intérieur d'un îlot on considère que les machines ont le même temps de cycle.

Nom de l'îlot de machines		A	B	C	D	E
a	Nombre de machines dans l'îlot	4	9	3	3	3
b	Temps de cycle standard machine	1,5	1,67	5	4,8	4,5
c	Temps de cycle standard îlot = (a) x (b)	6	15,03	1,67	1,6	1,5
	Temps unitaire théorique	1,5	1,67	1,67	1,6	1,5
	Niveau goulet théorique	5 ^e	1 ^{er}	1 ^{er}	3 ^e	4 ^e
d	Temps de cycle réel de l'îlot	6,8	16,6	2	1,87	2,03
e	Temps de cycle réel machine = (d)/(a)	1,7	1,84	6	5,61	6,09
h	Disponibilité en % (mesurée)	92,5	89,2	93,7	95,3	92,6
f	Taux de vitesse en % = (b)/(e)	88,2	90,5	83,3	85,6	73,9
g	Taux de performance en % (mesuré) ^a	80,3	76	79,9	80,3	71,4
	Taux de pertes chroniques en % = (g)/(f)	91	84,1	95,9	93,7	96,7

Nom de l'îlot de machines		A	B	C	D	E
j	Taux de qualité en % (Mesuré)	99,5	99,8	98,8	99	99,6
	TRG = (h) x (g) x (j)	73,91	67,66	73,97	75,76	65,85
	Temps de cycle machine = (b)/TRG	2,03	2,47	6,76	6,34	6,83
	Temps unitaire réel	2,03	2,47	2,25	2,11	2,28
	Niveau goulet d'étranglement réel	5 ^e	1 ^{er}	2 ^e	4 ^e	2 ^e

- a. Taux de performance en %
= Nb pièces fabriquées par l'îlot/(tps cycle réel de l'îlot x tps brut fonctionnement)

Remarques :

- Il n'est pas possible de calculer le TRG d'un process en utilisant le produit, la somme ou la moyenne des TRG de chaque équipement. Le TRG ne peut être calculé qu'à partir du rapport des quantités produits bons/quantités possibles. Cette valeur est différente du TRG du goulet d'étranglement, les autres machines ayant une influence sur la production globale.
- Cette simulation peut être sujette à discussion. En effet certains points doivent être précisés :
 - Les pièces défectueuses générées dans un îlot sont-elles évacuées en sortie de cet îlot ou traversent-elles tout le process ?
 - Le taux de disponibilité de chaque îlot prend-il en compte le blocage amont ou aval dû aux îlots précédents ou suivants ? Dans certaines fabrications (microélectronique) il existe un « tampon » de pièces en amont de chaque machine.

Comment évaluer l'impact du TRG sur le résultat d'exploitation ?

Il est utopique de vouloir retrouver par le calcul les répercussions chiffrées d'une variation du TRG sur le résultat d'exploitation d'un équipement ou d'une ligne de production.

La simulation réalisée en annexe 2 n'a pour but que de montrer l'impact des variations du taux de disponibilité, du taux de performance et du taux de qualité sur les différentes composantes du coût industriel.

Pour réaliser une telle simulation on est obligé d'adopter l'hypothèse que les gains de productivité obtenus seront absorbés par une augmentation des ventes.

Si K_1 , K_2 et K_3 sont les augmentations respectives des taux de disponibilité, performance et qualité, on constate que les quantités fabriquées sont multipliées par ces 3 coefficients. Alors que les dépenses engagées n'augmentent que du prix des matières premières et fournitures proportionnellement au volume fabriqué. Les coûts MO et les coûts indirects restent constants.

Variation du résultat d'exploitation
= Ventes initiales $\times (K_1 \times K_2 \times K_3 - 1)$ - Achats $(K_1 \times K_2 - 1)$

avec Achats = matières + fournitures + emballages + énergie

Comment définir les objectifs de TRG ?

Les objectifs de TRG peuvent être fixés suivant 3 modes (cf. figure 6.6 ci-après).

Figure 6.6 – Détermination des objectifs du TRG

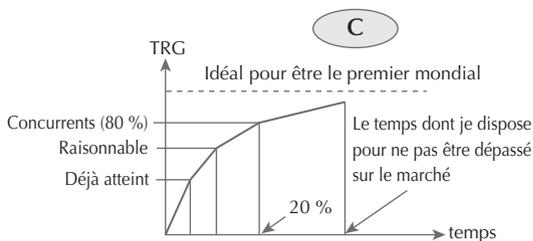
A	Semaines								
	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Taux de disponibilité	0,75	0,75	0,78	0,85	0,65	0,60	0,63	0,64	0,63
Taux de performance	0,73	0,60	0,45	0,45	0,43	0,53	0,53	0,42	0,38
Taux de qualité	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,98
TRG	0,53	0,44	0,33	0,37	0,27	0,31	0,32	0,26	0,23

Objectifs TRG = 0,85 x 0,73 x 0,98 = 0,61

B

Le gain annuel peut être de 20 à 25 % du gisement résiduel

Année	TRG	Gain résiduel	Objectif
1	80 %	20	+ 4
2	84 %	16	+ 3



Mode A : Durant quelques semaines les taux de disponibilité, de performance et de qualité sont mesurés. Dans cette période de relevé chaque taux atteint un maximum. On prendra comme objectif de faire coïncider en permanence ces maxima.

Mode B : Une augmentation de 20 % par an de la valeur résiduelle du TRG est adoptée sur une période de 4 ans.

Mode C : On estime quelle est la valeur de TRG à atteindre pour être le premier sur le marché dans un laps de temps déterminé. En s’inspirant de la démarche de Pareto on définira que 80 % de l’objectif doit être obtenu dans les 20 % du temps imparti.

Des points intermédiaires peuvent être définis par la valeur maximale déjà obtenue, mais de manière exceptionnelle et une valeur apparaissant comme « raisonnable ».

Du TRG à l'amélioration au cas par cas

Le TRG prend en compte les quantités de produits perdus (non fabriqués) ou les heures machines perdues. Il est bien évident qu'il y a d'autres pertes n'entrant pas dans le TRG telles que :

- surconsommation de matière due à des rebuts ou à des redémarrages,
- surconsommation d'énergie,
- surcoût de maintenance : heures, pièces et possession des stocks de pièces de rechange,
- surcoût de main-d'œuvre de production perdue lors des arrêts imprévus, des retouches, des heures supplémentaires pour rattraper certains retards,
- pénalités de retard, frais de livraisons exceptionnelles, litiges,
- etc.

Ces surcoûts sont évalués à partir de références connues dans d'autres secteurs ou dans d'autres domaines mais aussi à partir d'objectifs stratégiques (marché, structure d'emploi) ou de contraintes extérieures (normes environnementales, législation, exigences clients).

La chasse aux pertes nécessite de valoriser toutes les pertes. Cette valorisation est souvent difficile et la fiabilité des résultats laisse à désirer. Par exemple le coût d'immobilisation d'une machine est a priori différent du coût horaire pris en compte dans le coût de revient, en effet :

- ce coût horaire tient déjà compte de certains aléas de production,
- suivant la durée de l'arrêt les coûts main-d'œuvre peuvent être partiellement récupérés : affectation du personnel à d'autres tâches,
- les coûts de redémarrage de l'équipement peuvent être importants,
- les consommations d'énergie ne sont pas nulles durant le temps d'arrêt.

Remarques :

1. On ne prend jamais en compte dans ces évaluations les pertes de marges bénéficiaires car elles n'ont pas un caractère permanent.
2. La Chasse aux pertes a pour effet de supprimer certaines dépenses anormales, il n'y aura pas toujours réciprocité avec les lignes du compte de résultat. Mais les actions ont une répercussion sur les éléments du P Q C D S M :
 - **P** de Productivité pour le TRG,
 - **C** des Coûts,
 - d'autres éléments tels que Taux qualité, Taux d'accidents, etc.
3. Le Pilier Chasse aux pertes est l'élément essentiel de la performance industrielle mais ne nous trompons pas il n'est pas suffisant, c'est l'ensemble des piliers qui fait la puissance de la TPM® et la rend pérenne.

Quelles sont les liaisons entre l'amélioration au cas par cas et les autres piliers ?

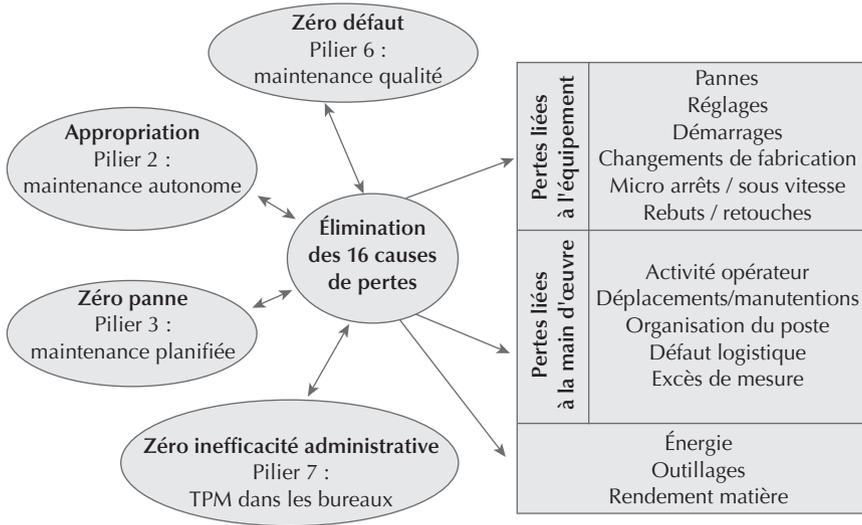
Le classement des pertes en 3 familles :

- pertes dues à l'équipement,
- pertes dues à l'organisation,
- pertes dues aux énergies, matières et outillages,

met en évidence, suivant la figure 6.7 ci-après, les différentes actions à engager :

- **qualité de l'équipement** : appropriation des équipements par les opérateurs et efficacité de la fonction maintenance : Piliers 2 & 3,
- **connaissance et savoir-faire** du personnel : Pilier 4,
- **maintenance de la qualité** par la maîtrise des 4M : Pilier 6,
- **efficacité de l'organisation** et des services administratifs : Pilier 7.

Figure 6.7 – Décomposition des 16 pertes



Méthodologie de la chasse aux pertes

L'objectif est de diviser par 3 à 5 le coût des pertes. Des groupes de travail « Chasse aux pertes » réaliseront un inventaire exhaustif des pertes en s'appuyant sur les composantes du TRG et des coûts de revient (directs et indirects). Le périmètre d'investigation de ces groupes sera défini par le niveau de détail existant dans la connaissance des coûts de revient. Il est difficile de détailler les coûts d'énergie, de main-d'œuvre, de défaillance au niveau de chaque équipement.

La figure 6.8 présente les 8 étapes de la conduite du pilier. Les pertes sont classées dans une matrice des pertes (cf. annexe 3) et quantifiées. L'objectif est de quantifier toutes les pertes en euro. Cela n'étant pas toujours possible, il ne faut pas que le souci de valorisation retarde le choix des projets. Il est plus simple de lancer certains projets en se

basant sur une des composantes du TRG ou sur l'unité la plus représentative de la consommation engendrée par la perte. Durant la phase d'analyse du problème les différentes composantes de coût pourront alors être chiffrées.

La matrice des pertes est complétée par la recherche de leurs causes principales. Celles-ci ne devant pas être issues d'un jugement de valeur, elles seront confirmées par une analyse sur le terrain.

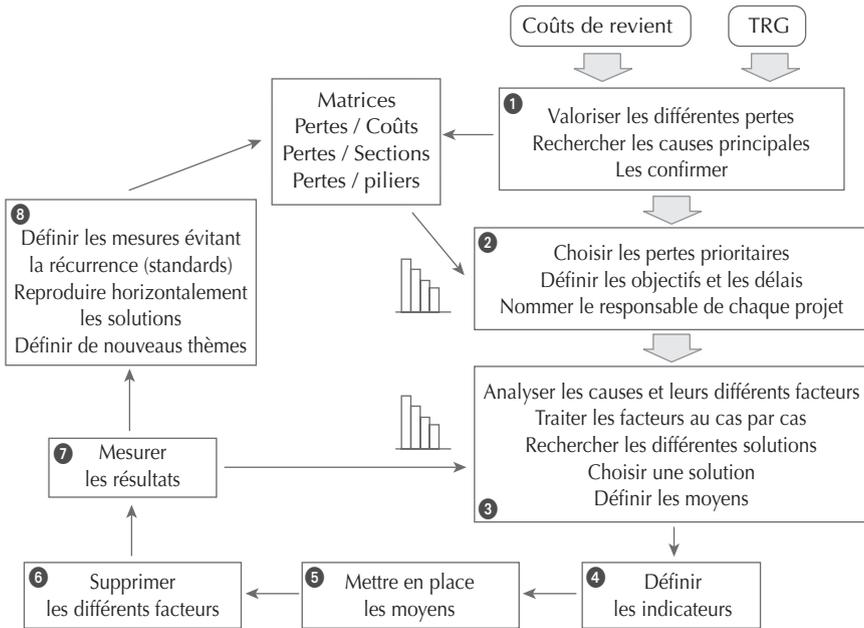
La matrice des pertes associée à un classement type Pareto permet à la direction de fixer les priorités et les objectifs de gains en fonction de sa politique et de sa stratégie. Ces objectifs sont établis sur plusieurs années et s'appuient éventuellement sur des valeurs obtenues par d'autres usines ou par la concurrence.

L'amélioration au cas par cas est conduite sous la responsabilité de la direction qui fixe les priorités, les objectifs et les délais et désigne les responsables de projets.

Chaque responsable de projet constitue un groupe de travail qui a pour premier objectif de mettre en évidence les différents facteurs à l'origine de la perte. Si les causes ne sont pas fractionnées en facteurs suffisamment fins on ne pourra pas pousser assez loin l'analyse et le traitement ne sera pas efficace.

Un classement complémentaire des pertes par secteurs et par piliers concernés permet de gérer plus facilement le projet TPM® et sa consolidation au niveau de l'usine. L'impact de la suppression de ces pertes sur les différentes composantes du coût de revient industriel sera mis en évidence.

Figure 6.8 – Méthodologie Pilier 1



Remarques :

1. Mise en place d'un chantier pilote :

- En général il n'est pas possible, par manque d'éléments de mesure, de planifier la chasse aux pertes dès le démarrage de la TPM®. Un chantier pilote est choisi et traité par un groupe projet composé de chefs de service, ingénieurs, techniciens issus de différents services. Ce premier chantier leur permet d'apprendre les techniques d'analyse TPM® et les méthodes *Kaizen*, ils comprennent la nécessité d'être rigoureux et exigeront cette rigueur tout au long de la démarche.
- Ce chantier pilote conduit à lever les doutes tels que « Chez nous ça ne marchera pas ».
- On verra dans le planning de lancement de la TPM® que ces 8 étapes sont précédées de 2 étapes qui consistent à sélectionner l'équipement pilote et organiser le groupe projet correspondant.

- Le choix du pilote est fonction de l'importance des pertes qu'il engendre et de la possibilité de duplication horizontale des solutions apportées.
2. L'élaboration de la matrice pertes/coûts permet de faire un inventaire exhaustif des pertes et d'alimenter la chasse aux pertes de manière continue et non par période de planification comme c'est souvent le cas dans les entreprises.

Mesurer les 8 pertes liées aux équipements

Les pertes de performance de l'équipement sont dues :

- aux changements d'outillages ou de fabrication,
- aux démarrages,
- aux réglages,
- aux défauts et retouches,
- aux pannes,
- aux micro-arrêts et marche à vide,
- à la sous vitesse,
- aux arrêts programmés.

Ces 8 pertes ont un impact sur la **disponibilité**, la **performance** de l'équipement y compris la **qualité** obtenue. Le TRG est égal à la multiplication de ces 3 taux :

$$\text{TRG} = \text{Taux disponibilité} \times \text{Taux performance} \times \text{Taux qualité}$$

Comment supprimer les 8 pertes relatives aux équipements ?

Pour agir sur ces différentes pertes il faut tout d'abord les connaître. Cela peut apparaître comme une « Lapalissade » mais l'expérience montre que l'on oublie souvent des éléments et que les gammes de fabrication entérinent certaines pertes.

La déclaration des arrêts de l'équipement est souvent confiée aux opérateurs eux-mêmes, c'est ce qui se fait déjà pour la GPao avec une précision qui laisse parfois à désirer. Ce qui conduit certaines entreprises à opter pour des systèmes de saisie semi-automatique (mais si l'arrêt est enregistré automatiquement sa cause doit encore être renseignée par l'opérateur).

Il est préférable de tester les déclarations manuelles pour définir un cahier des charges correct. Certaines pertes étant difficiles à saisir même en automatique.

Un système automatique risque d'éloigner les opérateurs de la performance de la machine. Pour obtenir de bonnes informations de la part des opérateurs il faut :

- leur expliquer le but de la saisie et insister sur le fait que la détection des vrais problèmes nécessite de disposer d'informations fiables,
- les impliquer dans l'analyse des résultats et la recherche des améliorations,
- favoriser leurs propositions d'améliorations (c'est un objectif essentiel de la Maintenance autonome),
- les informer des projets de suppression des pertes et mettre en évidence les progrès réalisés,
- agir vite, c'est la preuve de la volonté de la direction pour gagner.

Les documents de l'annexe 4 présentent un exemple de suivi du TRG. Les différentes pertes étant connues et hiérarchisées il est possible d'utiliser les méthodes décrites ci-dessous.

Remarque :

L'analyse des causes de dégradation du TRG doit être réalisée sur un laps de temps relativement important : trois à six mois glissants.

Actions sur les changements d'outillages

Le SMED (*Single Minute Exchange of Die* ou changement de fabrication en moins de 10 minutes) est la méthode la plus utilisée pour diminuer cette perte. On constate couramment que la mise en évidence et la correction d'une mauvaise organisation permet déjà de diviser ces temps par deux. Certaines entreprises s'en satisfont alors qu'elles devraient faire le bilan économique entre les investissements techniques à prévoir pour arriver à 10 minutes et le coût d'immobilisation de l'équipement. Pour aller encore plus loin, d'autres méthodes peuvent être envisagées telles que :

OTED : *One Touch Exchange of Die* – Changement automatique par simple commande de l'opérateur.

NOTED : *No Touch Exchange of Die* – Changement automatique programmé.

Remarque :

Les résultats obtenus par le SMED sont parfois difficiles à maintenir si l'esprit de progrès permanent basé sur un suivi des performances n'est pas créé dans l'atelier. De plus ils ne se répercutent pas toujours sur le TRG. Souvent l'entreprise profite de la diminution des temps pour améliorer sa flexibilité et/ou diminuer ses stocks en programmant des séries plus courtes. La mesure du temps de changement doit être corrélée avec le nombre de changements effectués.

Actions sur les pertes dues aux démarrages

Afin de traiter la cause première de ces pertes on doit déterminer si elles sont dues :

- à l'organisation des horaires de travail,
- aux pannes, réglages ou incidents,
- aux changements de série.

Actions sur les réglages

Comme nous l'avons évoqué précédemment la nécessité d'un réglage provient des variations des 5 M. Celles-ci proviennent de causes :

- **spéciales** : facteurs de variation peu nombreux, d'effets individuels importants, souvent irréguliers ou instables,
- **aléatoires** : nombreuses, attribuables au hasard, d'effets individuels faibles, toujours présentes à des degrés divers dans les processus de fabrication.

Les méthodes de contrôle statistique de procédés permettent de déterminer le type de causes concerné mais aussi de vérifier si la capacité du process est compatible ou non avec les tolérances demandées par le client.

La TPM®, comme nous le verrons au fil des différents piliers agit sur :

- la suppression des causes spéciales : suppression des dégradations forcées, respect des conditions d'exploitation des équipements (savoir-faire, efficacité, rigueur production et maintenance) mais aussi erreurs humaines,
- la diminution de la dispersion créée par les causes aléatoires : fiabilisation et amélioration des équipements,
- la conception des produits et des équipements tenant compte des exigences clients et des capacités machines.

Actions sur les défauts et retouches

Les actions précédentes seront complétées par des contrôles efficaces et en particulier l'utilisation du contrôle statistique. De plus un des objectifs de la TPM® est de faire comprendre aux opérateurs (mais aussi aux techniciens de maintenance) la relation entre **qualité du produit** et **état de l'équipement**. Sur les chaînes de montage ou d'assemblage la compétence de l'opérateur se traduit par sa capacité à détecter qu'il se passe quelque chose d'anormal lors de l'assemblage.

Action sur les pannes

En Japonais le mot panne peut se traduire par « obstacle causé intentionnellement ». Pensons que dans la marine à voile, on mettait en panne un voilier lorsqu'on affalait volontairement la voilure.

Les pannes ne sont pas une fatalité ; des hommes créent des pannes en ne respectant pas les conditions de conduite et d'entretien des équipements.

Il est nécessaire de définir ce qu'est une panne : interruption ou détérioration du fonctionnement (disponibilité, performance, qualité, sécurité) de l'équipement.

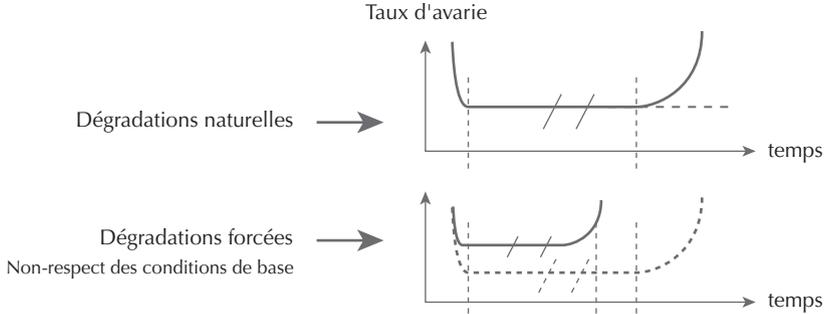
Rappel relatif à la courbe de durée de vie des composants

Si on met en service un échantillon d'un grand nombre de composants identiques on constate pour cette population 3 périodes de **dégradations naturelles** représentées par la figure 6.9 ci-après dite de « la courbe en baignoire » :

- dans un premier temps un nombre important de composants tombe en panne. Mais le taux d'avarie décroît relativement vite et se stabilise. Ce phénomène appelé « défaut de jeunesse » ou « pannes infantiles » est dû à une mauvaise fabrication et à un contrôle qualité insuffisant.

Figure 6.9. – Evolution de la durée de vie

Fiabilité = probabilité de bon fonctionnement, pendant un temps donné dans des conditions d'utilisation déterminées.



- après cette période le taux de pannes est très faible et constant. Cette période est appelée période de vie utile car ce n'est que durant cette période que l'on peut utiliser les équipements avec un faible risque de pannes.
- la période de vie utile est relativement courte pour des composants électromécaniques et presque inexistante pour des composants mécaniques. En effet les phénomènes de vieillissement (usure, fatigue, etc.) sont prépondérants et le taux d'avarie croît rapidement (3^e période).
- pour des composants électroniques cette période est longue même si, elle aussi, est généralement suivie d'une période de vieillissement.

Pour des conditions d'utilisation déterminées un composant se situe en fonction de sa durée d'utilisation ou de son âge dans l'une de ces périodes.

Si les conditions changent et dépassent celles prises en compte dans la conception de l'équipement, on parle de **dégradations forcées**. Les durées de vie des composants sont alors raccourcies et l'ensemble des

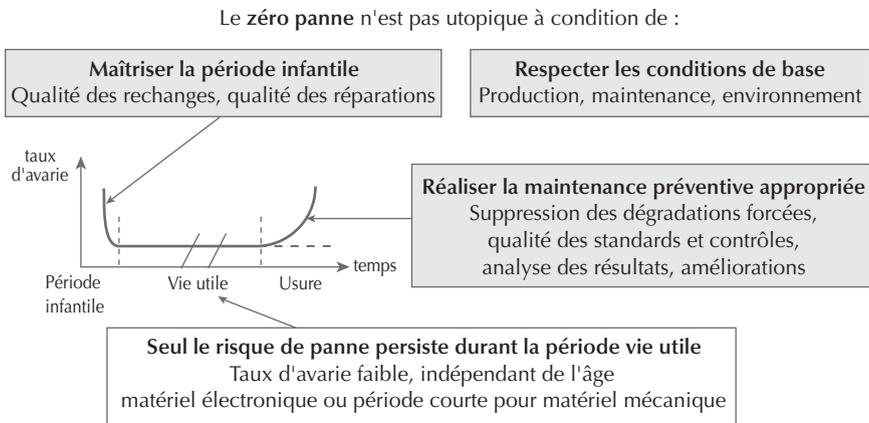
courbes est déplacé vers le haut. Les taux d'avarie augmentent comme représenté sur la figure 6.9.

Dans le respect des conditions d'utilisation d'un équipement si :

- les pannes infantiles sont éliminées soit par un contrôle qualité approfondi des composants neufs soit par un déverminage,
- l'usure ou la fatigue des composants est détectée par un programme de maintenance préventive approprié conduisant à remplacer les composants avant que leur défaillance ne perturbe le bon fonctionnement de l'équipement,

on ne subira que des défaillances de type accidentel correspondant à la période de vie utile et dont la probabilité est très faible.

Figure 6.10 – Condition du zéro panne



Dans le respect des conditions normales d'utilisation et de maintenance d'un équipement on ne devrait être confronté qu'à des défaillances accidentelles dont le taux de probabilité est faible.

Le zéro panne n'est pas une utopie mais il nécessite un changement de comportement des hommes de production et de maintenance.

Un équipement étant constitué de milliers de composants dont les fiabilités se multiplient, il est évident qu'ils sont interdépendants. Ce qui nécessite d'être exigeant sur le respect des conditions d'utilisation de chaque composant.

Pour obtenir le Zéro panne il faut donc avant tout conserver la fiabilité nominale de tous les composants.

Fiabilité intrinsèque et fiabilité opérationnelle

La fiabilité déterminée au niveau de la conception de l'équipement par le choix des matériaux, des tolérances, des états de surface, des couples de serrages, etc. est complétée par les conditions d'usinage, de montage et d'installation. C'est cet ensemble qui crée la **fiabilité intrinsèque** de l'équipement. Celle-ci définit :

- la durée de vie des composants et leurs probabilités de défaillances naturelles,
- la normalité d'état de l'équipement : comment doit être l'équipement ?
- les conditions normales d'exploitation (production et maintenance) : comment doit être utilisé l'équipement ?

Le respect du **comment doit être** l'équipement et du **comment il doit être exploité** par la production et la maintenance définit ses **conditions normales d'exploitation**.

Le non respect de ces deux « comment » entraîne une dégradation de la fiabilité intrinsèque qui devient la **fiabilité opérationnelle de l'équipement**.

Par opposition aux défaillances naturelles représentées par la courbe de durée de vie on utilise le terme de dégradations forcées pour caractériser les effets des conditions opérationnelles.

Les 5 mesures pour maintenir ou retrouver la fiabilité intrinsèque

Ces mesures découlent de la définition des 2 « comment » :

1. Respecter les conditions de base :
 - Nettoyage et suppression des causes de salissures,
 - Resserrage de toute la boulonnerie,
 - Lubrification,
 - Définition et bien entendu respect des standards de nettoyage et de lubrification.
2. Appliquer les conditions opératoires :
 - Concordance entre besoins exigés par les produits (charges, vitesse, milieu) et les caractéristiques de l'équipement,
 - Compensation des faiblesses,
 - Standardisation des modes opératoires,
 - Définition, amélioration et standardisation des conditions d'exploitation,
 - Protection des composants contre les agressions extérieures.
3. Éliminer les négligences de maintenance :
 - Réparer les dégradations négligées par manque de rigueur ou de moyens,
 - Prévenir les détériorations : inspection par les 5 sens et réparations – Standards d'inspections quotidiennes,
 - Analyser les points faibles et estimer les durées de vie – Définir les critères de détection des dégradations,
 - Définir les méthodes de réparations : standards d'expertise et de réparation,

- Améliorer la maintenabilité : contrôles, réparations, outillages, pièces standardisées, définition des pièces de rechange, etc.
4. Prévenir les erreurs humaines :
- D'exploitation : analyse des causes d'erreurs, amélioration des pupitres de commande, détrompeurs (Poka Yoké), visualisation, standardisation des modes de conduite et de réglage, amélioration des connaissances et du savoir-faire,
 - De maintenance : analyse des causes d'erreurs, amélioration de la documentation, des modes opératoires, des outillages, des moyens de mesure, du stockage des pièces de rechange, définition et amélioration des modes de détection des anomalies, formation.
5. Supprimer les faiblesses de conception :
- Améliorations structurelles,
 - Suppression des contraintes excessives et/ou renforcement des caractéristiques.

Remarque :

La mise en œuvre de ces 5 mesures et donc l'obtention du Zéro panne est réalisée principalement par le développement des piliers 2 (Gestion autonome des équipements) et 3 (Maintenance planifiée).

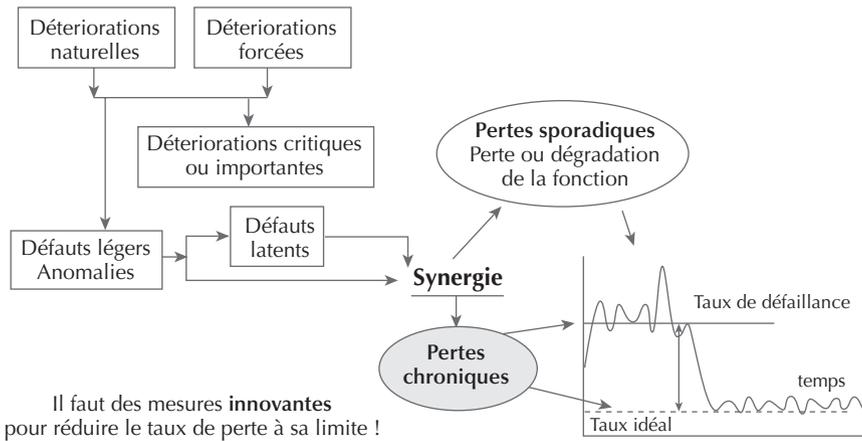
Micro-arrêts ou pertes chroniques

Dégradations naturelles ou dégradations forcées créent :

- des défauts critiques ou importants se traduisant généralement par une panne,
- mais aussi des défauts légers qui restent latents ou qui, par synergie dans le temps provoquent soit des pannes soit des défaillances dites chroniques.

Cette répartition est schématisée par la figure ci-après.

Figure 6.11 – Pertes sporadiques et défaillances chroniques



Les défaillances chroniques sont souvent dues aux défauts légers ou latents dont on ne s'est pas occupé. Elles sont à l'origine des problèmes répétitifs et fréquents rencontrés par les opérateurs de production et les techniciens de maintenance.

Ces pertes se traduisent principalement par des micro-arrêts, des sous vitesses, des marches à vide et des défauts qualités intermittents.

Ces pertes sont dites chroniques car elles évoluent lentement. Ce sont elles qui représentent « le caillou » que les opérateurs ou les techniciens maintenance ont dans leur chaussure.

- Lorsqu'on a voulu s'en occuper, leur traitement a souvent été abandonné, car les actions engagées prises dans l'urgence n'ont pas donné de résultat.
- Avec le temps elles deviennent fatales, on a pris l'habitude de vivre avec et on les a oubliées. On constate même que l'encadrement n'est pas au courant de ces problèmes ou en a pris lui aussi l'habitude.
- On les découvre à nouveau lorsqu'on forme un nouvel opérateur ou lorsqu'on automatise la machine.

- Elles ont des origines variées difficiles à identifier, leurs relations causes/effet sont difficiles à établir car elles dépendent de nombreux facteurs qui se combinent de façon différente d'une fois sur l'autre. Ces facteurs ne sont pas unitairement détectables ou au contraire semblent négligeables.

Les interventions sur les machines, les défauts d'automatismes sont plus souvent dus à des défauts légers tels que boulons dévissés, poussières, débris, faux contacts, qu'à de gros incidents.

Pour casser cet effet de synergie des défauts légers il est indispensable :

- de détecter de manière exhaustive toutes les **anomalies** existantes sur l'équipement. C'est un des axes majeur de la Maintenance Autonome.
- d'analyser les phénomènes en se référant aux règles et principes de base (8 conditions de base définissant **comment** doit être l'équipement) et en examinant leurs relations avec l'équipement.

Dans les 2 cas, étant incapables de juger de l'importance de ces défauts, on ne s'attachera pas à déterminer le taux de contribution des facteurs à l'effet subi (car dans ce cas les défauts légers seraient encore une fois remisés au second ordre) mais on en recherchera toutes les causes théoriques possibles.

La non-détection et la non-suppression de ces défauts légers sont dues à des phénomènes physiques et psychologiques :

- phénomènes physiques : les défauts ne peuvent être détectés du fait de la conception de l'équipement (accessibilité, visualisation),
- phénomènes psychologiques : indifférence et manque de connaissance du personnel de production et/ou de maintenance – focalisation sur les défauts jugés « importants » de manière arbitraire.

Action sur la sous vitesse

Pour traiter ce type de perte on doit explorer les pistes telles que : respect des 8 conditions de base de l'équipement, remise dans son état normal, amélioration de sa fiabilité, équilibrage des capacités des différents sous-ensembles de la ligne de production.

Action sur les arrêts programmés

Les arrêts programmés créent une diminution du temps d'ouverture de l'équipement, même s'ils n'interviennent pas dans le calcul du TRG et ne sont pas considérés comme une perte au sens strict. Il est bien évident qu'ils sont enregistrés et analysés. L'objectif est de diminuer leur durée par :

- la suppression des causes de salissures,
- l'amélioration de l'accessibilité,
- la visualisation des paramètres de fonctionnement,
- l'optimisation de la maintenance préventive,
- l'amélioration de la fiabilité et de la maintenabilité de l'équipement.

Quels outils utiliser pour l'amélioration au cas par cas ?

Le pilier 1 s'appuie sur différentes méthodes et outils :

- **traditionnels** tels que : AMDEC associée à l'analyse préalable des risques – Arbre des défaillances ou arbre des événements – 5 Pourquoi (ou Why-Why Analysis) – 5M – Arbre des causes – Analyse des flux, Hoshin (très efficace sur les lignes d'assemblage),
- **spécifiques à la TPM®** : Analyse PM – Matrice Assurance Qualité + Analyse 4M

Un document de suivi de chaque projet est défini et utilisé systématiquement (cf. annexe 5). Ce document reprend les différentes étapes de la présentation aux consultants JIPM, lors des audits des prix PM, d'exemples d'améliorations.

Ces étapes ne font que reprendre la méthodologie de résolution de problèmes. Il n'est peut-être pas inutile de les rappeler :

1. Préciser le sujet (il apparaît en titre de tous les documents relatifs à la présentation).
2. Décrire le processus normal de fonctionnement de l'équipement ou du process.
3. Décrire le problème que l'on a voulu traiter ou supprimer.
4. Quantifier ce problème (nombre de pannes, de défauts, coût, sécurité, conditions de travail, etc.).
5. Décrire les enjeux pour l'entreprise (coûts, délais...).
6. Présenter les objectifs chiffrés adoptés pour l'année en cours et les années suivantes.
7. Expliquer l'analyse effectuée (Pareto, 5 M, Why Why analysis, etc.).
8. Préciser ce qui nous a conduit à choisir cette solution.
9. Présenter les résultats obtenus.
10. Décrire les mesures de verrouillage mises en place.
11. En conclusion définir les actions futures envisagées par le groupe (amélioration complémentaire, reproduction horizontale, autre sujet d'amélioration...).

L'analyse 5 Pourquoi (ou Why-Why Analysis)

Chacun de nous étant enfant a utilisé cette méthode « Dis Papa Pourquoi?... et Pourquoi?... » Cela finit parfois assez mal car le père n'a plus la patience de répondre ou ne sait plus répondre. C'est la démarche que nous allons utiliser mais en allant jusqu'à son terme.

On dispose ici d'une méthode de résolution de problème qui a pour but unique de supprimer la cause première du problème et ne veut pas se satisfaire d'un contrôle ou d'une sécurité supplémentaire.

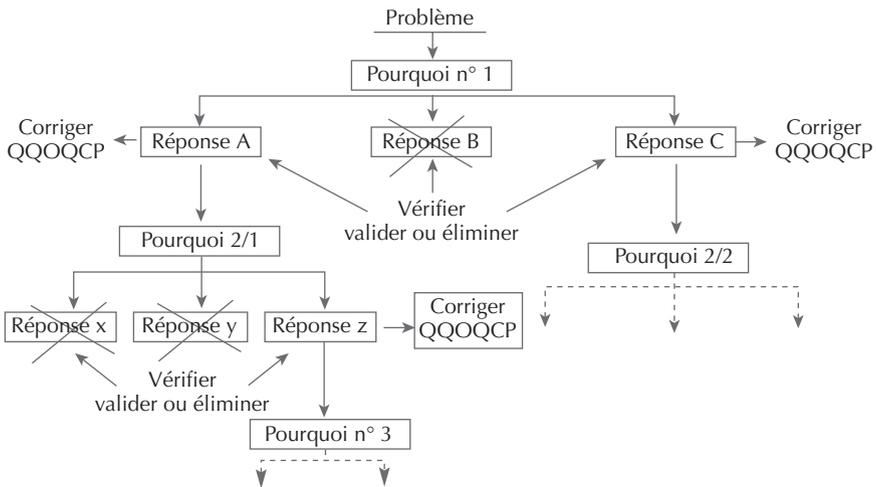
Taïchi Ohno (véritable fondateur du Toyota Production Système) qui a structuré cette méthode précise que « l'action correctrice efficace est celle qui agit sur la cause profonde et non sur la cause apparente ».

Il est sans doute judicieux de rappeler encore une fois 2 évidences :

1. Un problème est un écart mesuré entre une situation **réelle** et une situation **souhaitée**,
2. Il n'y a pas de problème s'il n'y a pas de mesure.

L'analyse 5 Pourquoi peut être représentée par la figure 6.12 ci-dessous. La plupart des problèmes se résolvent sans aller jusqu'à 5 Pourquoi. Mais attention de ne pas s'arrêter aux mesures palliatives. Il est incohérent d'arrêter l'analyse lorsqu'on a trouvé l'opération de contrôle ou de surveillance à confier à un opérateur ou un technicien. **Il faut vouloir supprimer la cause !**

Figure 6.12 – Structure des 5 Pourquoi



Mode d'emploi de l'analyse 5 Pourquoi

Il suffit de se poser plusieurs fois la question **pourquoi** et répondre à chaque **pourquoi** en décrivant les phénomènes physiques. Ce travail sera réalisé par un groupe composé de personnel de production/maintenance et des autres services spécialistes du domaine concerné (cf. remarque 1). D'où le déroulement du travail de groupe :

- a) Énoncer clairement le problème :
 - ramener le problème à un phénomène physique,
 - s'attacher aux faits, aux actions ou événements qui se sont réellement déroulés,
 - les décrire de façon objective, faire un schéma, chaque personne doit être d'accord sur leurs formulations,
 - ne pas porter de jugement de valeur, ne pas interpréter.

- b) Rechercher (en utilisant éventuellement les 5M) les différentes causes possibles de chaque **pourquoi**.
- c) Vérifier ces causes sur le terrain (cf. remarque 2).
- d) Définir la ou les corrections à apporter. Mais ne pas s'arrêter là !
- e) Chaque cause retenue devient **un nouveau** problème à résoudre.

Remarques :

1. La présence d'un spécialiste améliorera la performance du groupe à condition qu'il ait une bonne capacité d'écoute.
2. La vérification sur le terrain des hypothèses avancées peut nécessiter un certain délai. On doit, bien entendu, définir comment seront vérifiées ces hypothèses et quel est l'état normal (ce qui est en soi-même une source de progrès non négligeable). Ces vérifications sont réparties entre les différents membres du groupe suivant leurs compétences.
3. Nous verrons au chapitre 11 une autre méthode d'analyse : l'Analyse PM. Cette méthode est utilisée lorsqu'on a déjà atteint 0.5 % de pannes ou de défauts et que les méthodes traditionnelles : Arbre des causes, 5 Pourquoi, 5M deviennent insuffisantes.
4. On ne doit pas rechercher à répondre à un pourquoi de niveau N avant d'avoir validé ou éliminé toutes les causes envisagées au niveau N-1.

Chapitre 7

Pilier 2 : maintenance autonome

Dégradations forcées et dégradations naturelles

Nous avons précisé, lors de l'analyse du taux de rendement global du système de production, qu'il existait 3 grandes familles de pertes :

- les pertes dues à la fiabilité des équipements,
- les pertes dues à l'organisation,
- les pertes dues aux méthodes et aux procédés.

La conduite du pilier 1 : amélioration au cas par cas nécessite, si l'on veut être sûr de voir les **vrais problèmes**, de retrouver la fiabilité intrinsèque des équipements. Pour cela il est indispensable d'appliquer les 5 mesures énumérées page 93.

1. Respecter les conditions de base,
2. Appliquer les conditions opératoires,
3. Éliminer les négligences de maintenance,
4. Prévenir les erreurs humaines (exploitation et maintenance),
5. Supprimer les faiblesses de conception.

La production a un rôle important à jouer dans l'application de ces 5 mesures. Les opérateurs qui utilisent l'équipement, qui « vivent avec » ont un impact sur sa bonne utilisation et peuvent voir, détecter et même « sentir » les changements d'état, de comportement de l'équipement.

Dans les pertes dues à l'organisation nous avons indiqué qu'il existait aussi des pertes dues à l'activité des opérateurs mais, ne nous trompons pas et l'inventaire des 16 causes de pertes le démontre, les pertes sont créées par l'ensemble de l'entreprise.

Dans son livre *Hors de la crise* W. E. Deming précise « Aucun défaut propre au système ne peut être compensé par un plus grand effort des ouvriers, même s'ils font preuve d'une habileté exceptionnelle ». Rappelons-nous que pour Deming le système est constitué de l'organisation, du mode de management de l'entreprise et de sa culture.

La TPM® partage ce constat. Chacun dans son secteur, son service, son atelier, son UEP doit agir pour supprimer les dysfonctionnements.

Par rapport à la répartition entre causes spéciales et causes communes relevée par W. E. Deming il n'est pas possible :

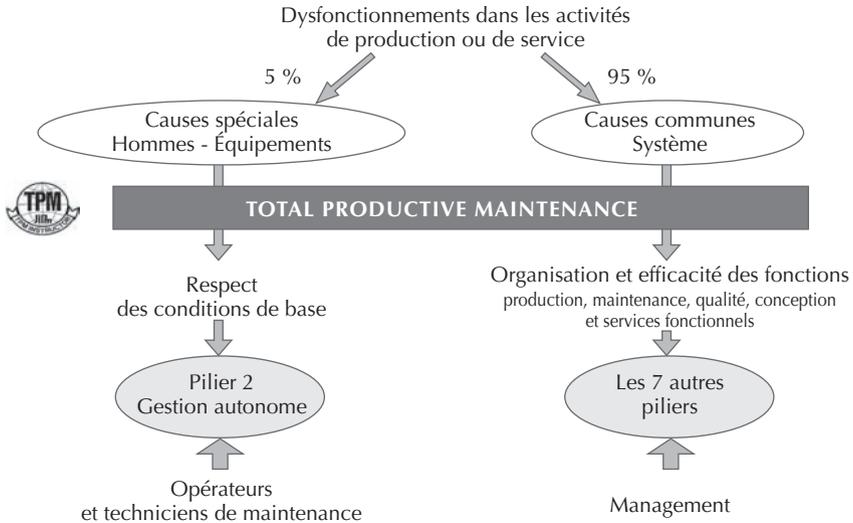
- d'appliquer initialement la loi des 20/80 (une amélioration du système n'est pas suffisante si elle n'est pas comprise et appliquée sur le terrain),
- de compter sur les ouvriers pour résoudre les problèmes dus au système (c'est pourtant ce que l'on a fait avec les cercles de qualité et ce que tentent de faire certaines entreprises en croyant que les 5S ou la maintenance de 1^{er} niveau effectuée par les opérateurs résoudront les problèmes de production).

La TPM® est conduite suivant le schéma de la figure 7.1 ci-après en supprimant les pertes dues :

- au système, c'est le rôle du management,

- au non-respect des conditions de base. C'est l'action sur le terrain de la Maintenance autonome.

Figure 7.1 – Approche système de W. E. Deming



Quels sont les objectifs de la maintenance autonome ?

Ce pilier a pour objectifs de :

- permettre aux opérateurs de contribuer au rendement optimal de l'équipement et de le pérenniser,
- rendre les opérateurs responsables de la qualité de leur équipement.

Cela ne signifie pas qu'ils répareront leurs machines mais qu'ils doivent pouvoir :

1. Respecter strictement les conditions de base et les conditions opératoires,

2. Verrouiller complètement et définitivement les causes de dégradations forcées des équipements :
 - agressions extérieures,
 - non-respect des conditions de normalité,
 - erreurs humaines.
3. Découvrir les dégradations en surveillant l'aspect de leur machine et en détectant les changements dans son comportement,
4. Comprendre la relation entre l'état de l'équipement et la qualité obtenue,
5. Participer au KAIZEN des ressources de production,
6. Améliorer leurs compétences et leur savoir-faire relatifs aux modes opératoires, aux techniques d'inspection, de montage et de réglage,
7. Réaliser des opérations simples de maintenance.

Cela correspond au changement de culture que nous avons annoncé en avant-propos. Le JIPM résume sa démarche en disant :

**« SI les équipements changent,
ALORS le personnel changera,
PUIS la culture changera ».**

Cette évolution sera construite à partir des 7 étapes de la maintenance autonome.

- Les étapes 1 à 3 permettent de retrouver l'état normal des équipements,
- Les étapes 4 et 5 conduisent au changement du comportement des Hommes,
- Les étapes 6 et 7 rendent les hommes autonomes et donc apportent ce changement de culture.

Le JIPM utilise le terme de Maintenance Autonome pour ce pilier, en fait il vise la Gestion Autonome des équipements par les opérateurs. Ce qui renforce la notion de groupes autonomes ou unités élémentaires de production (UEP) développés dans certaines entreprises.

Détecter les anomalies

En TPM[®], nous appelons ANOMALIE toute non-conformité par rapport aux conditions de base et aux conditions opératoires de l'équipement. Conditions qui définissent sa fiabilité. Ce sont ces anomalies qui constituent les défauts latents et qui par synergie sont à l'origine des défaillances chroniques et des pannes. Pour retrouver l'état normal des équipements il faut chasser ces anomalies (les détecter et les éliminer).

Inventaire des anomalies

Cette liste n'est pas limitative, mais c'est ce que l'on peut découvrir sur un équipement si l'on prend le temps de l'inspecter et si l'on retrouve son esprit critique. Ceci en faisant abstraction de ce qui a toujours existé ou est demeuré inaperçu suite à des changements survenus petit à petit au cours des années d'utilisation.

Il n'est pas rare de découvrir une cinquantaine d'anomalies sur une petite ligne de fabrication sur laquelle travaillent 2 ou 3 personnes. Dans certaines usines on atteint en 2 ou 3 ans le chiffre de 20 000 à 30 000 anomalies.

- **État de l'équipement**
 - Usure, jeu, frottements, vibrations, bruits anormaux, échauffements,
 - Pièces détériorées ou blessées,
 - Détériorations des protections, des chemins de câbles,

- Fuites d’huile, d’air comprimé, de matière,
 - État des groupes hydrauliques, fuites, qualité de l’huile, niveaux non respectés ou non visibles, propreté,
 - Usure poulies, courroies, alignement.
- **Salissures**
 - Encrassement de la machine et de son environnement par les poussières, les matières, les copeaux ou les fluides utilisés,
 - Systèmes de récupération des déchets défectueux, détériorés, inefficaces, difficiles à vidanger et à nettoyer,
 - Pièces, glissières, détecteurs recouverts d’huile ou de déchets,
 - Parties de machine cachées par des capots et envahies de saleté,
 - Colmatage filtres de ventilation, d’aspiration d’air ou de fluide,
 - Grilles d’aspiration et ventilateurs moteurs encrassés,
 - Non-optimisation des débits de fluides d’arrosage ou de coupe,
 - Absence de moyens de nettoyage ou moyens inappropriés.
- **Fixation**
 - Desserrage des boulons, des organes de fixation : on estime que 5 à 15 % des boulons ou vis sont mal serrés : trop ou pas assez (cf. remarque 1),
 - Pièces mal fixées, mal positionnées,
 - Têtes de vis ou écrous détériorés ou non standardisés,
 - Manque de pièces,
 - Frottements des câbles ou des tuyauteries les uns sur les autres, sur les bâtis, sur les pièces en cours de fabrication.

- **Lubrification**
 - Qualité du plan de lubrification, respect du plan de lubrification,
 - Manque de lubrification ou graissage surabondant, systèmes de graissage centralisé détériorés, tuyauteries écrasées, graisseurs peints ou non accessibles.

- **Non-respect des conditions nominales**
 - Conditions nominales non définies (comment doit-être l'équipement),
 - Conditions nominales non respectées,
 - Modes de réglage non respectés.

- **Visibilité/Accessibilité/Environnement**
 - Difficulté d'accès pour nettoyer, contrôler certains organes ou niveaux,
 - Manque de visibilité pour reconnaître les tuyauteries, tuyauteries inutiles (cf. remarque 2),
 - Non-repérage des valeurs nominales (manomètres, débitmètres, niveaux, etc.), des positions normales des vannes, de la nature et du sens de circulation des fluides,
 - Non-repérage des boutons de commande sur les pupitres,
 - Difficulté de démontage des capots pour nettoyage ou contrôle,
 - Mauvais rangement des outils (cf. remarque 3), outillages, fournitures, appareils de mesure, récipients d'huile ou de graisse, des moyens de nettoyage ou de manutention,
 - Outillages défectueux ou « bricolés »,
 - Mauvais stockage des matières premières et des pièces finies,
 - Mauvaise implantation de certains organes.

- **Sécurité**
 - Défauts de sécurité,
 - Détériorations protections,
 - Sécurités shuntées (cela existe, avant de vouloir sévir il faut trouver et supprimer la cause chronique qui incite les opérateurs à agir de cette manière).
- **Problèmes récurrents**
 - Défauts de cycle,
 - Défaillances ou incidents répétitifs non résolus,
 - Défaillances chroniques.

Remarques :

1. Il est cité par un consultant JIPM que dans une usine, la vérification du serrage de plusieurs dizaines de milliers de boulons a fait apparaître 32 % d'écrous desserrés. Après resserrage de ceux-ci, le taux de performance a augmenté de 9 %.
2. Dans une aciérie l'inspection/nettoyage initiale d'un « finisseur » a permis :
 - de dégager environ 20 tonnes de calamine, graisse, poussières,
 - d'éliminer 10 tonnes de tuyauteries, de coffrets et câbles électriques.
3. Un tableau de rangement des outils sur lequel apparaît le profil de chaque outil ne sert à rien s'il est implanté trop loin du lieu d'utilisation. Le meilleur lieu de rangement est celui où « tombe » l'outil lorsqu'on le lâche en fin d'utilisation. Il faut utiliser le bon sens des opérateurs pour « organiser cette chute ».

Faire la chasse aux anomalies

Utilisation d'étiquettes

Toutes ces anomalies seront repérées et visualisées sur l'équipement. Si la direction veut montrer qu'elle attache une importance à la démarche et au retour à l'état normal des équipements elle doit fixer un délai

court pour la réparation de ces anomalies. En général la direction fixe un objectif de délai de **1 mois**.

Figure 7.2 – Exemple d'étiquette

	BFN Conseils
N° 1221	
Équipement :	
Date : / /	
Trouvé par :	
<hr/> Anomalie constatée	
.....	
.....	
.....	
Traité le :	
Par :	
TPM®	

On utilise des étiquettes suivant le modèle ci-contre.

Elles sont constituées de 2 feuillets auto-copiants.

Le premier feuillet est utilisé pour la gestion de l'anomalie au niveau du tableau d'affichage Maintenance autonome.

Le deuxième feuillet cartonné est accroché sur la machine, au plus proche de l'anomalie constatée. Il y restera tant que l'anomalie ne sera pas supprimée.

Cette méthode n'a pas seulement un aspect ludique. On dit souvent que l'on transforme les machines en « Sapin de Noël ». Elle :

- fait prendre conscience à tous (opérateurs, techniciens maintenance mais aussi encadrement et direction) de l'écart entre l'état actuel de l'équipement et son état normal,
- démontre que si l'on veut voir **les vrais problèmes** il faut commencer par retrouver cet état normal. Dans les ateliers on met en avant les aspects conception, process, compétences du personnel avant d'être sûr que les équipements sont dans leur état normal,
- rend immédiatement visibles par tous les anomalies détectées, en particulier par les opérateurs des différentes équipes postées,
- définit ce que l'on attend de l'équipement et donc une première approche de sa normalité,

- permet de suivre le retour à l'état normal de l'équipement.

Il est important :

- de noter sur l'étiquette le constat d'anomalie et non la solution que l'on a envisagée. Celle-ci sera élaborée plus tard avec la participation éventuelle des spécialistes. Cette précaution évite bien des critiques ou même des rejets a priori. D'autant plus que ces étiquettes sont principalement utilisées par les opérateurs.
- que la personne qui a découvert l'anomalie indique son nom sur l'étiquette. C'est à elle que l'on s'adressera pour obtenir des renseignements supplémentaires. C'est elle qui validera la réparation. Cela est surtout important pour l'opérateur à qui on demande d'être responsable de la qualité de son équipement.
- de réserver les étiquettes au repérage des anomalies c'est-à-dire d'une non-conformité par rapport à l'état initial. Les propositions d'améliorations seront mémorisées différemment.

On utilise 2 couleurs d'étiquettes en général des rouges et des bleues, cela permet de distinguer les anomalies qui nécessitent l'intervention des techniciens de maintenance, outillage, méthodes (étiquettes rouges) de celles qui peuvent être traitées par les opérateurs (étiquettes bleues).

On privilégiera dans le temps les étiquettes bleues. Bien sûr, les opérateurs doivent produire et non réparer, mais réparer soi même responsabilise, permet de s'intéresser à son équipement et de se former avec l'aide de la hiérarchie ou des spécialistes.

Remarques :

1. L'affichage des étiquettes sur la machine et sur le tableau maintenance autonome constitue un mode de management visuel des anomalies.
2. La communication entre production/maintenance/autres services aura lieu lors de réunions en groupe devant le tableau d'affichage et non cachée derrière un outil informatique tel qu'une GMao.

Prise en compte des anomalies

Certaines entreprises comprennent mal la chasse aux anomalies. Cette difficulté provient de nos mentalités, de nos difficultés à appréhender l'importance de la normalité de l'équipement sur sa performance et la qualité du produit. Combien de fois ai-je entendu des jugements subjectifs tels que :

- Ce n'est pas grave, ça ne nous empêche pas de produire,
- Cela a toujours existé,
- On l'a déjà signalé, mais rien n'est fait.

Lorsque les responsables arrivent à accepter les anomalies, à les reconnaître comme telles, ils se rabattent alors sur l'organisation de leur traitement en exigeant de fixer des priorités et des délais, de créer un enregistrement de toutes les étiquettes et enfin sur le manque de budget alloué.

Il est difficile de faire admettre aux différents acteurs qu'ils ne peuvent pas :

- évaluer le niveau de contribution des anomalies aux défauts rencontrés,
- connaître la cause première de l'anomalie (la preuve en est fournie par l'impossibilité d'exploiter les historiques de pannes),
- estimer depuis quand existent ces anomalies,
- prévoir si elles se reproduiront.

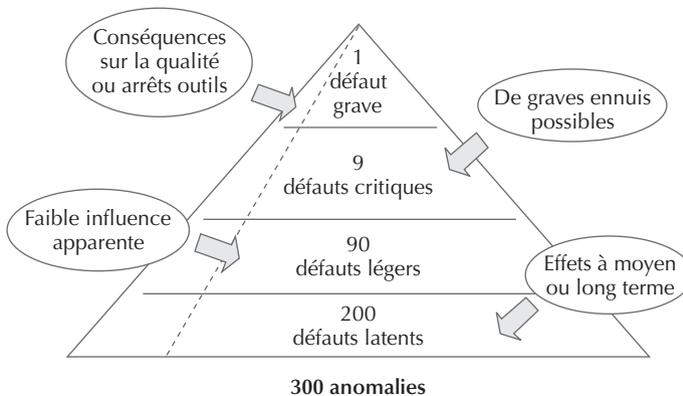
Étant dans l'impossibilité de répondre à ces différentes questions il y a 2 attitudes possibles :

- ne rien faire, puisque qu'on ne sait pas. C'est la solution « bien de chez nous »,

- supprimer **toutes** les anomalies en se basant sur la loi de Heinrich. Ce dernier avait étudié, dans les entreprises Américaines, la relation entre situation potentielle d'accident et accident du travail et relevé une proportion constante entre accident grave et situation potentielle.

Cette loi appliquée aux anomalies peut être représentée par le schéma ci-dessous. Les valeurs indiquées ne sont pas le résultat d'une analyse statistique, même s'ils sont le reflet d'une certaine expérience. Les valeurs ne sont utilisées que pour faciliter la démonstration. Sur 300 anomalies détectées :

Figure 7.3 – Triangle de Heinrich



- 200 ne sont que des **défauts latents** (poussières, saletés) qui auront peut-être des effets à moyen ou long terme,
- 90 sont des **défauts légers** tels qu'oxydation, rayures qui ont probablement une faible influence sur l'équipement,
- 9 sont **critiques** et risquent de provoquer de graves ennuis,
- 1 est **grave** et aura des conséquences importantes sur la qualité du produit ou sur la disponibilité de l'équipement.

Suivant le constat de Heinrich le rapport de 1/300 est constant quel que soit le niveau de prévention adopté par l'entreprise. On ne sait pas comment diminuer ces proportions, communes à tous les équipements. La seule solution possible pour ne pas subir de défauts graves ou critiques est donc de diminuer le nombre d'anomalies.

Un délai de traitement des étiquettes court (1 mois) permet de se dispenser de fixer des délais plus précis et évite de mettre en place un outil sophistiqué de gestion des étiquettes et des délais.

En ce qui concerne le budget nécessaire, il sert surtout d'excuse pour ne pas faire. On sait qu'en moyenne le traitement d'une étiquette coûte 100 euros, mais on ne sait pas mettre en parallèle les pertes et les réparations évitées.

Le président d'une grande entreprise française a répondu à un de ses cadres qui lui demandait le budget dont il pouvait disposer pour traiter les anomalies : « Je vous accorde une enveloppe illimitée car je sais que les dépenses engagées ne bouleverseront pas les budgets ; elles seront mineures par rapport aux résultats obtenus ».

Par contre il est important de définir un compte de dépenses au sein du budget maintenance pour savoir ce que l'on fait et montrer à travers les chiffres la volonté de la direction.

Remarque :

Lors du lancement de la chasse aux anomalies on a tendance à se focaliser sur les anomalies jugées « importantes » qui sont dues souvent au laxisme des années précédentes. Leur suppression amènera bien entendu des résultats mais les défauts chroniques persisteront et empêcheront de stabiliser le fonctionnement de l'équipement. De plus cette sélection brouillera le message que l'on veut transmettre concernant l'exigence de qualité de l'équipement.

La chasse aux anomalies nécessite :

- de distinguer la frontière entre **normal** et **anormal** (on ne doit pas accepter une zone d'incertitude qui équivaut à une source de conflit – la visualisation des plages de valeur en étape 2 permettra de lever ces doutes),
- d'obtenir l'accord du groupe et ne pas se satisfaire d'un seul point de vue,
- de prendre conscience que le normal n'est pas l'idéal mais l'état négocié et qu'il pourra être affiné dans le temps.

L'Inspection/Nettoyage

La chasse aux anomalies est toujours associée à un nettoyage, surtout lors du lancement de la maintenance autonome sur un équipement. Le nettoyage n'est pas une fin en soi, on ne se contente pas d'une approche centrifuge, extérieure, mais d'une inspection à la loupe jusqu'au cœur de l'équipement en démontant tous les capots et même certains organes.

Le nettoyage nous oblige à nous approcher de la machine, à la toucher, à la regarder de près. Ce qui permet :

- de faire apparaître les anomalies (boulons desserrés ou manquants, jeu, conducteurs non fixés ou inutiles, etc.),
- de détecter d'où proviennent les fuites (c'est lorsque la machine est propre que l'on voit où se crée la fuite),
- d'évaluer la vitesse d'encrassement,
- de suivre l'avancement de l'inspection et de visualiser les zones oubliées,

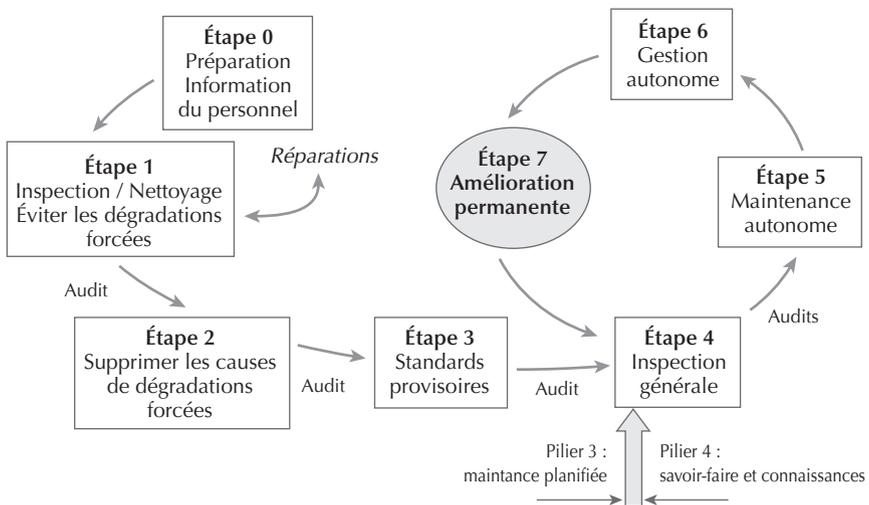
- de créer l'appropriation de l'équipement par les opérateurs. « J'ai peiné pour nettoyer, je ne veux pas recommencer tous les jours, il faut qu'**ensemble** nous trouvions les solutions pour que la machine ne se salisse plus ».

Dans un premier temps on souhaite protéger l'équipement contre les dégradations forcées mais l'objectif final est de supprimer les causes premières de dégradations.

Conduire la maintenance autonome en 7 étapes

La maintenance autonome est conduite en 7 étapes suivant la figure 7.4 ci-dessous. Le personnel ayant eu au préalable une formation générale à la TPM®.

Figure 7.4 – Les étapes de la maintenance autonome



Objectifs des différentes étapes

Étape 0 : Rappeler les principes de la TPM® – Réactiver la sensibilisation du personnel – Préparer l'étape 1.

Étape 1 : Inspecter/Nettoyer – Détecter les anomalies – Les réparer.

Étape 2 : Supprimer les causes premières d'anomalies – Protéger la machine si on ne sait pas encore faire autrement – Faciliter le nettoyage, la lubrification, le contrôle de la boulonnerie – Améliorer l'accès aux endroits difficiles pour toutes ces opérations.

Étape 3 : Établir avec les opérateurs et les techniciens de maintenance les standards provisoires de nettoyage/inspection, de lubrification et de contrôle de la boulonnerie – Les mettre en œuvre.

Étape 4 : Définir les inspections préventives et les interventions pouvant être réalisées par les opérateurs – Former les opérateurs (connaissances de base et techniques d'inspection) pour les rendre capables d'assurer ces inspections de routine.

Étape 5 : Mettre en œuvre la maintenance autonome (inspections suivant les standards et réparations des anomalies) – Rendre les opérateurs responsables de l'appréciation des standards.

Étape 6 : Étendre et optimiser la maintenance autonome – Les opérateurs gèrent eux-mêmes les performances de leur machine, la disponibilité des outillages et des consommables.

Étape 7 : Augmenter les connaissances des opérateurs pour qu'ils puissent participer à l'amélioration permanente de leur travail et à la chasse aux pertes. La TPM® devient partie intégrante de leur travail. C'est dans cet esprit que nous avons fait apparaître la GPEC – Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences – comme méthode associée à la TPM® (cf. fig. 1.1 page 20).

Les audits TPM®

Ces différentes étapes sont menées à la suite les unes des autres. Pour chaque étape, l'audit a pour but de :

- vérifier que toutes les actions prévues dans l'étape en cours ont bien été exécutées,
- évaluer l'état des équipements et l'implication des hommes par rapport à l'exigence de l'étape,
- s'assurer que les points relatifs à la préparation de l'étape suivante ont été réalisés,
- reconnaître le travail des opérateurs et des techniciens maintenance.

Tout audit est un référentiel de ce qui doit être acquis et préparé pour passer à l'étape suivante. Chaque audit a une structure très précise (points à vérifier, système de cotation, score exigé). Le JIPM distingue les audits relatifs aux installations de process de ceux appliqués aux lignes d'assemblage.

Les audits TPM® se différencient de ceux utilisés habituellement dans les systèmes qualité. Ils ont pour objectif de reconnaître le travail du personnel (et non le démerite ??) et sont réalisés suivant 3 niveaux :

- un audit **autonome** réalisé par les opérateurs qui jugent donc, eux-mêmes, la conformité de leur travail par rapport aux objectifs de l'étape,
- deux audits **hiérarchiques** identiques, le premier est réalisé par le responsable d'atelier, le second par la direction.

Remarque :

Un audit validé par la direction n'est pas renouvelé dans le temps. Par contre à partir de l'étape 2 chaque audit vérifie que les progrès obtenus durant les étapes précédentes sont bien maintenus.

Étape 0 : Information du personnel

Cette étape est destinée à rappeler au personnel :

- les principes de la TPM®,
- le processus des dégradations forcées et l'importance des anomalies,
- les différentes anomalies possibles,
- la corrélation nettoyage/inspection,
- le fonctionnement de l'équipement et sa place dans le process,
- les problèmes principaux et les incidents récurrents rencontrés,
- les risques présentés par l'inspection/nettoyage.

Étape 1 : Inspection/Nettoyage initial

L'Inspection/Nettoyage est l'action essentielle du lancement de la maintenance autonome sur un équipement. Elle a pour but de détecter les anomalies, les sources de salissures et les zones difficiles d'accès.

Cette étape est réalisée en différentes phases :

Phase 1 : préparation de l'inspection

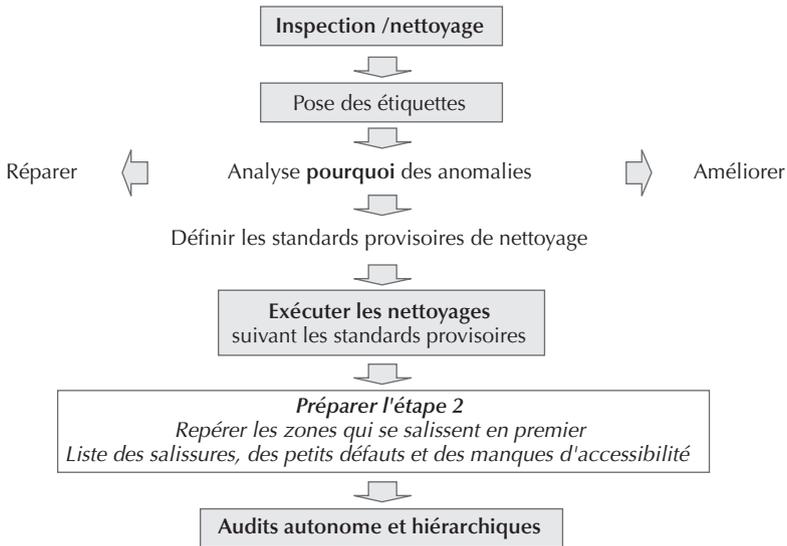
Phase 2 : définition des responsabilités

Phase 3 : inspection/nettoyage

Les anomalies sont repérées par des étiquettes (1 exemplaire sur la machine, l'autre conservé par le participant).

Les techniciens de maintenance aident les opérateurs à détecter les anomalies et donnent des explications sur le fonctionnement de l'équipement et la nature des anomalies.

Figure 7.5 – Processus étape 1



Remarques :

1. La phase 3 est effectuée, si possible en une seule fois avec l'ensemble des opérateurs travaillant sur l'équipement ou sur la ligne, avec la participation de techniciens de Maintenance, de membres de l'encadrement production, maintenance et autres services.
2. Elle ne doit pas être faite à la va vite.
3. Elle doit être minutieusement préparée (outillages – répartition du personnel sur l'équipement – définition des différentes zones affectées au personnel – « timing » – consignes de sécurité – consignation). Ceci est important. La TPM® a été présentée comme une démarche qualité demandant de la rigueur. Le Management doit montrer l'exemple.
4. Elle nécessite le démontage des capots de protection et de certains organes.

Phase 4 : analyse des étiquettes et réparations

Durant cette phase les étiquettes sont validées : Est-ce bien une anomalie – L'étiquette est-elle de la bonne couleur – Quelle en est la cause ? Elles seront dans les jours ou semaines suivantes corrigées par le personnel de production (étiquettes bleues) et par les techniciens de maintenance (étiquettes rouges).

Des réunions hebdomadaires maintenance/production devant le tableau d'affichage permettent de valider les réparations et les nouvelles anomalies détectées.

Phase 5 : inspections/nettoyages réguliers

Des standards provisoires de nettoyage sont élaborés avec les opérateurs et les techniciens de maintenance. Ils sont destinés à :

- découvrir de nouvelles anomalies (le système d'étiquettes est intégré à la conduite des équipements),
- maintenir la propreté de l'équipement, en particulier aux endroits stratégiques tant que les causes n'ont pas été supprimées,
- donner la même référence de propreté à tout le personnel des équipes postées,
- repérer les zones de salissures et les manques d'accessibilité afin de préparer l'étape 2.

Il est parfois nécessaire de programmer dans chaque équipe postée des opérations de moindre envergure que celle de la phase 3 pour dynamiser la détection des anomalies.

Phase 6 : audit autonome

Pour chaque zone de l'équipement le pilote du groupe maintenance autonome énonce un par un les différents points du document d'audit et chacun (opérateurs, techniciens de maintenance) fait son propre diagnostic. L'audit autonome n'est pas validé tant qu'il existe des anoma-

lies non repérées. Un modèle d'audit process suivant le modèle JIPM est donné dans l'annexe n° 6.

Phase 7 : audits hiérarchiques



À ce niveau l'audit est utilisé pour montrer l'importance donnée par la direction à la démarche et pour reconnaître le travail des opérateurs et des techniciens de maintenance.

Notamment il sera demandé aux opérateurs de présenter les améliorations qu'ils ont réalisées durant cette étape.

Remarques :

1. Durant toute l'étape 1, il est nécessaire de bien faire comprendre aux opérateurs « le Pourquoi des nettoyages ». Nettoyer pour :
 - détecter les anomalies avant qu'elles ne créent un dysfonctionnement,

- éviter les dégradations forcées dues aux salissures,
 - ne pas se laisser dépasser par les salissures,
 - nous obliger à la rigueur,
 - apprendre à respecter l'équipement,
 - nous pousser à rechercher des améliorations (Kaizen).
2. La mise en place de standards provisoires de nettoyage est indispensable afin que toutes les équipes postées aient la même référence et qu'il n'y ait pas de reproches possibles entre le groupe autonome responsable d'une partie de l'équipement et les autres groupes auxquels on a affecté une autre partie de l'équipement.
 3. Les standards (de nettoyage – d'inspection – de maintenance préventive) sont toujours provisoires. Ce n'est pas, comme le croyait un directeur, parce qu'on estime que l'on n'aura pas le courage de les appliquer très longtemps, mais parce que les tâches à réaliser doivent toujours être simplifiées, nécessiter un temps d'exécution plus faible ou être supprimées suite à des améliorations.
 4. Le standard présenté en annexe 7 suivant le modèle JIPM comporte des colonnes « temps alloué » et « temps amélioré ». On doit garder en permanence à l'esprit l'objectif de simplifier.
 5. L'Étape 1 prend du temps, de 9 mois à un plus d'un an suivant l'importance des équipements. Durant cette période on doit résister aux sirènes de la Maintenance de 1^{er} Niveau. Il est nécessaire avant de vouloir confier aux opérateurs certains contrôles (dans la TPM® ils sont très simples et se limitent jusqu'à l'étape 4 à des inspections relatives à la propreté, la lubrification, le serrage de la boulonnerie et la détection des anomalies éventuelles) de :
 - leur apprendre à être exigeants vis-à-vis de la propreté et de l'état de l'équipement (c'est un changement de mentalité qui demande du temps),
 - supprimer ou minimiser les causes de salissures et les zones difficiles d'accès (nettoyage et contrôle). Le nettoyage d'un équipement qui se salit en permanence ou le contrôle d'organes qui se dégradent de manière récurrente a quelques similitudes avec le mythe de Sisyphé.

Organisation des groupes de maintenance autonome

La réalisation de la maintenance autonome est basée sur le travail en groupe. Le groupe maintenance autonome est constitué d'opérateurs de la même équipe postée travaillant sur l'équipement et est animé par le hiérarchique direct des opérateurs que l'on nomme souvent « Pilote ou Leader de groupe maintenance autonome » ou plus simplement « Pilote TPM® » (chef d'équipe, responsable unité de travail, etc.).

Pour que le groupe se sente responsable d'un territoire il faut que ce dernier lui soit propre et qu'il ne soit pas trop large. Il faut donc trouver un compromis entre la taille de l'équipement, le nombre d'opérateurs concernés, le nombre d'équipes postées.

La taille de l'équipement détermine si l'étape 1 peut être lancée sur l'ensemble de l'équipement ou non.

Une zone de l'équipement étant affectée au groupe, celui-ci traitera les étiquettes bleues, recherchera les améliorations, construira les standards provisoires de cette zone. Bien entendu un opérateur d'une autre équipe, appartenant à un autre groupe mais qui travaille dans cette zone devra lui aussi détecter les anomalies et appliquer les standards. Les pilotes et la hiérarchie assureront la coordination entre les différents groupes. Celle-ci sera favorisée par la création d'un « Comité Pilotes TPM® ».

À ces groupes sont associés des « correspondants » maintenance, méthodes, qualité, outillage. Ils sont invités de manière organisée par les pilotes. Les techniciens associés à ces groupes doivent avoir une certaine autonomie pour répondre aux besoins des opérateurs. Ils aideront ceux-ci à :

- détecter, valider les anomalies et traiter les étiquettes,
- trouver les solutions techniques relatives aux salissures et aux difficultés d'accès,
- établir les standards provisoires,

- mieux connaître les équipements (rédaction de leçons ponctuelles),
- disposer des informations relatives à l'avancement des travaux de suppression des anomalies ou de traitement des améliorations.

Dans la mesure du possible les correspondants maintenance traiteront les étiquettes rouges relatives à leur chantier.

Remarque

Le lancement de la TPM® est réalisé par le démarrage d'un chantier pilote sur lequel on applique les piliers 1 et 2.

Le groupe pilote maintenance autonome est constitué des managers (futurs animateurs de la TPM® dans leurs services) qui conduisent le chantier jusqu'à l'étape 3. Ainsi ils peuvent montrer l'exemple et acquérir l'expérience nécessaire à l'organisation, la planification et la conduite de nouveaux chantiers.

Le tableau d'affichage maintenance autonome

La maintenance autonome étant basée sur l'appropriation des équipements par les opérateurs, il est indispensable de mettre à leur disposition un tableau d'affichage pour :

- montrer les résultats qu'ils ont obtenus,
- valoriser leur travail,
- connaître ce que font les autres groupes et coordonner leurs actions.

Des réunions hebdomadaires avec les opérateurs sont animées par le pilote devant le tableau, elles ont pour objectifs :

- de leur fournir les réponses aux besoins qu'ils ont détectés dans leurs actions de maintenance autonome (délais, décisions, etc.),
- faire le point sur l'avancement du projet par rapport aux objectifs,
- faire connaître à tous les opérateurs les décisions à appliquer (standards),

Exemple de tableau d'affichage maintenance autonome



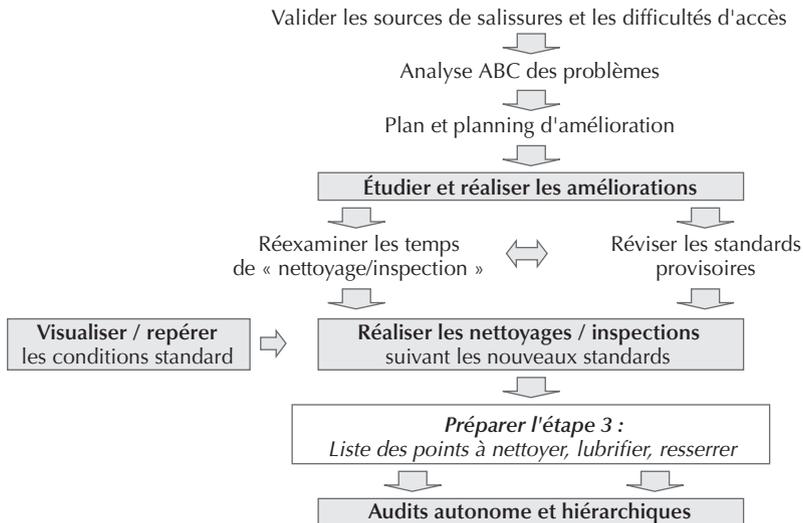
- partager l'expérience et les connaissances acquises par chaque groupe.

Le nombre de tableaux et leur taille dépendront de la place disponible et de l'importance des équipements.

Étape 2 : Suppression des causes de dégradations

Les différentes phases de l'étape 2 sont représentées par la figure 7.6.

Figure 7.6 – Processus étape 2



À partir du relevé effectué durant l'étape 1 le groupe valide :

- les différentes causes d'anomalies telles que salissures – contamination,
- les zones difficiles d'accès pour nettoyage, contrôle de la boulonnerie, lubrification.

De plus tous les points qui doivent être visualisés sont listés tels que :

- plages normales pour manomètres, niveaux, débitmètres, ampèremètres, etc.,
- sens de circulation des fluides et positions normales des vannes,
- boulonnerie et positions relatives d'organes.

Un programme d'amélioration est établi, les résultats obtenus sont mis en valeur par une fiche d'amélioration (voir exemple de fiche suivant modèle JIPM en annexe 8).

Les améliorations apportées sont exploitées pour réviser les standards provisoires de nettoyage.

Remarque :

Il est surprenant de constater, lorsqu'on veut visualiser les plages standards de fonctionnement ou de réglages, que les techniciens rencontrent beaucoup de difficultés pour définir ces valeurs. Ce qui signifie que l'on a mis en service un équipement sans se préoccuper de fixer ses conditions d'utilisation.

Suppression des causes de salissures et esprit Kaizen

La méthodologie de la suppression des causes de salissures est représentative de l'esprit Kaizen. Elle s'appuie sur les 4 phases ci-dessous :

1. **Évaluation de la source** : son type (matière première – huile de coupe – copeaux – huiles – poussières), son volume et son impact sur l'équipement.
2. **Recherche des relations** entre process, réglages, qualité du produit, fonctionnalité des ensembles concernés et état de l'équipement.

Très souvent les standards ne sont pas définis ou ne sont pas respectés par les opérateurs. Par exemple :

- le débit minimal d'huile de coupe ou de refroidissement est réglé au maximum, ce qui provoque des surcoûts de consommation ou de traitements, la salissure de toute la machine et de son environnement et parfois même des accidents.
- les paramètres de réglage de l'intensité d'un poste de soudure semi-automatique ne sont pas optimisés par le service méthodes, d'où l'existence de projections qui salissent la machine, gênent le personnel et perturbent le processus aval,
- les paramètres de réglages d'un poste de peinture manuel et la trajectoire optimale n'ont pas été définis. On constate alors une consommation excessive de peinture et la salissure de l'environnement de travail. Même si cela fait partie du professionnalisme des peintres, la meilleure méthode doit être appliquée par tous.

On doit avant tout se poser la question est-ce que je peux diminuer la source de salissure ? Pour cela il est indispensable que tous les acteurs et experts du domaine aient le même objectif.

Dans certains ateliers où le nettoyage est sous-traité cette question ne vient même plus à l'esprit. Si l'entreprise veut progresser elle doit dans un premier temps nettoyer elle-même ses équipements.

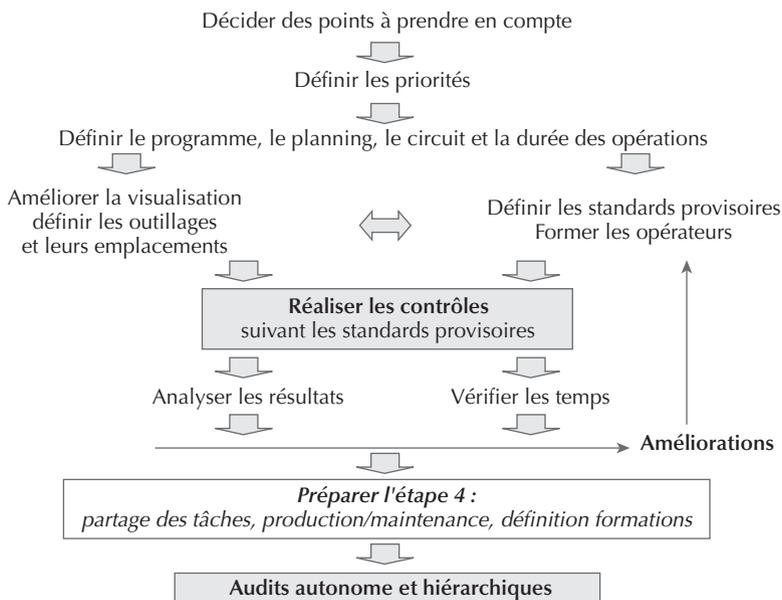
3. **La recherche de solution** doit être effectuée par approche successive. Les capots de protection ou de captation peuvent dans un premier temps être réalisés en carton ou dans des matériaux malléables ce qui permet aux opérateurs eux-mêmes de les améliorer et de s'assurer qu'ils ne perturberont pas l'accessibilité de la machine.
4. **Mesure et consolidation des résultats.** En particulier vérifier les effets de la solution adoptée sur la qualité, la fiabilité et les temps de nettoyage ou d'inspection. L'audit de l'étape 2 vérifie que :
 - toutes les origines de salissures ont été listées et des améliorations apportées,
 - l'environnement de travail est correct,

- des améliorations relatives aux conditions de travail ont été réalisées,
- la visualisation des pressions, débits, niveaux, serrages, positions relatives des pièces est effective,
- l'étape suivante est préparée : inventaire des conditions de graissage.

Cette étape dure de 6 à 12 mois suivant le niveau de difficulté de traitement des problèmes de salissures et d'accessibilité.

Étape 3 : Définition des standards provisoires d'inspection

Figure 7.7 – Processus étape 3



Les standards provisoires construits à l'étape 3 sont des standards d'inspection qui concernent :

- les nettoyages,
- la lubrification,
- le contrôle de la boulonnerie,
- des contrôles simples pouvant être réalisés en utilisant les 5 sens des opérateurs.

Ils sont établis sur les mêmes imprimés que les standards provisoires de nettoyage.

Étape 4 : Inspection générale

Cette étape est interdépendante des piliers 3 (Maintenance planifiée) et 4 (Amélioration des compétences et du savoir-faire). En effet durant cette étape on définira les opérations de maintenance préventive qui peuvent être exécutées par les opérateurs. Cela nécessite que :

- le service maintenance ait établi la liste des opérations de prévention à réaliser sur les équipements (maintenance préventive basée sur le temps),
- les services maintenance et production se mettent d'accord sur les tâches pouvant être exécutées par les opérateurs,
- les domaines techniques concernés par ces tâches soient listés. On entend par domaine technique les thèmes tels que boulonnerie et visserie, systèmes de lubrification, hydraulique, pneumatique, transmission, électricité, sécurité, process,
- les formations relatives à ces différents domaines techniques soient préparées et diffusées,
- les feuilles de vérification et les manuels d'inspection soient rédigés. La participation des opérateurs à la construction de ces documents

permet de vérifier qu'ils ont bien assimilé les connaissances transmises durant les formations.

Nous pouvons constater que l'étape 4 se distingue de ce qu'on nomme très souvent la maintenance de 1^{er} niveau.

L'objectif de cette étape est de donner au personnel les connaissances et le savoir-faire indispensables (les 2 vont de pair) pour qu'il sache réaliser cette maintenance et surtout pour qu'il comprenne **pourquoi** leur bonne exécution est importante.

Jusqu'à l'étape 3 on « tenait par la main » les opérateurs et l'action de chaque groupe était focalisée sur son territoire (une zone de l'équipement). A partir de l'étape 4 les opérateurs deviennent autonomes et gèrent l'ensemble de l'équipement.

Pour ne pas disperser les efforts de formation et gérer de manière homogène l'ensemble de l'équipement et du personnel, il est souhaitable que toutes les zones de l'équipement aient réussi l'audit de l'étape 3 avant de lancer les formations. Mais ce souhait ne doit pas provoquer l'enlisement de certains chantiers. On peut envisager un regroupement partiel de certains d'autant plus que la préparation et la diffusion des formations nécessitent beaucoup de temps.

Remarque :

La démarche TPM® prévoit de faire réaliser les opérations simples de graissage et de lubrification par les opérateurs en ayant toutefois pour objectifs d'automatiser ces opérations. Leur réalisation nécessite beaucoup plus de rigueur que celle que l'on trouve dans certains services. En effet il est nécessaire de :

- former les opérateurs :
 - technologie des équipements et relation avec les techniques de lubrification et de graissage,
 - pratique de la lubrification : respect des quantités, utilisation des bons outils, propreté, contrôle des organes de graissage, sécurité,

- définir les points à lubrifier :
 - repérage sur machine incluant visualisation de la fréquence et de la nature du lubrifiant,
 - nombre de coups de pompe, niveaux maxi, consommations prévisionnelles,
- standardiser les lubrifiants et les organes de graissage,
- créer une « station-service » définissant :
 - les emplacements exacts,
 - les standards de propreté,
 - la gestion des stocks et le mode de réapprovisionnement,
 - les consignes de sécurité.

Étape 5 : Maintenance autonome

Les standards sont appliqués, l'analyse des résultats obtenus est mise à profit pour :

- affiner les standards,
- supprimer les opérations inutiles,
- améliorer la fiabilité et la rapidité des inspections,
- faire évoluer le partage des tâches entre maintenance et production.

Durant cette étape, les opérateurs inspectent les équipements à partir des connaissances théoriques acquises lors de l'étape 4 et non plus sur la base de leur expérience.

Étape 6 : Gestion autonome

L'autonomie des opérateurs est étendue au niveau de :

- la qualité des produits,
- la qualité des équipements,
- l'enregistrement et l'analyse des résultats de marche,

- la gestion des approvisionnements,
- la gestion des outillages.

Cette étape correspond entièrement à la logique des Unités Élémentaires de Production.

Étape 7 : Amélioration permanente

Cette étape est le bouclage de la démarche de progrès permanent que représente le pilier 2. La direction a un rôle important à jouer pour assurer la pérennisation de cette gestion autonome des équipements.

Nous avons décrit principalement les étapes mises en place pour des ateliers ou lignes de production avec des équipements. Pour des lignes d'assemblage ces étapes diffèrent légèrement, les problèmes techniques étant davantage liés aux produits assemblés qu'aux équipements utilisés. Les étapes restent identiques dans leur esprit.

Quels sont les points clés de la réussite de la maintenance autonome ?

- Former/informer tout le personnel, faire comprendre que tous ont à fournir un travail pour la réussite de la TPM®,
- Assurer le travail transversal entre départements,
- Pratiquer le travail en groupe,
- Sensibiliser les opérateurs et les techniciens de maintenance aux causes de défaillances et aux anomalies. L'encadrement doit montrer l'exemple en étant lui-même exigeant et en libérant les équipements pour réparer les anomalies,
- Impliquer fortement le personnel de production et de maintenance,
- Démarrer par un équipement pilote,

- Respecter les étapes, les valider par des audits rigoureux durant lesquels la hiérarchie démontre son intérêt,
- Faire comprendre que le nettoyage est nécessaire mais qu'il doit être simplifié et mieux supprimé,
- Ne pas être trop long dans les étapes 1 et 2,
- Traiter rapidement les anomalies et les propositions d'améliorations,
- Avoir la volonté de transmettre le plus de connaissances possibles de manière simple et efficace (leçon ponctuelle),
- Valoriser les résultats en les publiant,
- Utiliser les tableaux TPM® comme point d'information et de communication,
- Élaborer les standards avec les opérateurs,
- Organiser régulièrement des réunions pour présenter le bilan de l'action (direction – services),
- Remettre en cause avec les opérateurs les standards pour améliorer leur efficacité, leur faisabilité et diminuer le temps consacré à la maintenance autonome.

Une nécessaire complémentarité entre production et maintenance

La maintenance autonome exige la complémentarité entre services production et maintenance :

Quel est le rôle de la production ?

- respecter les conditions de base : nettoyage, lubrification, resserrage,
- utiliser correctement les équipements : réglages, mode opératoires,

- détecter les anomalies : inspections quotidiennes, surveillance permanente en utilisant les 5 sens,
- obtenir les compétences et le savoir-faire : collecte des données concernant les réglages et les anomalies, transmission d'informations au service maintenance, propositions d'améliorations relatives aux équipements et aux conditions de travail,
- réaliser des réparations simples : remplacement de petites pièces et réparations urgentes, assistance des techniciens de maintenance lors de leurs interventions.

Quel est le rôle de la maintenance ?

Les techniciens de maintenance ont pour mission d'assister de manière organisée les opérateurs durant les différentes étapes pour :

- détecter et formuler les anomalies,
- comprendre les fonctions des équipements,
- rédiger les leçons ponctuelles (voir plus loin),
- définir les conditions nominales et les standards,
- supprimer les causes de salissures et améliorer l'accessibilité des équipements,
- traiter rapidement les anomalies (étiquettes rouges),
- permettre aux opérateurs de devenir autonomes dans la surveillance de leurs équipements en leur apportant les connaissances et les savoir-faire nécessaires à la réalisation de certaines actions de prévention,
- corriger les faiblesses de conception.

Ils devront aussi améliorer leurs propres compétences de maintenance : qualité et efficacité des actions préventives, des réparations, expertise, rationalisation et automatisation du graissage.

Méthodes et outils utilisés par la maintenance autonome

La maintenance autonome s'appuie principalement sur 2 outils :

- l'analyse 5 Pourquoi que nous avons vue précédemment,
- la leçon ponctuelle ou leçon 5 minutes.

La leçon ponctuelle ou leçon 5 minutes

La leçon ponctuelle (voir exemple annexe 10) est :

- un outil de transmission de connaissance ou de savoir-faire techniques sur un **point précis** et **un seul** qui concerne :
 - les **connaissances de base** (ce qu'il faut savoir pour avoir envie de...),
 - la **justification des améliorations** apportées aux équipements ou aux modes opératoires (expliquer les améliorations engagées),
 - la **prévention des dysfonctionnements** (empêcher le renouvellement d'une défaillance),
- une aide pour construire et diffuser la formation,
- un mode d'auto apprentissage : les opérateurs sont sollicités par leurs responsables pour qu'ils décrivent eux-mêmes les améliorations, les méthodes de réglages ou d'inspections à appliquer.

Il y a une quantité immense de savoir-faire et de connaissances qui doit être transmise aux opérateurs mais aussi aux techniciens de maintenance. En construisant des leçons ponctuelles, tous les membres des groupes de gestion autonome deviennent des animateurs.

Remarque :

Le savoir apporté par les leçons ponctuelles représente l'explication, le pourquoi que l'on devrait pouvoir lire entre les lignes des procédures. Elles fournissent aussi une réponse rapide, sans paperasse aux situations que l'on trouve quotidiennement dans les ateliers telles que :

- non-détection d'anomalies,
- erreurs de manipulation ou de réglages,
- incidents de production, pannes, défauts qualité,
- existence de méthodes de travail différentes entre les opérateurs,
- projet d'amélioration d'un équipement, d'une méthode de travail (c'est un outil de « vente »),
- constat par l'agent de maîtrise d'un manque de connaissance de la part de l'opérateur lors d'une discussion, lors de la détection d'une nouvelle anomalie, lors d'un changement de poste.

Le document support est utilisé pour :

- construire le message :
 - définition des points clés pour chaque type de leçon,
 - le moins de texte possible, des schémas à main levée qui sont plus rapides et souvent plus parlant que des photos (on ne photographie pas facilement la chaîne cinématique du système de centrage d'un convoyeur). La réalisation d'un schéma à main levée oblige à positionner les organes constitutifs les uns par rapport aux autres donc, de vérifier ses propres connaissances. Il permet à celui qui le réalise de mieux formuler le sujet et de préparer le message qu'il va transmettre.
- le transmettre à tous les opérateurs :
 - directement en 5 à 10 minutes maximum,
 - auprès de l'équipement ou en utilisant des aides concrètes,
 - en tête à tête ou par petits groupes.
- maintenir l'information sur l'équipement.
- s'assurer que tous les opérateurs ont été formés.

Les leçons de chaque type sont construites en s'appuyant sur 4 points clés qui sont les suivants :

- **Connaissances de base :**
 - Quelles sont les conditions normales,
 - Quelles sont les anomalies possibles,
 - Qu'est-ce qu'elles pourraient provoquer,
 - Quelles sont les actions préventives à adopter ?
- **Améliorations :**
 - Quelle est la situation actuelle,
 - Quelle est la nature de cette amélioration,
 - Quels sont les points sensibles apportés par cette amélioration,
 - Quelles sont les mesures préventives à mettre en place ?
- **Dysfonctionnements** (ces leçons sont construites à chaud) :
 - Quel est le phénomène rencontré,
 - Quelles en sont les causes,
 - Que doit-on faire immédiatement s'il se reproduit,
 - Quelles sont les mesures préventives à adopter ?

Remarques :

1. Par l'intermédiaire des leçons ponctuelles l'encadrement acquiert le « leadership » vis-à-vis du personnel. Toute la hiérarchie doit montrer l'exemple et encourager ainsi la maîtrise à surmonter ses craintes et ses préjugés.
2. Le nombre de leçons ponctuelles, d'améliorations proposées par le personnel, d'anomalies détectées et leur délai moyen de traitement sont les indicateurs phares de l'implication du personnel (opérateurs, techniciens de maintenance mais aussi encadrement) dans la gestion autonome des équipements.
3. Dans une usine de 700 personnes, 4 000 leçons ponctuelles ont été réalisées en 4 ans.

Chapitre 8

Pilier 3 : maintenance planifiée

Dans la démarche TPM® la fonction maintenance a différents objectifs :

- Supprimer les pertes relatives au manque de fiabilité des équipements qui ont un impact sur la performance industrielle : disponibilité, productivité, qualité,
- Retrouver, en partenariat avec la production, les conditions normales d'exploitation des équipements,
- Améliorer sa performance interne et diminuer les coûts de maintenance,
- Former les opérateurs pour qu'ils puissent devenir responsables de la qualité de leurs équipements,
- Participer à l'amélioration de la sécurité et des conditions de travail,
- Apporter son expérience dans la conception des nouveaux équipements (fiabilité, maintenabilité, coûts de maintenance).

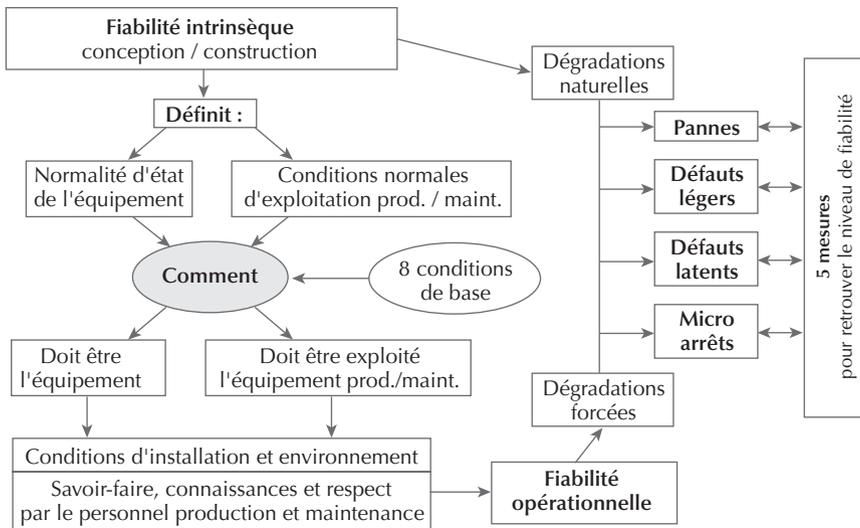
Le Pilier maintenance planifiée s'appuie, comme l'ensemble de la démarche, sur des notions élémentaires de bon sens.

De la fiabilité intrinsèque à la fiabilité opérationnelle

Les dégradations forcées ont un impact très important sur la diminution de la fiabilité intrinsèque de l'équipement. Pour simplifier et en nous plaçant au niveau des utilisateurs nous incluons dans la fiabilité intrinsèque les caractéristiques de fiabilité déterminées par :

- la conception (dimensionnement des organes, choix des technologies, des matériaux, des tolérances),
- la construction de l'équipement.

Figure 8.1 – Fiabilité intrinsèque et fiabilité opérationnelle



Suivant la figure ci-dessus, la fiabilité intrinsèque définit les « 2 comment » évoqués page 92 :

- **Comment** est et doit rester l'équipement ? Ce qui définit sa fiabilité donc ses probabilités de défaillances naturelles,

- **Comment** il doit être installé et exploité au niveau production et maintenance ?

Fiabilité intrinsèque et fiabilité opérationnelle déterminent le comportement des équipements et donc l'activité de la fonction maintenance.

Les conditions de maintenance : lubrification, qualité des réparations, qualité des pièces de rechange, efficacité de la maintenance préventive, moyens dégagés pour réaliser les révisions sont un des paramètres importants de la fiabilité opérationnelle.

Les 2 « comment » sont fixés à partir de 8 conditions. Elles concernent :

1. l'apparence extérieure des organes de l'équipement : état des pièces, de leurs surfaces, de leur fixation, absence de salissures,
2. la précision dimensionnelle : tolérances dimensions et de formes,
3. la précision d'assemblage : positions relatives, forces de serrage, rigidité,
4. la nature des matériaux : adaptation aux contraintes mécaniques, chimiques, etc., résistances aux sollicitations intempestives,
5. les conditions opérationnelles : définition et respect des conditions normales d'utilisation, de réglage, accessibilité pour contrôles, nettoyages et interventions,
6. la précision d'installation : fixation au sol, alignement, positionnement et protection des câbles et tuyauteries, qualité des énergies,
7. les conditions fonctionnelles : respect des conditions opératoires, maîtrise des dégradations naturelles, absence de dégradations forcées, lubrification, nettoyages,
8. les conditions d'environnement : absence de contraintes extérieures non prévues, accessibilité.

Ces 8 conditions permettent d'évaluer l'état de l'équipement et surtout de définir le niveau **souhaitable** ainsi que les limites de l'**acceptable**.

Quelles sont les différentes missions de la maintenance ?

Les 8 conditions de base des équipements étant respectées, la fonction Maintenance pourra se focaliser sur ses activités essentielles qui sont :

Des missions de maintenance proprement dites

Elles sont composées :

- **des dépannages** : interventions suite à des dysfonctionnements imprévus.
- **de maintenance préventive** basée sur :
 - la maintenance préventive **journalière** réalisée par les opérateurs ou les techniciens de maintenance. Celle-ci comprend les opérations telles que : rondes, réglages, purges, lubrifications, nettoyages, détection d'anomalies.
 - la maintenance préventive **basée sur le temps**. Cette appellation utilisée par le JIPM correspond aux actions de maintenance programmées suivant une unité d'œuvre (temps) représentative du fonctionnement de l'équipement (temps de marche, km, tonnes produites, etc.). Cette maintenance basée sur le temps correspond soit aux remplacements ou révisions systématiques, soit aux contrôles ou mesures programmés en fonction d'un calendrier.
 - la maintenance **prédictive** basée sur des mesures continues ou périodiques permettant d'évaluer le niveau de l'équipement.

Des activités d'amélioration

Elles sont destinées à améliorer le temps de bon fonctionnement des équipements, à diminuer les temps de maintenance, optimiser la main-

tenance préventive et donc diminuer les coûts de maintenance. Ces activités sont elles-mêmes constituées de :

- la maintenance **corrective** : amélioration de conception (une correction) au niveau de la fiabilité ou de la maintenabilité de l'équipement.
- la **prévention de maintenance** ayant pour objectif d'obtenir le « sans maintenance ».

Remarque ?

On notera que le JIPM adopte des définitions des activités de maintenance légèrement différentes de la norme EN 13306 mais qui sont tout aussi logiques. Les opérations de maintenance conditionnelle et systématique sont programmées suivant un temps de marche des équipements (le temps pris au sens de la fiabilité) elles sont donc bien basées sur le temps.

Pourquoi la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace ?

Nous avons dit page 24 « TPM® et méthodes de maintenance » que, tant que les conditions normales d'utilisation des équipements ne sont pas respectées, la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace.

Pour le démontrer, nous pouvons prendre l'exemple de la réalisation d'une maintenance conditionnelle (basée sur le temps). Pour simplifier, la figure 8.2 ci-après schématise par une droite l'évolution des caractéristiques d'un composant en fonction du temps. Pour mettre en place cette maintenance conditionnelle il est nécessaire de définir, à partir d'une estimation de la fiabilité intrinsèque du composant, un **seuil de défaillance** (limite des caractéristiques entraînant la panne) et un **seuil de sécurité** pour lequel le composant doit être changé afin d'éviter une possible panne.

Figure 8.2 – Maintenance basée sur le temps

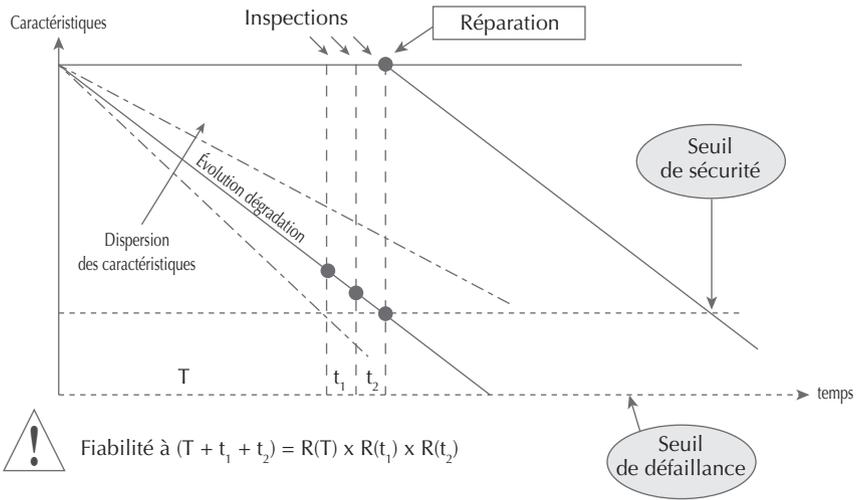
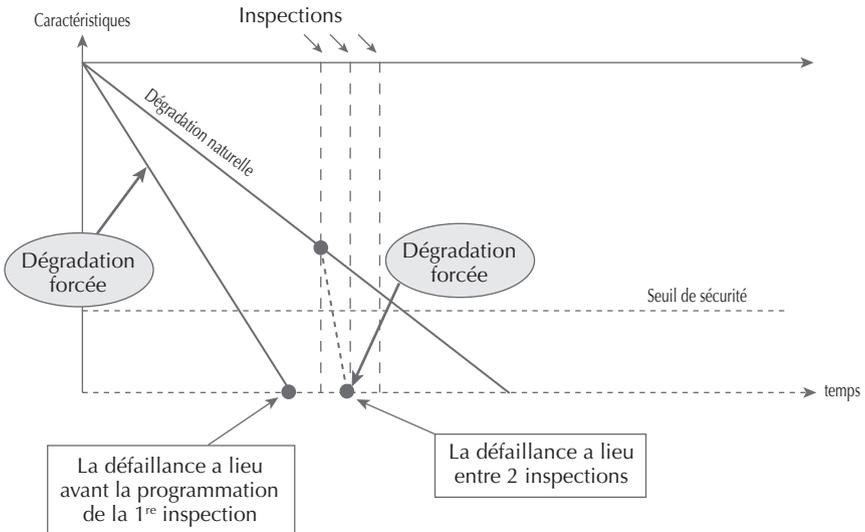


Figure 8.3 – Impact des dégradations forcées



Ce seuil de sécurité tient compte :

- du niveau de risque de panne accepté,
- de la dispersion aléatoire des caractéristiques du composant,
- de la fiabilité des contrôles,
- de la périodicité de ceux-ci.

Des inspections sont alors programmées aux temps T , $(T + t_1)$, $(T + t_1 + t_2)$. Lorsque les caractéristiques atteignent le niveau de sécurité, une réparation est réalisée et le cycle de maintenance préventive est relancé.

Malheureusement, l'existence de dégradations forcées, nous place dans le cadre de la figure 8.3 de la page précédente.

Une dégradation forcée permanente entraîne une augmentation de la vitesse de dégradation. Le seuil de défaillance est donc atteint avant de pouvoir réaliser la première inspection programmée.

Pour éviter cela, le responsable peut décider de programmer beaucoup plus tôt la première inspection. Mais ceci occasionnera une maintenance préventive **plus fréquente** donc **plus onéreuse**.

Cette accélération peut aussi avoir lieu de manière intempestive entre deux visites ce qui signifiera que le programme d'inspections a été **inutile**.

Le non-respect des conditions de base ou la création de dégradations forcées ont donc pour conséquence une maintenance préventive coûteuse (visites précoces ou trop rapprochées) ou inefficace (pannes avant le contrôle ou entre deux inspections). Cette situation serait identique pour une maintenance systématique.

Remarques :

1. La maintenance préventive doit avoir pour objectifs de vérifier ou de surveiller en adoptant un certain niveau de risque (risque de panne imprévue) que l'équipement a évolué conformément aux prévisions de

fiabilité qui ont été faites. Elle n'a pas pour but de détecter, par une surveillance rapprochée, les dégradations forcées créées par le non-respect des conditions de base.

2. La notion de prévention de maintenance adoptée par le JIPM correspond bien à la prévention primaire définie par le Larousse comme celle qui, dans le domaine médical, « s'attache à empêcher l'apparition d'une maladie » alors que la prévention secondaire consiste à « dépister..., à traiter précocement..., à prendre des mesures pour enrayer une épidémie ». Nous nous contentons souvent, en maintenance ou en qualité, de cette prévention secondaire. Ce n'est pas parce qu'un service maintenance réalise de la maintenance préventive secondaire qu'il est efficace.
3. On notera que la maintenance préventive s'applique à des phénomènes de vieillissement (usure, fatigue, corrosion). La probabilité de bon fonctionnement du composant diminue avec son âge et donc d'une visite à l'autre. Le théorème de Lusser relatif aux fiabilités conditionnelles permet d'écrire :

Fiabilité pour la 3^e visite = $F(t_2/T + t_1) = R(T) \times R(t_1) \times R(t_2)$

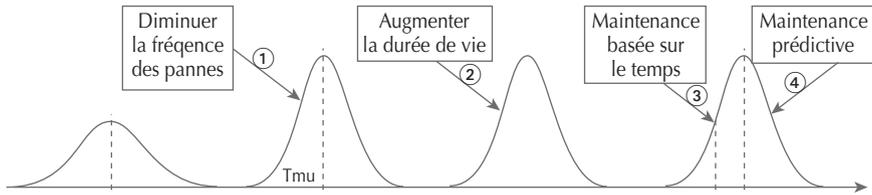
$F(t_2/T + t_1)$ étant la probabilité de bon fonctionnement durant le temps t_2 sachant que le composant a déjà fonctionné sans défaillance durant le temps $T + t_1$.

Ce qui signifie, si les conditions de fonctionnement sont respectées et les limites de défaillance et de sécurité bien adaptées, que le service maintenance devrait réaliser un nombre limité de visites. Le calcul démontre que la maintenance conditionnelle devrait être interrompue par un remplacement systématique dès la 2^e ou 3^e visite.

Quelles sont les différentes phases de la maintenance planifiée ?

Nous avons précisé dans le chapitre 6 (Amélioration au cas par cas) que le zéro panne pouvait être atteint en 4 phases. Le pilier maintenance planifiée définit les méthodes à mettre en œuvre pour réaliser cet objectif.

Figure 8.4 – Vers le zéro panne



Dégradations forcées	Nominal	Durée d'utilisation	
Phase 1 Diminuer la fréquence et la dispersion des pannes	Phase 2 Augmenter la durée de vie	Phase 3 Réaliser la maintenance préventive basée sur le temps	Phase 4 Appliquer la maintenance prédictive
Analyse de l'existant Éliminer les causes de détériorations forcées			
Réparations et améliorations de la durée de vie intrinsèque des composants			
	Estimer les MTBF et définir les standards de maintenance provisoire basée sur le temps		
	Adapter les standards aux besoins		
		Améliorer l'efficacité de la maintenance Trouver les corrélations	
			Implanter la mainte- nance prédictive
Généraliser à tous les équipements et améliorer l'efficacité des opérations			

Phase 1 : diminuer la fréquence et la dispersion des pannes. Cela nécessite d'analyser la situation existante. C'est-à-dire :

- détecter les anomalies avec les opérateurs (et les réparer),
- repérer les dégradations négligées,
- trouver et éliminer les causes premières de dégradations forcées,
- clarifier les conditions de fonctionnement et d'utilisation,

- mettre en place les moyens d'enregistrement des défaillances (fréquences, MUT, MTBF et MTTR, nombre de réparations et d'améliorations).

Cette phase est centrée sur l'exploitation de la maintenance quotidienne et l'analyse des causes premières des problèmes : pannes – petits incidents – anomalies détectées. Cette analyse est réalisée à partir :

- de la confrontation aux 8 conditions de base des équipements,
- d'analyses 5 Pourquoi,
- d'analyses PM,
- d'arbres de défaillances.

Elle permet de déterminer en phase 2 les mesures correctives (au sens d'améliorations adopté par le JIPM) à appliquer.

Remarque :

Il est **indispensable de penser « retour à l'état normal ou réparation » avant amélioration.**

Phase 2 : augmenter la durée de vie intrinsèque des composants : l'analyse réalisée en phase 1 sera exploitée pour :

- supprimer les causes de défaillances récurrentes,
- éliminer les pannes inopinées dues aux erreurs :
 - **de réparation** : Savoir-faire de maintenance – amélioration et standardisation des méthodes de réparation,
 - **d'utilisation** : standards, modes opératoires, leçons ponctuelles, détrompeurs, amélioration des organes de commande,
- supprimer les faiblesses de conception : manque de solidité, défauts de construction, défauts process,
- remédier aux surcharges dues au process ou améliorer les caractéristiques des points faibles.

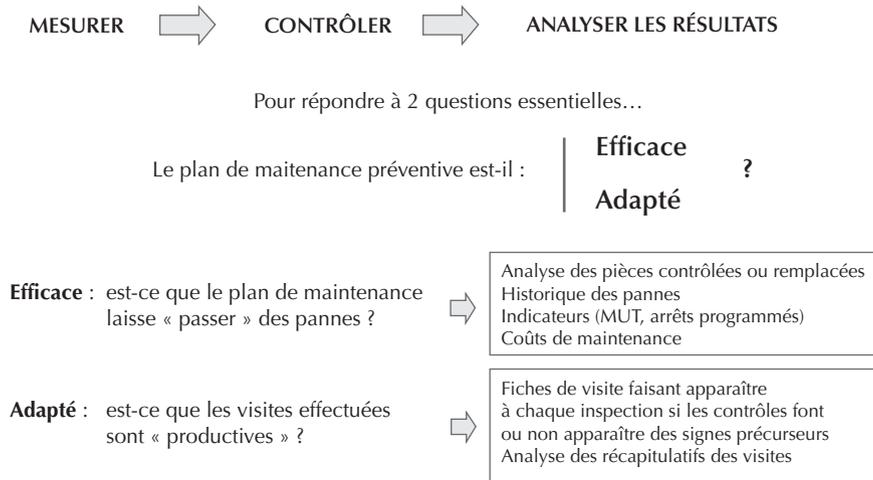
Phase 3 : réaliser la maintenance préventive basée sur le temps. L'élaboration du plan de maintenance demande de :

- définir les équipements prioritaires,
- analyser les modes de défaillances,
- estimer la durée de vie des composants et leur mode de défaillance naturelle,
- élaborer le plan de maintenance : points à vérifier, limites Normal/Anormal, modes opératoires, fréquences,
- vérifier la faisabilité du plan : technique mais aussi au niveau durée d'immobilisation des équipements et charge de la maintenance,
- mettre en place les moyens d'analyse et d'amélioration de l'efficacité du plan de maintenance.

Remarques :

1. On ne peut pas se contenter d'exécuter le plan de maintenance préventive au fil du temps. Il est indispensable de l'optimiser en mettant en parallèle les résultats d'expertise des éléments remplacés systématiquement ou les comptes rendus des vérifications avec l'historique des pannes.
2. Le plan de maintenance préventive doit être amélioré suivant la figure 8.5 pour répondre à 2 questions essentielles : Le plan mis en place est il **efficace** et **adapté** ?
3. Les améliorations permettront de modifier les standards de maintenance : adaptation des fréquences d'intervention, modes opératoires, meilleure définition des limites « Normal/Anormal ».
4. La mise en œuvre de la maintenance prédictive nécessitant de connaître la « carte de visite » de l'équipement ou du composant concerné on utilisera la phase de maintenance basée sur le temps pour mettre en évidence la corrélation entre état de l'équipement et une ou deux mesures physiques.

Figure 8.5 – Améliorations par l'analyse technique



Phase 4 : améliorer l'efficacité de la maintenance et implanter la maintenance prédictive :

- affiner les données de fiabilité et analyser les modes de défaillances,
- inventorier les composants qui font la qualité,
- trouver les relations entre défaut qualité et composants équipements,
- passer, en liaison avec le Pilier 6 (Maîtrise de la qualité), de la prévention des pannes à la prévention de la qualité.

Remarque :

Les améliorations apportées à la fiabilité de l'équipement tout au long de ces 4 phases auront pour effet d'augmenter la durée de vie moyenne des composants critiques et de réduire leur dispersion. La courbe de répartition de la durée de vie de chaque composant devenant plus resserrée autour de la moyenne, la maintenance basée sur le temps par remplacement systématique ou par révision systématique peut être à nouveau envisagée.

Quelles sont les conditions de mise en œuvre du pilier 3 ?

Il est nécessaire, et cela manque dans beaucoup d'entreprises, que les services maintenance préparent le plus tôt possible les éléments et indicateurs représentatifs :

- de la situation initiale,
- des axes d'amélioration de la fonction maintenance,
- des résultats obtenus par la mise en œuvre du Pilier 3.

Ces éléments concernent :

- la répartition des coûts : voir paragraphe suivant,
- le comportement des équipements : historiques **basés sur l'analyse de la cause première des dégradations**,
- les résultats obtenus par la maintenance préventive et corrective.

Ils doivent être complétés par la définition des équipements jugés comme prioritaires. C'est la direction qui les définit en accord avec les services production et maintenance (voir tableau page 155).

Remarque :

Ces indicateurs sont indispensables mais leur obtention doit être ciblée. Il est vain de vouloir enregistrer toutes les dépenses et interventions tant que les équipements ne sont pas sous contrôle statistique. Les responsables maintenance sont noyés sous un grand nombre d'informations vis-à-vis desquelles il leur est difficile de distinguer les causes aléatoires des causes spéciales (c'est ce que nous démontre très souvent l'exploitation d'une GMAo).

Répartition des coûts de maintenance

Les dépenses de maintenance doivent être réparties par :

- Secteurs et équipements principaux,

- Types de dépenses : MO interne – Pièces de rechange – Travaux sous-traités ou externalisés,
- Catégories de coûts.

Catégories des coûts de maintenance		
Coûts de maintenance	Coûts des utilities	Autres
<ul style="list-style-type: none"> • Maintenance préventive • Maintenance curative • Améliorations • Lubrification • Gros entretien & révisions • Matières & pièces de rechange • Structure & frais de gestion des stocks 	<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiments • Énergies • Distributions de fluides 	<ul style="list-style-type: none"> • Suppléments après mise en service des équipements neufs • Outillages et matériels de maintenance • Prestations pour d'autres services

Remarque :

L'enregistrement des dépenses « Suppléments après mise en service des équipements neufs » est judicieux. Il permet, comme nous le verrons dans l'étude du Pilier 5 (conception), de mettre en évidence une qualité insuffisante de la gestion de projet, en particulier au niveau des estimations budgétaires qui oblige les services maintenance à terminer la mise au point des équipements.

Évaluation des équipements prioritaires

Une matrice de criticité des équipements est réalisée à partir des facteurs tels que production et délais, qualité, coûts, sécurité/environnement, ambiance de travail (ce qui peut influencer sur le moral du personnel).

Le tableau ci-dessous donne un exemple de cotation. On peut se contenter de critères de choix simples sans tomber dans des excès de pondération. La criticité d'un équipement étant déterminée par la cotation la plus importante.

	Éléments d'évaluation	Cotation 1 ou 2 ou 4
Production et délais	Taux d'utilisation :	(4) pour 80 % (1) pour < 60 %
	Machine de remplacement facile à mettre en œuvre :	(4) pas de possibilité ou temps de changement long (1) possible, changement facile
	Impact de la panne sur les autres équipements :	(4) arrêt (1) pas d'influence
	Fréquence des pannes	(4) > 4 pannes/mois (1) 1 panne/mois
	Durée moyenne d'arrêt	(4) > 1 jour (1) pour < 2 h
Qualité	Impact sur l'assurance qualité produit	(4) rebut (1) sans incidence
	Coût non-qualité engendré	(4) > 10 000 € (1) pour < 500 €
Maintenance	Age de l'équipement	(4) < 5 ans (1) > 15 ans
	Charge maintenance	(4) > 20 h / mois (1) < 5 h / mois
Coûts	de défaillance (matière, MO, énergie, pénalités)	(4) > 15 000 € (1) < 1 500 €
	de réparation	(4) > 4 500 €/mois (1) < 1 000 €/mois
Sécurité/ environnement	Danger humain	(4) si danger (1) sans effet
	Risque de pollution	(4) si danger (1) sans effet
Conditions ou ambiance de travail		(4) si gêne importante (1) sans effet

Impact sur le choix des méthodes de maintenance :

Si une cotation = 4 : maintenance prédictive en continu ou en discontinu avec seuil d'alarme déclenchant une analyse,

Si une cotation = 2 maintenance basée sur le temps,

Si cotation = 1 maintenance corrective.

Comment choisir la politique de maintenance d'un équipement ?

Critères de choix

La courbe de fiabilité ou de durée de vie des composants nous a permis de distinguer 3 périodes :

- période **infantile** due à une mauvaise qualité des composants (le taux d'avarie diminue dans le temps suite aux remplacements de ceux-ci). Cette période n'est pas concernée par la maintenance préventive.
- période de **vie utile** ou de pannes dites accidentelles (le taux d'avarie est constant) : les pannes surviennent de façon aléatoire, imprévisible. Elles sont franches et subites et ne sont précédées d'aucun signe précurseur. Ce qui signifie qu'il n'est pas possible de prévoir la défaillance donc de faire de la maintenance préventive.

Durant la période de vie utile la fiabilité suit une loi exponentielle. Aussi la probabilité de défaillance durant une mission de durée déterminée ne dépend pas de l'âge du matériel mais uniquement de la durée de la mission. On peut exprimer cette caractéristique en disant que chaque fois que le composant est arrêté sa fiabilité est réinitialisée à 1.

Ce qui signifie qu'un remplacement systématique du composant n'apporterait aucune fiabilité supplémentaire. Au contraire il risquerait de créer des pannes infantiles dues à la qualité du nouveau composant ou à la qualité de l'intervention de maintenance.

Il n'y a donc pas de maintenance préventive possible durant cette période.

Par contre cette période peut être interrompue par un phénomène de vieillissement qui obligera à effectuer un remplacement systématique. La période de remplacement étant déterminée de telle manière que le taux d'avarie dû au vieillissement ne dépasse pas le taux d'avarie de la période de vie utile.

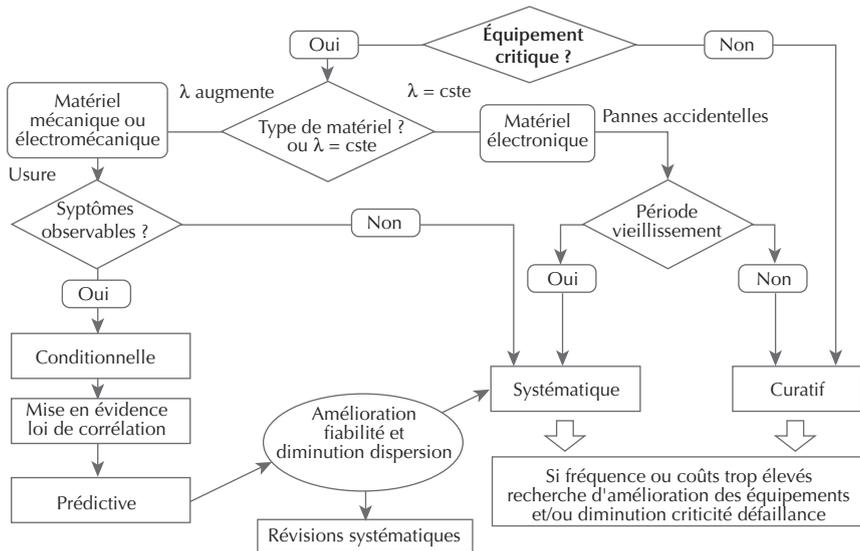
- période de **vieillissement**. Le taux d'avarie augmente avec la durée totale d'utilisation du matériel donc avec son âge. Les phénomènes de vieillissement évoluent en général lentement et sont accompagnés de signes précurseurs. Cette période est caractéristique des phénomènes d'usure, de corrosion et de fatigue. Durant cette période la maintenance préventive peut être appliquée.

La figure ci-après indique comment choisir le type de maintenance approprié. On voit que la maintenance conditionnelle est retenue pour un équipement :

- prioritaire,
- dont le taux d'avarie augmente dans le temps (période de vieillissement),
- pour lequel les symptômes de dégradation sont observables.

Cette maintenance pourra être remplacée par une maintenance prédictive lorsque la période précédente aura permis de mettre en évidence une loi de corrélation entre des mesures physiques et le niveau de dégradation.

Figure 8.6 – Critères de choix des méthodes de maintenance



La maintenance systématique (remplacement ou révision) est utilisée en période de vieillissement dans les 3 cas suivants :

- les techniciens de maintenance ne savent pas encore, par manque de connaissances ou d'expérience, observer ou détecter les symptômes d'usure. Cette maintenance est alors coûteuse car si elle réduit le risque de panne à $K\%$ on remplace $(1 - K)\%$ de composants qui auraient pu fonctionner plus longtemps,
- la durée de vie moyenne est bien connue et présente une dispersion faible. On peut alors diminuer les risques de pannes en évitant des remplacements trop précoces,
- le coût de la pièce est minime par rapport au coût de la défaillance.

En fonction des équipements critiques on devrait avoir dans une entreprise :

- 30 % des équipements nécessitant une maintenance prédictive,

- 60 % une maintenance basée sur le temps (conditionnelle ou systématique),
- 10 % une maintenance curative.

Remarques :

1. Dans certaines entreprises certifiées ISO/TS 16949 les auditeurs des organismes de certification exigent la mise en œuvre de la maintenance prédictive (prévisionnelle au sens de l'AFNOR) sur l'ensemble du parc machines. Cette approche paraît irréaliste et très éloignée de ce qui a été expliqué précédemment. Nous verrons que le pilier 6 traite la relation qualité produit et état des équipements d'une manière beaucoup plus rigoureuse que ce qui a lieu généralement.
2. L'analyse des consommations de pièces de rechange est insuffisante pour pouvoir évaluer le taux d'avarie donc la fiabilité des composants. En effet pour un équipement soumis à des phénomènes de vieillissement, le fait de remplacer les composants au fur et à mesure des défaillances entraîne que le taux d'avarie du composant apparaît comme constant.

Analyse et prévision des modes de défaillances

Différentes méthodes peuvent être utilisées : 5 Pourquoi, AMDEC, diagramme n, t_{moy} , $n \times t_{moy}$, diagramme de fiabilité, arbre de défaillances, analyse PM.

Ces analyses doivent tenir compte de deux remarques :

- **utilisation des historiques d'intervention :**

Les historiques des défaillances informatisés ou non s'avèrent très souvent inutilisables. Une analyse approfondie des causes de défaillance n'ayant pas été réalisée du fait de la diversité des causes possibles (cf. importance accordée aux anomalies dans la maintenance autonome). Il ne sert à rien de connaître les fréquences de remplacement d'un roulement si on ne sait pas à quel phénomène est due sa défaillance (fin de période de vie naturelle, mauvais graissage, mauvais montage, corps étranger, etc.)

- **application de l'AMDEC à la maintenance :**

L'utilisation de l'AMDEC peut être longue et nous conduire au bord de l'abîme. Il est donc nécessaire d'alléger cette méthode en :

- travaillant sur une arborescence fonctionnelle de l'équipement et en s'arrêtant à ce que la MBF (Maintenance Basée sur la Fiabilité) appelle les éléments prépondérants de maintenance. Ce sont les ensembles constitués de sous-ensembles non réparables,
- réalisant une analyse préalable des risques (APR).

Remarque :

Deux précautions s'imposent dans l'élaboration de l'AMDEC suivant l'annexe 11.

- Le facteur **détection** ne doit pas être utilisé, il représente déjà le choix d'une solution (action de prévention secondaire) alors que l'on doit rechercher à supprimer la cause de défaillance. Si cela n'est pas possible, on envisagera de détecter les prémices de la dégradation en appliquant une maintenance préventive.
- La probabilité de défaillance de l'équipement étant égale à la somme des probabilités de chaque ligne de l'AMDEC cette dernière doit être complétée par un arbre de défaillances.

Les différentes activités de maintenance

Le JIPM utilise la notion d'étape dans le pilier 3. Ces différentes étapes se chevauchent et sont tributaires du niveau d'organisation de maintenance existant dans l'entreprise. Aussi il semble préférable de rappeler les différentes activités du pilier 3, indissociables de l'efficacité de cette fonction et de les rattacher à différentes actions.

Des actions peuvent être lancées et conduites simultanément, d'autres nécessitent le démarrage ou l'exécution complète de certaines d'entre elles.

Quelles sont les actions à développer ?

Activités cibles	Actions	Description des actions
Retrouver l'état normal des équipements	Participer à la maintenance autonome	<p>Assistance aux étapes 1 à 3 Détecter et traiter les anomalies – Assister les groupes maintenance autonome : apport de connaissances – études améliorations – suppression des causes de détériorations</p> <p>Préparation de l'étape 4 Définir avec la production les contrôles préventifs pouvant être réalisés par les opérateurs – Définir les besoins en connaissances et savoir-faire – Préparer et diffuser les formations</p>
	Réparer les détériorations négligées	Liste des négligences
Obtenir le Zéro panne	Enregistrer et analyser l'existant	<ul style="list-style-type: none"> • Point quotidien des pannes avec la production • Analyser avec la Production les problèmes récurrents (groupes d'analyse)
	Suppression des points faibles des équipements	<ul style="list-style-type: none"> • Éliminer les risques d'erreurs Utilisation/ Réparation • Supprimer les faiblesses de conception des équipements • Remédier aux surcharges (élimination ou augmentation caractéristiques)
Chasse aux pertes		<ul style="list-style-type: none"> • Participer aux projets Usine • Chasse aux pertes internes au service maintenance
Établir le système de gestion de maintenance	Répartition des moyens utilisés Résultats obtenus Axes d'améliorations	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des équipements prioritaires • Connaissance des coûts de maintenance Coûts MO + PdR + ST • Enregistrement et analyse des modes de défaillances • Indicateurs

Activités cibles	Actions	Description des actions
Développer la maintenance basée sur le temps	Maintenance conditionnelle ou systématique	<ul style="list-style-type: none"> • Définir les standards – mettre en place le plan de maintenance • Analyser et exploiter les résultats de la maintenance préventive : expertise des pièces remplacées/suppression ou création nouvelles opérations/améliorations modes opératoires/adaptation fréquences
Améliorer	Efficacité de la maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des interventions maintenance – préparation des interventions • Qualité et standardisation des composants • Qualité des informations collectées • Qualité et disponibilité de la documentation technique – Lubrification • Gestion des stocks : définition des paramètres – rangement
	Connaissances	Du personnel maintenance
Développer la maintenance prédictive		Définir la carte de visite des machines – développer les méthodes de mesure – former un spécialiste

Le planning de ces activités est donné à titre indicatif en annexe 12. Il sera différent suivant le niveau d'organisation existant de la fonction maintenance. En le comparant à l'organisation mise en place on peut constater que l'on a parfois oublié certaines actions intermédiaires.

Les indicateurs

La liste ci-dessous n'est pas exhaustive. Nous rappellerons qu'un tableau de bord doit permettre au responsable de savoir :

- Où il est,
- Où il va,
- La distance qu'il a à parcourir.

Le tableau de bord nécessite simplicité, clarté, concision, fiabilité, rapidité d'obtention, tout ceci à un coût raisonnable. Les données qui sont utilisées doivent se rattacher à des bases reconnues par toute l'entreprise.

Pour cela les informations doivent être : ciblées, pertinentes, synthétiques.

Le tableau ci-dessous fournit les indicateurs principaux qui peuvent être utilisés pour suivre la progression de l'efficacité de la fonction maintenance obtenue par l'application du Pilier 3.

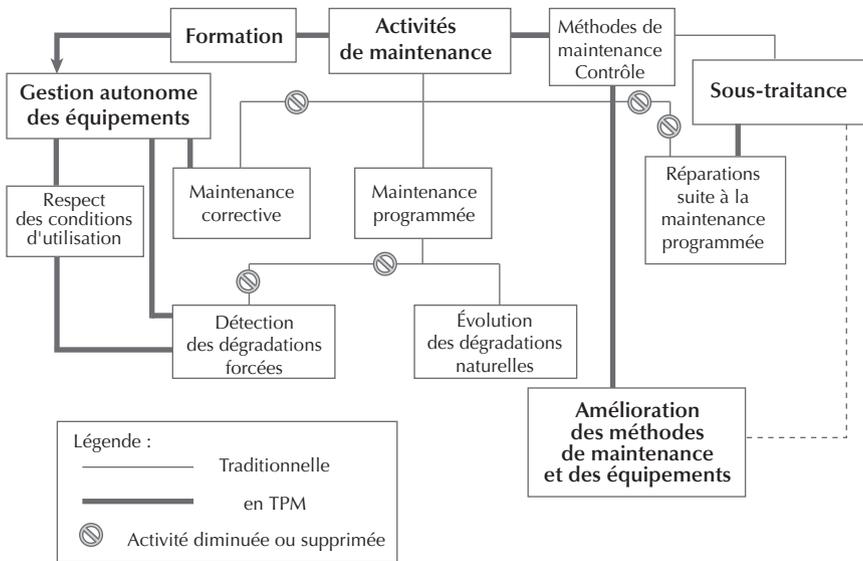
Activités cibles	Actions	Description des actions
Retrouver l'état normal des équipements	Participer à la maintenance autonome	Assistance aux étapes 1 à 3 <ul style="list-style-type: none"> • Nombre total d'étiquettes rouges à traiter par la maintenance/traitées • Nombre de leçons ponctuelles réalisées pour les différents chantiers maintenance autonome • Nombre de problèmes récurrents signalés par les chantiers/traités
		Préparation de l'étape 4 <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de formations – Nombre d'heures – Nombre de personnes formées – Nombre de standards élaborés
	Réparer les détériorations négligées	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de points détectés/traités – Gains obtenus
Obtenir le Zéro panne	Enregistrer et analyser l'existant	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'analyses réalisées/nombre d'améliorations réalisées • Nombre d'analyses 5 POURQUOI
	Suppression des points faibles des équipements	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de problèmes récurrents détectés/traités • Gains obtenus

Activités cibles	Actions	Description des actions
Chasse aux pertes		<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de projets demandés par la Production/traités • Gains obtenus/gains prévus.
Établir le système de gestion de maintenance	Répartition des moyens utilisés Résultats obtenus Axes d'améliorations	<p>Utilisation des moyens :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coûts (MO, PdR, Sous-traitance) par secteurs & équipements principaux et par type de maintenance • Nombre d'équipements sous les différents types de maintenance (conditionnel/systématique/prédictif)
		<p>Résultats obtenus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taux de disponibilité propre à la maintenance MTBF, MTTR • Temps préventif/temps de dépannage
Développer la maintenance basée sur le temps	Maintenance conditionnelle ou systématique	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'équipements sous maintenance basée sur le temps • Nombre de standards de maintenance • Nombre de révisions des standards de maintenance préventive • Nombre de visites analysées/évolution des durées des opérations PM
Améliorer	Efficacité de la maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité et disponibilité de la documentation technique : Test 30s • Gestion des stocks : Valeur stock – Taux de rotation – Test accessibilité 30s • Chasse aux pertes internes – Nombre de projets – Gains obtenus
	Connaissances	Apprendre à travers les pannes Heures – Nombre personnes formées
Développer la maintenance prédictive		Nombre d'équipements sous maintenance prédictive

Évolution de la fonction maintenance

Dans une approche traditionnelle hors TPM® les services maintenance ont 2 activités principales : les dépannages et la maintenance programmée.

Figure 8.7 – Évolution de l’organisation maintenance



La maintenance programmée est alors réalisée pour détecter d'éventuelles dégradations forcées et évaluer le niveau de dégradation naturelle des composants.

Dans une démarche TPM® l'application du pilier 2 (gestion autonome) supprimant les imprévus (dégradations forcées ou dégradations naturelles non détectées), le plan de maintenance préventive est alors réservé à la détection, la planification et la définition précise des réparations à effectuer.

La maîtrise de l'état de l'équipement permet de prévoir assez tôt le travail à effectuer ; il est donc possible de planifier et de sous-traiter les interventions.

La connaissance des équipements par les opérateurs et l'expertise des techniciens de maintenance qui ont conçu le plan de maintenance et réalisé les inspections rendent possible une utilisation efficace de la sous-traitance. Les responsables maintenance sont alors en mesure :

- de définir de façon précise les travaux à effectuer,
- d'évaluer au fur et à mesure de l'intervention l'état des pièces et donc la qualité du jugement porté sur leur état,
- de contrôler la qualité des réparations réalisées par le sous-traitant et de réceptionner les travaux de manière rigoureuse,
- d'améliorer les méthodes de maintenance et la conception des équipements.

Remarques :

1. Cette approche de sous-traitance rend variable une partie des coûts de maintenance tout en conservant la maîtrise et le savoir-faire de maintenance qui fait très souvent partie du métier de l'entreprise. Ainsi le service maintenance gardant la connaissance des méthodes de maintenance est capable d'évaluer ses fournisseurs. On dit parfois que pour avoir de bons fournisseurs il faut être un bon client, même si le sous-traitant a une obligation légale de conseil.
2. Elle évite le risque présenté par la sous-traitance de la maintenance qui conduit certaines entreprises à ne plus disposer du retour d'information relatif à l'état de leurs équipements.

Chapitre 9

Pilier 4 : amélioration des connaissances et du savoir-faire

Si les 3 premières étapes du Pilier 2 (Maintenance autonome) sont mises à contribution pour améliorer **par des actions simples** telles que les leçons ponctuelles les compétences et le savoir-faire des opérateurs, le Pilier 4 doit être lancé avant l'étape 4 : inspection générale. En effet à partir de l'étape 4 les opérateurs prendront en charge les inspections préventives et certaines interventions faciles. Il faut donc, pour réaliser efficacement cette mission, qu'ils sachent :

- **Ce qui est à faire,**
- **Pourquoi ils doivent le faire,**
- **Ce qui se passerait s'ils ne le faisaient pas.**

On distinguera dans ce pilier :

- Les connaissances : représentation consciente et méthodique des propriétés d'un objet.
- Le savoir-faire : habilité à faire réussir ce que l'on entreprend. « *Les Hommes possédant un savoir-faire sont excellents pour agir avec réflexe, de la détection d'un incident jusqu'à sa correction* ».

L'amélioration du savoir-faire des opérateurs concerne les activités :

- de fabrication : afin de respecter les conditions de base des équipements et être capable de réaliser des montages, des réglages, des remplacements.
- de maintenance de l'équipement : pour détecter les anomalies et remédier à celles-ci dans le cadre de leurs compétences.

La TPM® s'appuie sur un constat logique : les opérateurs respecteront les standards relatifs aux équipements, aux modes opératoires de production s'ils savent pourquoi il faut faire telle ou telle action et s'ils comprennent les conséquences du non-respect de ces standards.

Les opérateurs doivent comprendre la relation entre qualité du produit et qualité de l'équipement (ce n'est pas toujours la préoccupation principale des modes opératoires ou des procédures).

Quelles sont les compétences nécessaires aux opérateurs ?

Les compétences demandées aux opérateurs d'ateliers de fabrication (process ou mécanisés) sont différentes de celles nécessaires aux opérateurs travaillant sur des lignes d'assemblage. Elles peuvent être synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Types de compétences	Secteurs avec machines	Lignes d'assemblage
Détecter les anomalies	Signes avant coureur de panne ou prémices de défauts en utilisant les 5 sens (vibrations, bruits, échauffement, usure, etc.).	Anomalies basées sur l'impression qu'il se passe des choses anormales lors de l'assemblage ou que les constituants présentent des anomalies.

Prendre les mesures nécessaires	Corriger soi-même le plus tôt possible l'anomalie ou demander l'intervention du responsable ou du technicien en lui expliquant clairement ce qui a été constaté.	Toujours arrêter le produit présentant l'anomalie. Ne jamais la laisser aller au poste de travail suivant (principe du Jidoka du Système Production Toyota).
Prendre les mesures de base	Juger de la normalité d'un contrôle et de la qualité d'un composant à partir de critères pré-établis.	Comprendre parfaitement la fonction des composants assemblés et réaliser suivant des critères pré-établis les conditions optimales des assemblages.
Maintenir et contrôler	Nettoyer, lubrifier et détecter toutes les anomalies spécifiées ou non. Contrôler et maintenir l'équipement en état.	Vérifier, chaque jour, que les procédures et les gabarits sont appropriés. Assurer soi-même les conditions de travail, de contrôle et de maintenance.

Ces compétences sont évaluées suivant 5 niveaux qui seront utilisés dans la GPEC (gestion prévisionnelle des emplois et compétences) :

Niveau 1 : savoir décrire les anomalies,

Niveau 2 : connaître la structure de l'équipement ou du produit et savoir trouver les causes d'anomalies,

Niveau 3 : savoir trouver les relations entre défauts qualité et organes en cause,

Niveau 4 : pouvoir exécuter des interventions simples,

Niveau 5 : pouvoir détecter les problèmes dans son travail et mener les actions d'amélioration.

Quelles sont les compétences nécessaires aux techniciens de maintenance ?

Les techniciens de maintenance doivent être capables de :

- former les opérateurs à la maintenance quotidienne,

- juger si un équipement est dans un état normal ou anormal,
- réduire les temps d'intervention,
- améliorer la fiabilité et la maintenabilité d'un équipement,
- acquérir de nouvelles techniques de diagnostic,
- optimiser leurs activités pour contribuer à la rentabilité de l'entreprise.

Utiliser la roue de Deming pour développer le pilier 4

Pour développer ce pilier, le JIPM applique le principe de la roue de Deming ou PDCA.

Le PDCA

Plan = définir les matières à enseigner

Elles sont définies par l'écart existant entre les connaissances exigées par le poste et le niveau de chaque individu. Ces connaissances concernent :

- la production : conduite de l'équipement, réglage, détection d'anomalies, tâches administratives,
- la qualité : contrôle, détection d'anomalies,
- l'utilisation des équipements : état standard, relation entre état de l'équipement et qualité,
- prévention des anomalies : définie à partir des différents thèmes du plan de prévention construit par le service maintenance.

Ce plan est donc individualisé. Ce qui nécessite des formations conçues et animées en interne par la hiérarchie et les techniciens maintenance, méthodes, qualité...

Do = former

Le mode de formation interne répond à l'individualisation des formations mais il permet aussi :

- de mettre en évidence les problèmes et de lancer la dynamique Kai-zen,
- de profiter de l'expérience et du savoir-faire des opérateurs pour définir les modes opératoires les plus performants et ainsi acquérir leur implication,
- au hiérarchique direct d'être reconnu comme un leader (celui qui apporte des connaissances).

Check = contrôler les résultats en :

- faisant établir par les opérateurs eux-mêmes :
 - les standards d'inspection,
 - les leçons ponctuelles destinées à diffuser à tous les opérateurs le **POURQUOI** et le **COMMENT** des inspections,
- leur demandant de réaliser eux-mêmes les inspections prévues à l'étape 4,
- effectuant les audits (autonomes et hiérarchiques) pour évaluer au niveau de l'équipement l'efficacité de ces inspections. Un audit sera réalisé par thème (cf. étape 4 page 132).

Act = améliorer

C'est répondre aux lacunes constatées à travers les audits, c'est aussi améliorer le niveau de compétence et le savoir-faire de chacun.

Les 6 étapes de développement du pilier

Au niveau de ce pilier, on agit en 6 étapes :

1. Définir la politique de base de la formation et ses objectifs,

2. Définir les besoins de l'entreprise en terme de compétences et de savoir-faire,
3. Évaluer les écarts Besoins entreprise/Niveaux individuels,
4. Former des instructeurs (personnel de maintenance et leaders de production) : formation de formateurs et formations techniques,
5. Construire et diffuser les formations,
6. Évaluer les résultats et définir les actions de consolidation.

Remarque :

Pour éviter l'écueil représenté par l'aspect un peu théorique et extérieur aux préoccupations présentes, certaines entreprises, pour développer ces formations, s'appuient sur le traitement des problèmes rencontrés.

Le groupe maintenance autonome choisit avec sa hiérarchie de traiter un dysfonctionnement. Une formation de base est construite suivant la nature du problème par le technicien maintenance, méthodes ou qualité correspondant du groupe. Le technicien forme les membres du groupe et poursuit l'action par l'animation du travail de résolution de problème.

Le technicien transmet ensuite les éléments de la formation et les résultats du groupe de travail à ses collègues des autres équipes postées pour qu'ils forment à leur tour les groupes dont ils sont les correspondants.

Chapitre 10

Pilier 5 : conception produits et équipements

Le pilier conception concerne les équipements et les produits. Il a pour objectifs de concevoir des produits faciles à fabriquer et des équipements faciles à utiliser (production et maintenance).

Pour atteindre ces objectifs la TPM® s'appuie sur des activités transversales et utilise en particulier l'expérience et le savoir-faire du personnel de production et de maintenance. Le personnel qui a acquis le réflexe de rechercher en permanence des améliorations est très efficace dans l'amélioration du cahier des charges et dans la résolution des difficultés rencontrées lors des lancements de nouveaux produits ou lors de la mise en service de nouveaux équipements.

La puissance de ce pilier peut être démontrée par les résultats obtenus dans une entreprise.

Un exemple de résultats

Nature du projet

Achat et installation d'un équipement supplémentaire répondant à une augmentation de capacité.

Paramètres	Objectifs	Réalisé
Budget	3.2 M€	3.1 M€
Délai de mise en service	1 an	Avance de 15 jours
Disponibilité	99,5 % après 6 mois	dès le démarrage
Nombre de pannes	Anciens équipements 30 pannes par an	2 pannes sur les 6 premiers mois
Durée immobilisations sur pannes	Anciens équipements 23 heures par an	2,25 h sur les 6 premiers mois

Conduite du projet

- **Groupes de travail** (26 réunions formelles + suivi construction et installation)
 - Phase de préparation :
 - 5 Groupes de travail : Sécurité, Ergonomie, Environnement, Fiabilité et Maintenance autonome
 - 35 personnes concernées
 - 12 réunions de groupes
 - 34 propositions d'amélioration.
 - Phase d'étude :
 - Analyse de fiabilité : 4 réunions de fiabilisation – 30 améliorations

Intégration des améliorations apportées par la Maintenance autonome des autres équipements

Analyse des plans : 4 réunions – 24 propositions d'amélioration

- Construction : 6 visites chez le constructeur – 12 améliorations
- Installation : 20 améliorations
- **Total améliorations réalisées : 120**
- **Formations**
 - Au poste de travail : 200 heures pour 50 personnes
 - Assistance au démarrage : 120 heures

Conduire un projet conception

Dans son livre « Japon éternelle renaissance ? » (éditions PUF) Denise Flouzat évoque, au sujet des mécanismes de prise de décision et de contrôle dans les sociétés japonaises, le ringisho (circulation de documents) et le nemawashi (préparation du terrain en horticulture).

On peut résumer ces 2 termes en disant qu'un projet d'entreprise résulte de la consultation et de l'accord des acteurs impliqués par cette décision dans les 4 premiers niveaux du top management. Ceci étant réalisé par la circulation ascendante et descendante des documents relatifs au projet. Durant cette phase intervient la phase de nemawashi, qui consiste « en des entretiens formels ou informels permettant à chacun de disposer de l'information totale et de donner son point de vue. Les nemawashi sont souvent effectués dans les restaurants ou les bars où les employés se réunissent après le travail ».

Le temps perdu lors de la recherche du consensus : « obtention d'une émergence puis d'une convergence des points de vue » est largement récupéré par « la parfaite mise en œuvre et la rapidité de l'exécution ».

Dans notre culture cela peut sembler incompatible avec le besoin de décisions rapides. Mais il y a peut-être un juste milieu à trouver, lorsqu'on constate dans certaines entreprises que :

- les projets à long terme ne font l'objet que d'un chiffrage grossier. Il ne faut pas mobiliser trop de personnes et perdre du temps sur quelque chose qui ne se fera sans doute pas !
- le budget est minimalisé pour avoir une chance d'atteindre le taux standard de retour sur investissement et mieux se positionner par rapport aux autres usines du groupe.

Cela entraîne, lors de l'exécution du projet certains dysfonctionnements concernant :

- l'élaboration du cahier des charges : on n'a plus le temps de consulter les intéressés,
- le respect de la logique de LCC : c'est le montant de l'investissement qui prime,
- le démarrage durant lequel on traite les problèmes qui n'ont pu être pris en compte préalablement,
- les surcoûts de démarrage et mise au point affectés au budget maintenance.

Remarque :

La durée de la période de démarrage n'est pas prépondérante par rapport au LCC (les échelles de temps étant très différentes) Par contre le non-respect du plan de production (en délai, quantité et qualité) peut compromettre les résultats attendus qui se basent souvent sur l'effet d'innovation par rapport aux concurrents.

Quels sont les objectifs du pilier 5 ?

Le pilier conception a 2 objectifs principaux :

- **Disposer d'équipements répondant aux critères des piliers :**
 1. Amélioration au cas par cas : productivité, flexibilité, capacité, disponibilité, maintenabilité, consommations optimales,
 2. Maintenance autonome : diminution des risques de salissures, accessibilité pour contrôles et nettoyages, définition claire de la normalité, visualisation, diminution des risques d'erreur,
 3. Maintenance planifiée : fiabilité, maintenabilité, définition précise des mesures de maintenance et de prévention, définition des pièces de rechange.
- **Réduire :**
 - les temps de développement, de construction et de « déverminage »,
 - le *Life Cycle Cost*.

Pour un développement efficace de la conception on atteint le rendement maximal de l'équipement dès la mise en service de l'équipement, c'est-à-dire la disponibilité, la performance et la qualité désirées. Cela signifie que les anomalies éventuelles doivent être détectées et traitées avant sa mise en service. On pourrait dire qu'il faut détecter les anomalies et poser les étiquettes sur le cahier des charges, sur les plans, lors de la construction et du montage pour ne plus avoir d'anomalies lors de l'utilisation.

Le tableau ci-après fournit une synthèse des points à prendre en compte.

Objectifs	Caractéristiques intrinsèques		Facteurs opérationnels	
	Maintenance	Exploitation	Maintenance	Exploitation
Supprimer ou diminuer la nécessité : de maintenance des réglages des nettoyages	Fiabilité Nouvelles technologies Nouveaux matériaux Déverminage	Réglages : Process – technologies – fiabilité Nettoyage : captation à la source – protection contre les fuites fatales	Prise en compte des lois de dégradations des composants dans la définition des fréquences d'entretien	Facilité de nettoyage
Éliminer les risques d'erreurs	Système de consignation	Ergonomie et simplification des écrans et pupitres. Visualisation des valeurs nominales et des circuits fluides Report d'informations et d'état aux points stratégiques		Définition des conditions de base d'utilisation. Procédures de conduite et de réglage
Améliorer les possibilités de détection et l'efficacité des contrôles	Définition normalité	Visualisation de la normalité Accessibilité/ Repérage Possibilité de contrôle en marche Détecteurs/ Détrompeurs	Visualisation normalité Repérage Techniques spécifiques de maintenance préventive	Absence d'organes qui empêchent de s'approcher ou de voir la machine. .../...

Objectifs	Caractéristiques intrinsèques		Facteurs opérationnels	
	Maintenance	Exploitation	Maintenance	Exploitation
Améliorer la rapidité des : - opérations de maintenance - réglages et changements d'outils - changements de série - nettoyages	Accessibilité Possibilité d'échanges rapides Standardisation Modes de fixation et/ou de connexions des pièces d'usure Détrompeurs	Réglages et changements d'outils : Mode de fixation et/ou de connexion des outils Facilité de réglage Détrompeurs – Visualisation Regroupement des réglages Changements de série Conception – choix process Nettoyages : Accessibilité – absence de « nids à saleté »	Doc. technique Définition des durées de vie Plan de maintenance et de graissage Modes opératoires Définition stock pièces de rechange – outillages spécifiques Définition des points de mesure	Moyens de communication entre opérateurs Réglages et changements d'outils

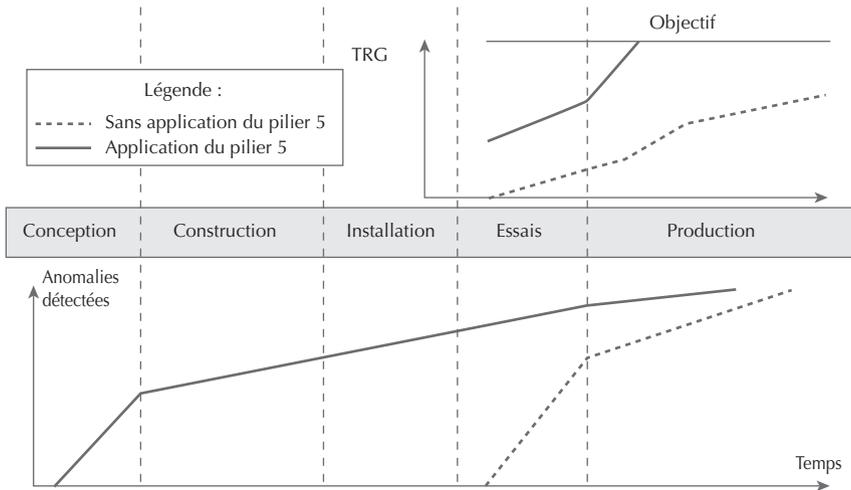
Remarque :

Sur un équipement conçu suivant les préconisations du pilier 5 on démarre le pilier 2 (Maintenance autonome) directement à l'Étape 3.

Quels sont les apports du pilier 5 ?

La figure 10.1 ci-après synthétise les apports du pilier conception équipement.

Figure 10.1 – Effets du pilier 5



Dans l'approche habituelle la maîtrise initiale du procédé nécessite un laps de temps important. Il est nécessaire durant la période de démarrage de supprimer toutes les erreurs de conception et de construction de l'équipement. Le TRG progresse lentement au fur et à mesure du traitement des anomalies et de la prise en main de l'équipement par le personnel de production.

Dans l'approche TPM® le responsable projet profite de l'expérience, des connaissances et du savoir-faire des Hommes. Les anomalies sont détectées et traitées avant la phase de démarrage. Le personnel de production et de maintenance s'est approprié le projet et possède déjà tous les éléments d'exploitation. La phase de maîtrise du procédé est très courte. La revue de conception est l'outil essentiel de cette chasse aux anomalies.

Comment obtenir la maîtrise initiale du procédé ?

La maîtrise du procédé est obtenue dès le démarrage de l'équipement si le projet a été construit en respectant 7 étapes. Les 3 premières sont validées par des revues de conception.

Étape 1 : Élaboration du projet d'investissement

Le projet est défini, au niveau opérationnel et économique, à partir du plan d'investissement annuel qui émane du plan stratégique de l'entreprise. Celui-ci définit les objectifs d'investissement, les contraintes, l'efficacité économique visée (LCC et Taux de rentabilité interne).

En fonction de ces objectifs plusieurs projets doivent être étudiés avec les différents acteurs concernés, ceci en tenant compte des répercussions économiques et sociales de chacun.

Cette étape doit être validée par une première revue de conception.

Étape 2 : Élaboration du projet

Après accord sur le plan d'investissement, le cahier des charges de l'équipement est défini. Pour cela différentes méthodes d'analyse sont utilisées telles que :

- flow-chart du processus de production pour définir les séquences et les limites du process,
- matrice QA du processus (voir chapitre suivant : Maintenance de la Qualité) pour mettre en évidence les relations entre la qualité du produit et le processus,
- analyse 4M (voir chapitre suivant) qui inventorie clairement les possibilités de défauts sur les éléments déterminants du processus et les mesures de prévention nécessaires pour supprimer ces incidents,

- AMDEC process qui détermine la criticité des problèmes mis en évidence dans l'analyse 4M. Cette criticité étant le paramètre essentiel du développement de la conception.

Les problèmes relevés et les mesures adoptées sont mis en évidence lors de la deuxième revue de conception.

Étape 3 : Réalisation conception

Durant cette étape on rédige la spécification courante (avant élaboration des plans détaillés et construction de l'équipement). Le budget pouvant être alors affiné et validé.

Une AMDEC des constituants de l'équipement est effectuée pour augmenter leur fiabilité et étudier comment produire facilement. Cette AMDEC doit être associée à la construction d'un diagramme de fiabilité et d'un arbre des défaillances. Ces outils ayant pour but d'évaluer la fiabilité globale du système et de mettre en évidence les éléments critiques pour le fonctionnement de celui-ci.

La quatrième revue de conception vérifie le respect des facteurs de conception tels que définis dans le tableau précédent. Elle est réalisée avec les fournisseurs et sous-traitants dans un souci de partage de connaissances (d'où la nécessité de les former à la TPM®).

Étape 4 : Fabrication

Des inspections intermédiaires sont programmées chez les Fournisseurs pour vérifier la concordance fabrication/spécification et améliorer la fiabilité de construction. Ces inspections s'appuient sur des « Fiches de contrôle intermédiaire de réception ».

Étape 5 : Réception chez le constructeur

La réception est réalisée à partir de « Fiches de contrôle final de réception ». La participation d'opérateurs et de techniciens de maintenance est alors très utile.

Étape 6 : Installation

Cette étape est mise à profit pour vérifier le degré de réalisation des spécifications, étudier et compléter les conditions de production et les standards. Une attention particulière est portée sur le futur environnement de travail et l'implantation des tuyauteries, des câbles électriques, des moyens de stockage et de manutention.

Étape 7 : Pré-industrialisation, maîtrise des échantillons initiaux

La capabilité mais aussi les paramètres tels que taux d'arrêts, TRG, taux de défaillances doivent avoir été clairement définis en précisant leur progression dans le temps.

Les rôles et les responsabilités des services production, maintenance et études ayant été préalablement définis ; la vérification de la capabilité du processus est sous la responsabilité du secteur production.

Les problèmes et anomalies détectés durant cette étape sont enregistrés et analysés. Les actions correctives prévues et réalisées ainsi que les résultats obtenus sont aussi enregistrés.

L'annexe 13 synthétise le processus de développement d'un nouvel équipement.

Paramètres de définition de l'installation

En plus des caractéristiques process, de la productivité, des coûts, de la qualité désirée, le cahier des charges de l'équipement doit définir :

- les conditions d'utilisation production/maintenance,
- les contraintes d'environnement,
- les résultats attendus en terme de valeurs cibles mais aussi, cela est primordial, leur mode de calcul (en particulier sur quelle échelle de temps seront calculés les résultats) et le planning prévisionnel d'obtention des objectifs (montée en puissance) :
 - Valeur cible du TRG : Taux de Disponibilité, de Performance et de Taux de Qualité.
 - Taux de défaillance, durée de changement de fabrication, etc.
 - Consommations énergie, matière, outillages.

Chapitre 11

Pilier 6 : maintenance de la qualité

Le pilier 6 : maîtrise ou maintenance de la qualité consiste à maintenir la perfection des équipements, des méthodes, des procédés, des modes opératoires et des savoir-faire pour obtenir, du premier coup, la parfaite qualité des caractéristiques critiques des produits fabriqués.

Les activités du pilier 6 sont propres à assurer et à maintenir par la prévention le Zéro défaut, le Zéro panne, le rendement maximal du système de production.

Cette recherche de perfection, même si certains adages disent que la perfection n'existe pas, consiste à ne pas se contenter de rechercher les conditions standards pour obtenir le produit bon mais de fixer les conditions pour diminuer les risques de défauts chroniques. Donc de diminuer la dispersion de l'ensemble du processus de production (on rejoint le principe de la méthode « Six Sigma »).

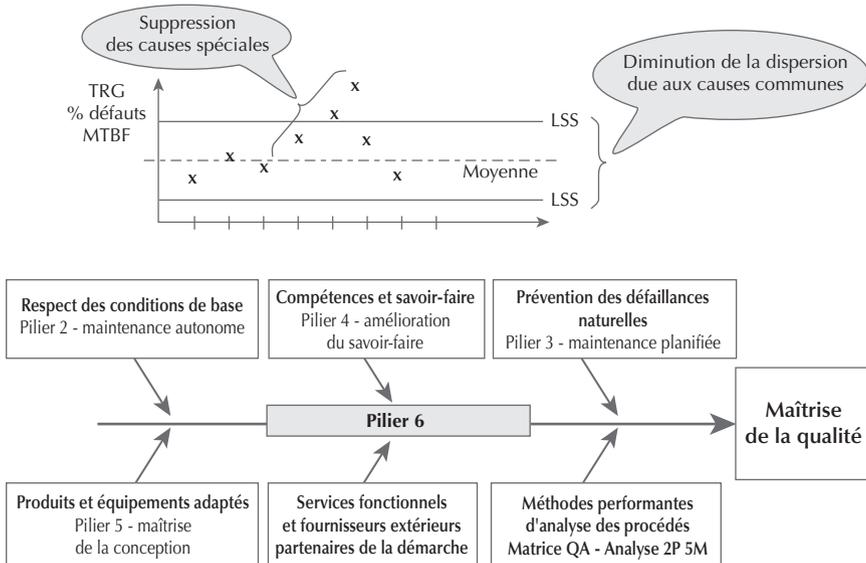
La conduite de ce pilier repose sur les actions suivantes :

- Identifier, standardiser les paramètres qui impactent la qualité,

- Mesurer systématiquement les paramètres pour vérifier que leurs valeurs restent à l'intérieur des plages autorisées et ne risquent pas de créer de défauts,
- Étendre la maintenance basée sur le temps de la prévention des pannes à la prévention des défauts qualité,
- Exploiter les variations des caractéristiques produit pour détecter les probabilités d'apparition de défauts et adopter les mesures correctives (Contrôle statistique de process).

L'interaction et la cohérence entre les différents piliers de la TPM® sont mises en évidence dans le pilier maintenance de la qualité. Cette structure peut être représentée par le diagramme d'Ishikawa de la figure 11.1 ci-dessous.

Figure 11.1 – Composantes du pilier 6



Ce schéma traduit la nécessité de stabiliser à un haut niveau :

- l'état des équipements :
 - absence de dégradations forcées (maintenance autonome),
 - prévention des dégradations naturelles (maintenance planifiée).
- la conception des nouveaux produits et des nouveaux équipements :
 - facilité d'exploitation en production et en maintenance,
 - équipements ne générant pas de défauts (conception des équipements),
 - conception de produits faciles à fabriquer.
- l'organisation :
 - suppression des causes de pertes (amélioration au cas par cas),
 - efficacité des services fonctionnels (TPM[®] dans les services administratifs).
- l'engagement du personnel :
 - connaissances et savoir-faire du personnel de production et de maintenance (chefs de service, agents de maîtrise, pilotes TPM[®], techniciens et opérateurs),
 - état d'esprit de recherche d'amélioration permanente.
- la logistique :
 - fournisseurs partenaires de la démarche (qualité matières, respect des délais),
 - qualité des énergies.
- les moyens de mesure :
 - utiliser le contrôle statistique de process pour prévenir les défauts latents et obtenir les éléments permettant d'obtenir une dispersion minimale et donc une capabilité optimale.

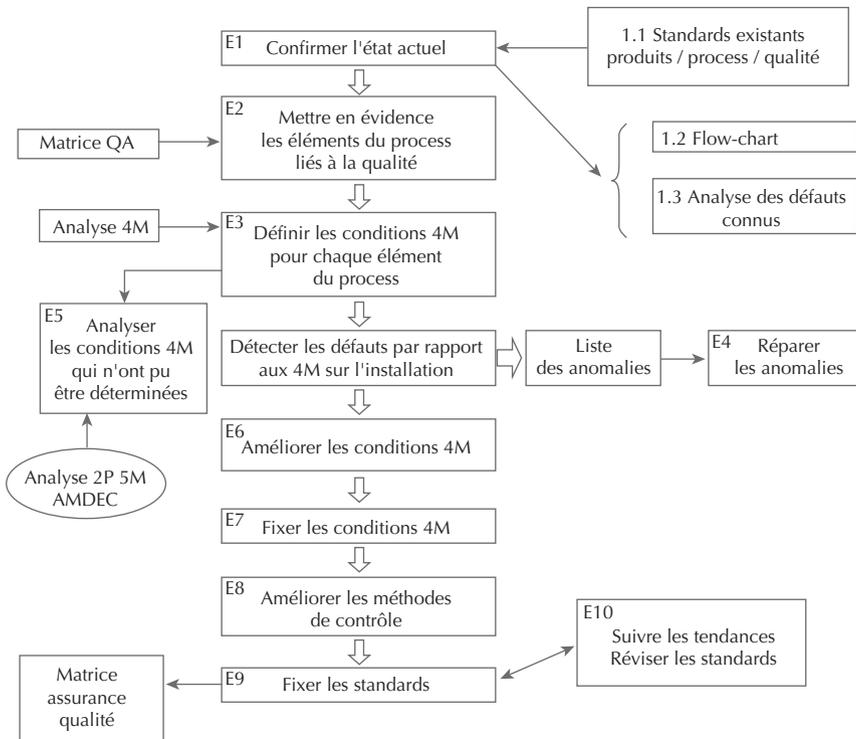
Remarque :

Nous verrons dans le chapitre suivant que toutes ces actions ont un impact direct sur la sécurité et les conditions de travail.

Les 10 étapes de la maintenance de la qualité

La figure 11.2 ci-dessous schématise la conduite en 10 étapes du pilier Maintenance de la qualité.

Figure 11.2 – Méthodologie pilier 6



Étape 1 : Confirmer et décrire la situation actuelle

C'est-à-dire :

- Valider les standards :
 - des produits : valeurs et tolérances des points définissant la qualité,
 - des moyens de production et de contrôle : confirmer les tolérances admissibles.
- Réaliser le « flow chart » du ou des process pour faire apparaître :
 - les mécanismes – fonctions – machines – séquences – etc. de l'équipement et du système,
 - les standards et les méthodes de contrôle qui permettent d'assurer la qualité.
- Identifier, décomposer et comprendre les défauts connus. Ce qui demande de :
 - stratifier les différents défauts rencontrés (au moins sur 4 niveaux),
 - expliciter les défauts (éventuellement par des photos ou des schémas),
 - comprendre le processus de défaut : cause physique, cause matérielle, cause due au process.

À partir de ce bilan on peut définir les objectifs de l'étude et préparer le planning de travail.

Étape 2 : Mettre en évidence les éléments du process liés aux paramètres qualité

Cette étape s'appuie sur la construction d'une Matrice Analyse Qualité (voir exemple Matrice QA – annexe 14). Elle est construite à partir du « flow-chart » de l'étape 1 et est utilisée pour :

- Mettre en évidence les éléments du process qui conditionnent chaque paramètre qualité,
- Inventorier les modes de défauts qui peuvent survenir,
- Vérifier qu'à chaque paramètre correspond bien un critère d'évaluation qualité.

Cette matrice est complétée par une caractérisation des défauts :

- Importance du défaut,
- Point du process où il est possible de le détecter,
- Possibilité de détection de l'anomalie du process ou de l'équipement générant le défaut,
- Niveau d'efficacité de la détection du défaut qualité produit.

Remarque :

Cette matrice rappelle la construction de l'AMDEC. Mais la matrice QA associée dans l'étape 3 à une analyse 4M (main d'œuvre, machine, méthodes, matériaux) est beaucoup plus logique, rigoureuse et exhaustive que l'AMDEC (c'est bien le reflet de la démarche TPM®). Elle va permettre, comme l'AMDEC, d'inventorier les modes de défaillances mais l'utilisateur n'a pas besoin « d'imaginer les défaillances possibles », il est guidé dans ce travail par la chaîne logique :

- caractéristiques qualité,
- points process concernés,
- défauts qualité possibles,
- défauts process possibles (analyse 4M de l'étape 3).

Étape 3 : Définir les conditions 4M

Pour chaque phase du process mise en évidence dans la Matrice Analyse Qualité précédente on se pose les questions suivantes :

- Quelles sont les conditions 4M définies par les plans, les standards et les modes opératoires ?

- Comment doivent être les équipements, les mécanismes, les différentes fonctions du process ?

Une fois cet inventaire réalisé on contrôle physiquement l'équipement pour détecter les écarts (anomalies) entre : Situation existante et Conditions nécessaires. Le document de l'annexe 14 fournit un exemple de cette analyse.

Étape 4 : Établir le plan d'action pour étudier et supprimer les anomalies relevées à l'étape 3

Cette étape est mise à profit pour rechercher l'impact de la maintenance des équipements sur le respect des conditions relatives au process.

Étape 5 : Analyser les conditions 4M qui n'ont pu être déterminées précédemment

Les objectifs de cette étape sont :

- Analyser les conditions non encore fixées pour fabriquer un produit conforme,
- Définir par expérience ce qu'est un produit conforme.

Pour cela on répondra aux questions suivantes :

- Quelles sont les relations entre les caractéristiques qualité, les conditions de fabrication et la précision des équipements ? On se basera sur les principes et les lois de fabrication.
- Quelles caractéristiques qualité sont affectées par chaque composant de l'équipement dans le cas où plusieurs caractéristiques qualité produit dépendent du même équipement ?
- Quelles sont les relations entre facteurs de défaut et 4M ? (On utilisera l'analyse 2P 5M cf. chapitre suivant).

- Quelles sont les tolérances concernant l'équipement et les conditions de fabrication à adopter provisoirement pour maintenir les caractéristiques qualité dans leur intervalle de tolérance ?

Étape 6 : Améliorer au cas par cas les conditions 4M

À partir des résultats des analyses de l'étape 5 :

- Vérifier sur le terrain les écarts entre : Situation existante et Conditions définies par l'analyse,
- Réaliser les réparations,
- Vérifier que les caractéristiques du produit ainsi obtenues sont à l'intérieur des tolérances provisoires.

Étape 7 : Fixer les conditions 4M

Définir les standards fixant les paramètres 4M nouvellement définis à l'étape 6.

Étape 8 : Améliorer les méthodes de contrôle en :

- Définissant les actions de fiabilisation du process permettant de verrouiller les paramètres 4M,
- Améliorant les méthodes de vérification pour les rendre plus rapides et plus faciles.
 - Le nombre de points à contrôler devenant important il est nécessaire de sélectionner à partir d'un arbre de défaillances les niveaux de contrôle les plus élevés possible dans l'arborescence.
 - De plus pour faciliter ces contrôles on distinguera les contrôles statiques (à l'arrêt) des contrôles dynamiques (machine en fonctionnement, machine à vide). Pour ces derniers on recherchera une méthode de type prédictif.

- Intégrant certains de ces contrôles dans les standards de maintenance basée sur le temps (passer de la prévention de la panne à la prévention du défaut qualité).

Étape 9 : Fixer les standards de contrôle

- Définir les valeurs standards des contrôles et construire la matrice Assurance Qualité qui sera le récapitulatif des relations : Caractéristiques qualité critiques finales et Valeurs de réglage et de contrôle de l'équipement.

Cette matrice résume le QUOI – QUI – OU – QUAND – COMMENT des contrôles.

- Dans la mesure du possible ces contrôles seront réalisés par la production, sauf si des techniques, des connaissances ou interventions de longue durée sont nécessaires.

Étape 10 : Suivre les tendances et réviser les standards

- Mettre en place le contrôle statistique de process (MSP) pour pouvoir réagir avant d'atteindre les limites de contrôle et exploiter les tendances pour réexaminer les valeurs de référence, les points et méthodes de contrôle,
- Visualiser sur l'équipement les composants réalisant la qualité.

Chapitre 12

Analyse PM ou 2P 5M

Cette méthode a été créée par le Japan Institute of Plant Maintenance. Les éléments présentés ci-dessous sont issus de l'ouvrage « PM Analysis an advanced step in TPM[®] implementation » de Kunio Shirose – Yoshifumi Kimura – Mistsugu Kaneda – Productivity Press, Inc.

Que signifie 2P 5M ?

Le terme défini par le JIPM est : Analyse PM. Nous adopterons celui d'Analyse 2P 5M pour mémoriser plus facilement son contenu.

ANALYSE : C'est une démarche qui conduit à mettre en évidence les **principes** ou les **lois naturelles** qui génèrent un problème et qui permet de clarifier les mécanismes et conditions d'apparition de celui-ci.

2 P = **Problème** : perte chronique (qualité, fiabilité, performance)
+ **Physique** : principe ou loi naturelle à l'origine du problème.

5 M = **Mécanisme de génération du problème**
+ **4M** : **Machine** – **Main d'œuvre** – **Matériel** – **Méthodes**

L'analyse 2P 5M nous apprend comme l'ensemble de la démarche TPM® à ne pas porter de jugement a priori sur la valeur de contribution d'une cause. Elle est réservée à la suppression des derniers millièmes ou ppm de défauts ou de défaillances, niveaux pour lesquels les méthodes traditionnelles de résolution de problèmes ne sont plus efficaces.

Pour conduire l'analyse 2P 5M on adopte pour base que **toutes les causes logiques** :

- sont possibles,
- méritent d'être inventoriées,
- doivent être vérifiées sur le terrain.

Rappel : qu'est-ce qu'un processus sous contrôle ?

E. W. Deming rappelle qu'un processus est stable, ou en état de contrôle statistique, lorsqu'il y a absence de causes spéciales de variation dites aussi causes assignables.

Les variations qui subsistent dans ce processus sont attribuées au hasard, c'est-à-dire à des causes aléatoires dites causes communes ou défaillances chroniques. On en déduit donc qu'une démarche logique de progrès ayant pour objectif le Zéro défaut ou la diminution de la dispersion (6 SIGMA) doit être réalisée en 2 étapes :

1. supprimer les causes spéciales pour établir un état de contrôle statistique,
2. améliorer le processus et donc réduire sa dispersion.

Vers le Zéro défaut ou le Zéro défaillance chronique :

Les méthodes traditionnelles de résolution de problèmes s'adressent principalement à l'étude des causes spéciales. Elles sont souvent basées sur un diagramme de Pareto qui permet de définir les priorités (20/80).

Si A, B et C sont les causes principales, on constate en travaillant sur la base du Pareto :

- que les causes A, B et C n'ont pas été réduites à Zéro (on a appliqué à nouveau, volontairement ou non, le principe de Pareto),
- qu'en s'arrêtant au traitement de 20 % des causes, il reste 80 % des causes initiales qui, même si ce ne sont pas les plus importantes, créent le « **bruit de fond du processus** » en terme de défaillances chroniques relatives à la qualité ou la fiabilité du processus.

Le Zéro défaut, le Zéro défaillance nécessitent la suppression de ce bruit de fond c'est-à-dire des défaillances chroniques. Il est alors indispensable de pouvoir disposer d'outils plus sophistiqués.

Remarque :

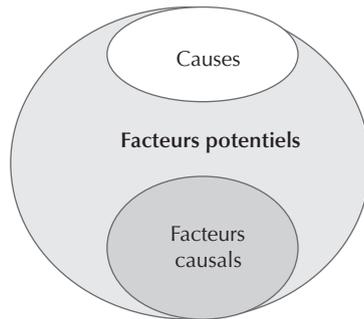
L'application du principe de Pareto est assez ambiguë et correspond au traitement des urgences. Pour répondre à l'urgence Pareto aide à sélectionner les causes ayant les effets les plus importants mais il n'a pas précisé que pour « tuer » le problème il fallait aller plus loin. Il présageait peut-être que les entreprises seraient ensevelies sous les urgences.

Quel est le principe de l'analyse 2P 5M ?

L'analyse 2P 5M est une méthode d'analyse systématique d'un problème qui examine **tous les facteurs causals** et identifie **toutes les anomalies** pour les réduire à ZÉRO.

Pour définir qu'est-ce qu'un facteur causal on précisera les termes :

- **Facteur potentiel** : toute condition qui peut contribuer au problème.
- **Cause** : toute condition qui précède et crée **toujours** le problème.



Un facteur potentiel peut :

- produire par lui-même le problème. C'est une **cause**,
- contribuer directement ou non au problème, c'est alors un **facteur causal**.

Les 8 étapes de l'analyse 2P 5M

L'analyse 2P 5M est conduite en 8 étapes que nous détaillerons dans cette présentation. Elles peuvent être définies de la manière suivante :

1. Clarifier le problème sans idée préconçue.
2. Réaliser l'analyse physique : déterminer les **interactions** des différentes composantes du processus au point de vue physique.
3. Identifier **tous les facteurs potentiels possibles** de changement de ces interactions.
4. Identifier **toutes les causes logiques possibles** pouvant être à l'origine de ces facteurs potentiels.

5. Définir pour chaque cause logique envisagée les **conditions optimales visées**.
6. **Détecter les écarts** entre existant et conditions optimales.
7. Supprimer ces écarts ou anomalies.
8. Corriger – améliorer – standardiser.

Étape 1 : Clarifier le problème sans idée préconçue

Objectif : définir clairement le problème observé à travers sa manifestation extérieure.

Précaution : il est primordial d'éliminer toutes les idées préconçues et d'écarter toute hypothèse ou supposition. Pour cela on s'attachera à :

1. décrire le problème à partir d'observations sur le terrain.
On exprimera de manière précise ce que l'on constate en décomposant suffisamment le problème en petits éléments vérifiables.
Si l'on se contente d'un constat général on ne pourra pas être exhaustif dans l'analyse et par conséquent on ne sera pas en mesure de trouver tous les facteurs causals.
2. classer les observations suivant un QQQQCP. (Voir exemple page 1 annexe 17).
3. faire l'inventaire dans le processus où sur le produit de ce qui est correct (BON) et de ce qui ne l'est pas (MAUVAIS).

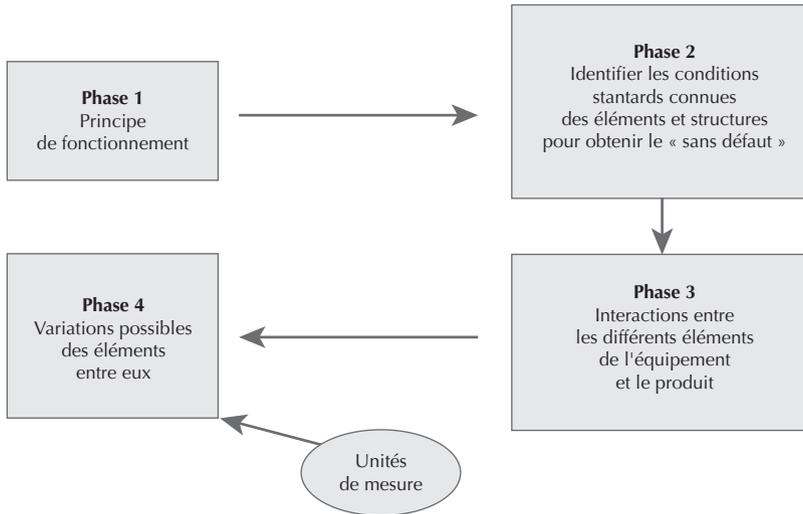
Étape 2 : Réaliser l'analyse physique

(cf. exemple en annexe 16, page 2)

Objectif : cette étape schématisée par la figure 12.1 ci-après a pour objectif de décomposer le problème au point de vue physique pour aller au-delà de l'expérience, de l'intuition ou des impressions.

Précaution : décomposer cette étape en différentes phases :

Figure 12.1 – Principe étape 2



Phase 1 – Comprendre le principe de fonctionnement du processus

- déterminer le principe ou la loi physique qui régit l'opération en question.
- réaliser le schéma de principe de l'opération en cause.
- identifier les modules fonctionnels et les structures qui sont directement en relation avec le problème.

Remarque :

La construction d'un schéma permet de se poser des questions relatives au fonctionnement du processus, de positionner les éléments les uns par rapport aux autres, de créer l'image mentale du système.

À partir de cette base on peut décrire le processus dans le groupe de travail, chaque membre du groupe de travail aura la même connaissance du problème.

Phase 2 – Décrire les conditions standards connues relatives aux éléments fonctionnels et à la structure du processus pour obtenir le sans défaut.

On appelle :

- **Élément fonctionnel** : Un groupe de sous-ensembles ou de composants qui a une seule fonction dans le processus (on utilisera par la suite le mot élément).
- **Structure** : Le mode de liaison entre les différents éléments.

Tous les éléments et structures en relation avec le principe de fonctionnement établi en phase 1 doivent être identifiés. On peut définir ensuite quelles doivent être leurs caractéristiques (conditions standards) pour qu'il n'y ait pas de problème.

Phase 3 – Rechercher quelles sont les interactions entre les différents éléments du processus : machine, outillage, montage, outils, matière et éventuellement produit si l'on traite un problème qualité.

Phase 4 – Rechercher les changements possibles de ces interactions et quantifier leurs variations : unité physique mesurable et valeur.

Remarque :

Comprendre les mécanismes et structures du processus est essentiel pour pouvoir définir le problème.

Si l'on ne les comprend pas on ne peut pas ordonner les facteurs potentiels pouvant contribuer à l'apparition du problème. Ce besoin de compréhension implique qu'un spécialiste du domaine participe au groupe de travail réalisant l'analyse 2P 5M.

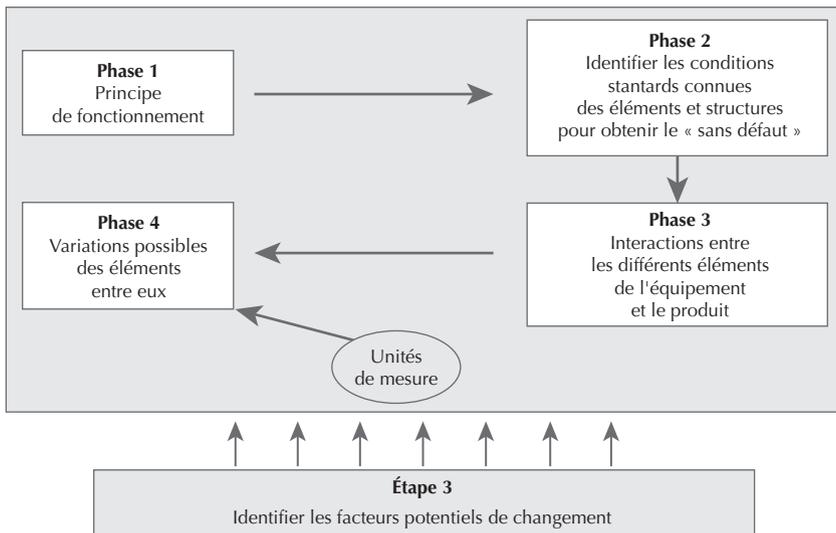
Étape 3 – Identifier les facteurs potentiels de changement

(cf. exemple en page 3 de l'annexe 16)

Objectif : identifier de manière exhaustive, sans idée préconçue, tous les facteurs potentiels possibles pouvant être à l'origine du changement des interactions.

Précaution : ces facteurs doivent contenir tous les facteurs causals (facteurs contribuant directement ou non au problème).

Figure 12.2 – Principe étape 3



- À l'étape 2 on a fait apparaître les éléments en interaction et les variations pouvant survenir sur ces interactions.
- Durant l'étape 3 on recherche quel peut être l'impact de chaque M sur la variation de ces interactions (causes/effet), en se basant sur le principe des 4M et en se limitant dans un premier temps aux éléments fonctionnels,

- L'étape 4 permet ensuite d'envisager, en cascade, les causes logiques possibles au niveau des sous-ensembles et des composants.

Les 4M sont utilisés pour obtenir les réponses suivantes :

Machine : au sens de la normalité de chaque ensemble ou composant. Quel est l'impact d'une dégradation de chaque ensemble ou chaque composant sur la variation de l'interaction ?

Méthodes : quels sont les liens entre la variation de l'interaction et les paramètres d'exploitation et de réglage de ces ensembles ou composants ?

Main d'œuvre : si les 2M précédents sont corrects on vérifiera si les variations peuvent être dues à des standards trop imprécis ou à un non-respect de ceux-ci par les opérateurs.

Matière : si les M précédents sont corrects, vérifier que le problème ne provient pas de la qualité des matières premières.

Remarque :

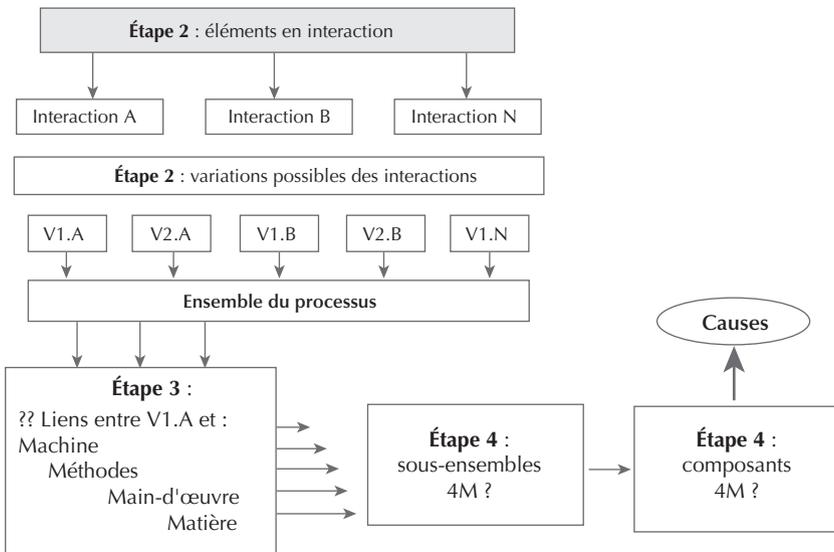
Dans l'examen des facteurs potentiels de changement il est indispensable de :

- comprendre que les facteurs potentiels ne peuvent être identifiés qu'à partir de leur corrélation avec les éléments du 4M process.
- passer en revue et comprendre le rôle dans le processus des éléments fonctionnels et des structures avant de vouloir identifier les facteurs potentiels de changement (Phase 2 – Etape 2).
- déterminer l'état standard de chaque élément fonctionnel susceptible de générer la variation et vérifier sur le terrain s'il existe d'éventuelles anomalies.
- confirmer que chacune des anomalies repérées peut expliquer le phénomène.
- ré-exécuter les corrélations 4M pour être sûr que d'autres conditions n'ont pas été oubliées.

Étape 4 : Identifier toutes les causes logiques possibles

Objectif : Cette étape a pour objectif d'identifier à partir des 4M toutes les causes logiques possibles des anomalies détectées sur les sous-ensembles et les composants et qui peuvent être à l'origine des facteurs potentiels précédents.

Figure 12.3 – Principe étape 4



On appelle :

4M primaires : toutes les causes qui peuvent être à l'origine des changements des ensembles de l'équipement.

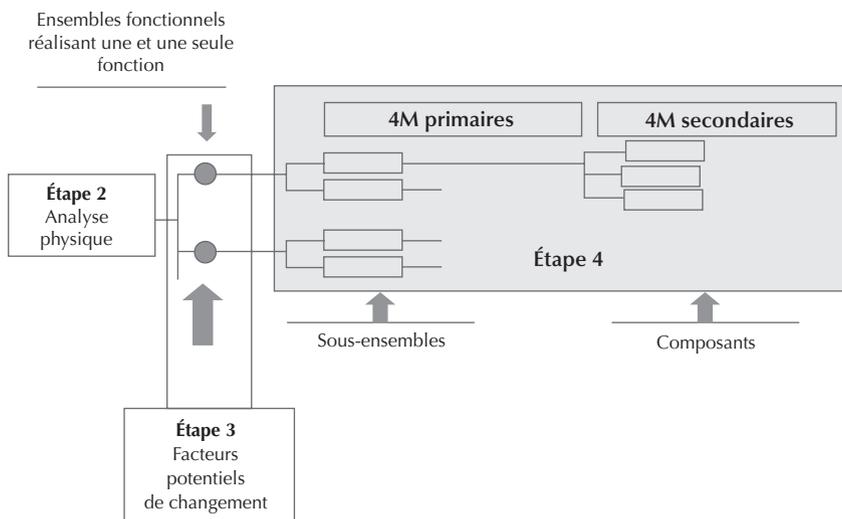
4M secondaires : toutes les causes qui peuvent être à l'origine de chaque M primaire.

Le nombre de niveaux 4M est à choisir suivant le problème étudié.

On crée une cascade « causes/effet » ; chaque cause potentielle devient elle-même un effet.

Précaution : Chaque M doit être exprimé en terme vérifiable et mesurable.

Figure 12.4 – Causes primaires et secondaires



1. Points clés relatifs aux 4M primaires :

- a) Ignorer le degré de contribution ou l'importance des causes. Vouloir définir des priorités n'est pas raisonnable.
- b) Lister toutes les causes logiques possibles relatives aux :
 - matières : précision issue du process amont,
 - méthodes : fonctionnement, démarrage, modes opératoires, mesures,
 - éléments humains : savoir-faire, respect des consignes.

Ceci aussi bien au niveau de la machine que de son environnement et de ses accessoires.

- c) Vérifier que chaque corrélation primaire retenue peut être la cause du facteur potentiel étudié.
2. **Points clés relatifs aux 4M secondaires :**
- a) Il est important de lister tous les facteurs sans tenir compte de leur impact ou de leur degré d'importance,
 - b) Prendre en compte chaque corrélation primaire et la réduire à son propre facteur potentiel (ici le composant),
 - c) Pour chaque corrélation secondaire identifiée se demander si elle contribue au facteur 4M primaire,
 - d) Appliquer les mêmes précautions que pour les 4M primaires.

Exemple :

Figure 12.5 – Synthèse des étapes 1 à 4

Étape 1	Étape 2	Étape 3	Étape 4		
Problème	Analyse physique	Facteurs potentiels	4M primaires	4M secondaires	Anomalies possibles
Phénomènes observés	Quel est le principe physique de fonctionnement du système	Quels sont les facteurs potentiels possibles de changement au niveau procédé, ensemble, composants			
	Analyse au niveau du mécanisme		Analyse au niveau des sous-ensembles (primaire) et des composants (secondaire)		Vérification sur le terrain des anomalies existantes
Effet ←	Cause ←		Effet ←		Cause
Control chart					Management des conditions pour le ZÉRO défaut

Étape 5 : Définir les conditions optimales

Objectif : Rechercher et identifier toutes les anomalies (y compris les légères) existant sur les sous-ensembles et les composants.

Précaution : Le terme anomalie signifie qu'il existe un écart par rapport à un état de référence. Celui-ci sera un état **optimal**.

Optimal = nécessaire + sans risque

- **Nécessaire :** c'est l'état qui permet d'obtenir le fonctionnement attendu au niveau fiabilité, qualité, productivité.
- **Sans risque :** c'est la condition supplémentaire, nécessaire et suffisante pour qu'il n'existe pas de risque de défaut chronique.

L'état optimal est donc un haut niveau de fiabilité (faible probabilité de panne, de défaut qualité, de défaillance chronique) associé à une productivité conforme aux spécifications et à une disponibilité (maintenabilité).

Étape 6 : Détecter les écarts entre existant et optimal

Pour mesurer les écarts entre état existant et conditions optimales il faut appliquer les méthodes les plus fiables et les plus efficaces. C'est-à-dire :

1. Déterminer, pour chaque cause possible de changement des facteurs potentiels identifiée durant les étapes 3 & 4, la façon la plus fiable, la plus précise mais aussi la plus commode pour mesurer l'écart entre les valeurs existantes et les conditions optimales définies à l'étape 5. Ce qui nécessite la participation d'un spécialiste.
2. Définir le mode opératoire de chaque mesure.
3. Réaliser les mesures, les comparer aux valeurs optimales et détecter les facteurs anormaux qui sont par conséquent les causes du problème.

Commencer par mesurer les facteurs potentiels. Si ceux-ci sont conformes il n'est pas nécessaire d'examiner les 4M primaires et secondaires.

Étape 7 : Définir les anomalies à traiter

Objectif : Sélectionner les déviations (Existant/Optimal) qui doivent être considérées comme des anomalies.

Précautions :

- Examiner absolument tous les facteurs potentiels,
- Comparer les conditions anormales par rapport aux standards actuels ou prévisionnels,
- Réfléchir en terme de conditions optimales et non en terme de conditions « seulement » nécessaires,
- Classer en anomalies tous les points qui sont à la frontière entre normal et anormal,
- S'assurer d'avoir compris les phénomènes qui sont derrière chaque condition anormale.

Étape 8 : Corriger – améliorer – standardiser

Objectif : Le groupe de travail définit pour chaque anomalie toutes les corrections et améliorations nécessaires. Il élabore le plan d'actions préventives à appliquer.

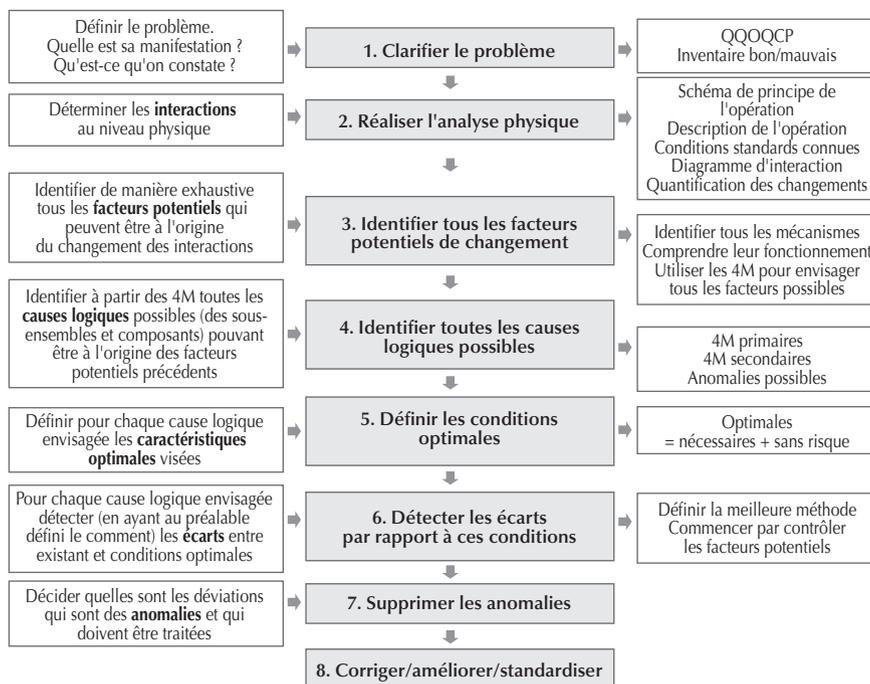
Précautions :

- Réparer avant de modifier. Grouper autant que possible les différents facteurs pour les réparer et les améliorer simultanément.
- Après réparation, planifier les améliorations et le remplacement des technologies obsolètes.
- Prévoir les mesures de prévention de la récurrence.
- Confirmer l'efficacité des actions en se demandant si :

- certains facteurs n'ont pas été oubliés,
- les valeurs standards sont correctes.
- Standardiser les améliorations et mettre en place les mesures préventives pour éviter la récurrence.

Synthèse des étapes

Figure 12.6 – Synthèse des 8 étapes



Points clés de l'analyse 2P 5M

1. Le groupe chargé de l'analyse doit être composé de techniciens production, méthodes, maintenance et d'un opérateur. On aura très souvent besoin du spécialiste du domaine concerné (exemple soudure, collage, métallurgie, etc.).
2. Mettre en valeur l'analyse P2 5M avec des dessins simples et des croquis (pour clarifier les terminologies ou les expressions complexes ou obscures).
3. Lister tous les facteurs potentiels sans tenir compte de leur amplitude ou de leur impact apparent.
4. S'assurer d'avoir inventorié tous les facteurs potentiels de manière précise et complète. Pour chacun vérifier les liaisons Causes/Effet (de 4M secondaires vers 4M Primaires puis vers facteurs potentiels).
5. Si la valeur standard d'un facteur causal n'est pas claire, utiliser temporairement ce standard qui sera éventuellement modifié après analyse des résultats.
6. Pour ne pas se tromper et obtenir une efficacité maximale, examiner en respectant la séquence suivante :
 - les facteurs potentiels et déterminer ceux qui sont anormaux,
 - les 4M primaires en corrélation avec les facteurs potentiels anormaux,
 - les 4M secondaires en corrélation avec les 4M primaires anormaux.
7. Regrouper les anomalies identifiées et les corriger simultanément.
8. Retrouver impérativement les conditions initiales (sans défaut) avant de rechercher des améliorations.

9. Se demander continuellement « POURQUOI ? » au sujet de chaque anomalie et remonter aux causes potentielles parmi les 4 M y compris le comportement humain.
10. Lorsque le résultat de l'analyse est décevant, cela signifie que des facteurs ont été oubliés ou que les standards sont trop indulgents. Dans ce cas on doit recommencer l'analyse.
11. Les paramètres fixés dans les standards de maintenance préventive doivent permettre d'assurer les conditions optimales.
12. Contrôler le process pour être sûr que les décisions prises sont efficaces.
13. L'analyse 2P 5M est moins une méthode qu'une manière de voir les choses. Chaque responsable doit avoir cette approche. Après 2 ou 3 applications de l'analyse 2P 5M on constate généralement ce changement.

Chapitre 13

Pilier 7 : TPM[®] des services fonctionnels

Les services fonctionnels (planning, magasins et stockages, informatique, méthodes, etc.) constituent des **usines d'informations** dont la valeur ajoutée doit être maximale. L'information doit être facilement accessible, utile, exacte, rapide et facile à utiliser. Dans ces usines il est nécessaire :

- de supprimer les anomalies et de rendre les employés responsables de la qualité des informations (le produit),
- d'entretenir les supports,
- d'améliorer la structure et de supprimer les tâches sans valeur ajoutée,
- d'augmenter les connaissances et le savoir-faire du personnel.

Les services fonctionnels sont considérés comme des **usines** ou des **ateliers** qui fabriquent des informations.

Les **procédures** sont les **machines** de production. L'**environnement** de travail est constitué par les bureaux et les matériels.

Dans ces ateliers (procédures + bureaux + matériel) on appliquera les 4 premiers piliers de la TPM® :

- Chasse aux pertes,
- Maintenance autonome,
- Maintenance planifiée,
- Amélioration des connaissances et du savoir-faire.

Comment réaliser la chasse aux pertes dans les bureaux ?

La chasse aux pertes a pour objectifs d'améliorer l'efficacité du secteur et de diminuer les pertes chroniques concernant :

- La réalisation de sa mission : ce sont les fonctions que le secteur doit accomplir dans le système de management de l'entreprise. Ces fonctions s'inscrivent dans une relation **client/fournisseur** avec tous les autres secteurs de l'entreprise.
- Son organisation : le travail qui doit être fait pour accomplir sa mission.

Il ne suffit pas de réduire les pertes dues aux lourdeurs administratives ou informatiques et aux modes opératoires mal définis ; il faut améliorer l'efficacité de l'ensemble des activités.

L'encadrement peut adopter 2 approches différentes pour conduire ce pilier :

- soit analyser les pertes actuelles et les éliminer progressivement,
- soit (à favoriser) définir la situation idéale du service, les moyens pour y parvenir et accomplir les actions nécessaires.

Comment développer la maintenance autonome dans les bureaux ?

Elle sera appliquée :

- aux fonctions du secteur : qualité et efficacité du travail – recherche permanente d'économie et de simplification,
- à l'environnement de travail : amélioration et maintien de l'efficacité du travail en éliminant le stress dû au matériel et à l'environnement.

La maintenance autonome doit être menée en utilisant les connaissances et l'expérience de tout le personnel. Cette implication permet d'engager les employés dans l'amélioration continue définie par la chasse aux pertes (tel que cela a été fait pour les ressources de production). Ce pilier se déroule en 5 étapes :

Étape 1 : Nettoyage/Rangement initial

L'objectif de cette étape est de se débarrasser de tout ce qui est inutile et de rendre les lieux de travail plus agréables. Cela nécessite de :

- définir un endroit commun réservé aux fournitures de bureau,
- définir la codification des documents,
- regrouper certains dossiers individuels,
- développer l'organisation visuelle :
 - identifier tous les documents dans les armoires,
 - mettre en place un repérage visuel,
 - vérifier s'il est nécessaire d'archiver certains documents,
 - classer les documents suivant la nature du travail.

Remarque :

L'audit de cette étape prévoit un test dit « test des 30 secondes ». En l'absence du titulaire du poste toute personne autorisée doit trouver l'information ou le document dont elle a besoin en moins de 30 secondes.

Étape 2 : Analyse du déroulement des tâches

Cette étape a pour objectifs de trouver les défauts et :

- d'éliminer les tâches inutiles (documents, rapports, etc.) et les redondances,
- d'améliorer l'efficacité du personnel.

Pour cela toutes les procédures et méthodes de travail existantes doivent être examinées pour mettre en évidence les problèmes. Cette analyse sera réalisée sur 3 niveaux :

- analyse fonctionnelle : en allant de la mission principale vers les fonctions élémentaires pour clarifier les relations entre objectifs et tâches, en tenant compte des flux d'informations de l'entreprise et des missions des différents services,
- analyse des tâches du service et des individus : tâches – documents – fréquence – durée – difficultés rencontrées,
- analyse des flux d'informations et des documents définissant le partage des tâches, les responsabilités, les liaisons avec les autres services.

Étape 3 : Amélioration continue de l'efficacité basée sur le partage des tâches et des responsabilités

Étape 4 : Standardisation et automatisation des tâches, amélioration du contrôle visuel

Étape 5 : Poursuite des améliorations continues par le développement de formations

Comment appliquer la maintenance autonome dans les entrepôts et stockages ?

Pour ce type de locaux la maintenance autonome nécessite :

1. d'obtenir des espaces propres, rangés, exempts de matériel inutile, accessibles et sécurisés. On s'attachera au « respect de la ligne blanche »,
2. de disposer de moyens de stockage et de manutention en bon état,
3. d'améliorer le repérage, la capacité de distribution, le contrôle visuel d'inventaire et de besoin de réapprovisionnement,
4. d'améliorer la définition des paramètres de gestion des stocks.

Chapitre 14

Pilier 8 : sécurité, conditions de travail, environnement

L'accident se produit quand un état d'insécurité se combine à un comportement à risque. En supprimant l'imprévu et le hasard dans les activités de production et en standardisant les méthodes de travail la TPM® permet d'obtenir le ZERO ACCIDENT.

En effet les différents piliers créent les éléments de la sécurité tels que :

- Standardisation du travail,
- Responsabilisation, implication,
- Rigueur,
- Communication,
- Savoir-faire – Réflexe d'amélioration permanente,
- Suppression des « ennuis permanents »,
- Respect des équipements, de son travail et de soi-même.

Le tableau ci-dessous visualise l'impact du Pilier 2 (Gestion autonome) sur la sécurité.

Étapes du Pilier 2	Objectifs	Contribution à la sécurité
1 – Nettoyage/Inspection 2 – Suppression des sources de salissures – amélioration de l'accessibilité 3 – Définition des standards d'inspection 4 – Inspection générale	Suppression des anomalies : fuites, projections matières, vibrations, bruits, état des équipements Rangement : matières, outillages Accessibilité : pour travail, nettoyage, contrôle Diminution des imprévus : pannes, incidents récurrents, micro-défaillances Standardisation des modes opératoires	Supprimer l'état d'insécurité
5 – Maintenance autonome 6 – Gestion autonome 7 – Amélioration permanente	Comprendre le fonctionnement des équipements Améliorer les méthodes de travail et l'ergonomie Protéger soi-même son environnement de travail	Supprimer les comportements d'insécurité

D'autres paramètres ont un impact sur la sécurité tels que :

- Standardisation et préparation des interventions de maintenance,
- Prise en compte de la sécurité, des conditions de travail, de l'accessibilité, des nettoyages et des contrôles au stade de la conception,
- Amélioration du savoir faire par les leçons ponctuelles,
- Mise en place de patrouilles sécurité (chacun, du directeur à l'opérateur consacre du temps pour observer l'espace de travail).

Partie 3

DÉVELOPPEMENT ET PÉRENNISATION
DE LA TPM[®]

Chapitre 15

Mise en œuvre de la TPM®

Comment développer la démarche TPM® ?

La TPM® est développée suivant 4 grandes périodes :

- la préparation de l'action y compris le lancement des chantiers pilotes,
- le lancement officiel,
- le déploiement de la démarche,
- l'amélioration permanente.

La démarche TPM® est planifiée suivant un « Master Plan » qui est le planning général de conduite du projet. Celui-ci est présenté de façon globale dans l'annexe 17 pour positionner la phase de préparation et le déroulement des différents piliers.

La TPM® visant l'ensemble de l'entreprise y compris les services fonctionnels le Master Plan est détaillé pour chaque secteur de l'entreprise. Il est élaboré à un horizon de 3 ans et de 5 ans.

Le tableau ci-après visualise ces 4 périodes. Vous ne serez pas étonné de retrouver là aussi différentes étapes (12 étapes).

Périodes	Objectifs	Étapes	Actions
Préparation	Préparer le projet	1	Décision de la direction générale Définition des objectifs généraux
		2	Formations et communication
		3	Définition de la structure TPM® Réaliser un chantier pilote
	Affiner le projet en fonction de l'expérience apportée par le pilote	4	Définition de la politique TPM® et de ses objectifs en terme de P Q C D S M
	Établir le Master Plan	5	
Lancement		6	
Déploiement	Améliorer la performance du système de production	7	Développer les Piliers 1 à 4
	Obtenir les conditions initiales	8	Lancement Pilier 5
		9	Lancement Pilier 6
		10	Lancement Pilier 7
		11	Lancement Pilier 8
Amélioration permanente		12	

Comment préparer l'action ?

La préparation repose sur :

- La compréhension de la démarche par l'équipe de direction et la déclaration par la direction générale d'intégrer la TPM® dans la politique de l'entreprise,
- La formation de tous les responsables et le développement d'une campagne d'information interne,

- La définition de la politique et des objectifs **généraux** de l'entreprise (**pourquoi** la direction intègre la TPM® dans sa politique générale),
- La mise en place de l'organisation TPM® (responsable projet, comités, commissions) et du système de promotion,
- La préparation du schéma d'implantation de cette nouvelle politique,
- La réalisation des chantiers pilotes (maintenance autonome et chasse aux pertes),
- La définition du Master Plan à 3 et 5 ans et des objectifs en terme de P Q C D S M.

Remarques :

1. On définit généralement un chantier pilote relatif à la Maintenance autonome et un autre chantier concernant la Chasse aux pertes. Ces chantiers sont conduits par des groupes projets constitués de chefs de service, cadres, techniciens. Ils sont destinés à faire comprendre, sur le terrain, à l'encadrement les bases de la TPM®, sa réalité et rendre ces personnes capables de démultiplier ce qu'ils ont réalisé.
2. Ces chantiers démontrent que dans l'entreprise beaucoup de problèmes élémentaires ont été oubliés et lèvent les doutes tels que « Chez nous, c'est différent, ça ne marchera pas ». Ils permettent aussi d'affiner l'organisation TPM® et le mode de calcul du Taux de Rendement Global.
3. Ce n'est qu'à partir de l'expérience des chantiers pilotes que les responsables pourront bâtir un Master Plan réaliste.

Comment déployer la démarche ?

On peut distinguer 2 phases dans ce déploiement :

1. **Mettre en place le système d'amélioration de la performance de la production.** Il s'agit principalement de mettre en œuvre les Piliers 1 à 4 : Amélioration au cas par cas – Maintenance autonome – Maintenance planifiée – Amélioration du savoir-faire.

2. **Obtenir les conditions idéales** par l'application approfondie des Piliers 5 à 8 : Maintenance de la Qualité – Conception Produits et Equipements – TPM® dans les services fonctionnels – Sécurité, Conditions de Travail et Environnement.

Remarques :

1. Bien qu'elles ne soient pas réalisées à la suite l'une de l'autre, ces 2 phases représentent une progression vers l'excellence de la performance des ressources de production.
2. Il est évident que les entreprises n'ont pas attendu la TPM® pour traiter les problèmes de qualité ou de sécurité par contre l'application rigoureuse de ces piliers permet de viser le Zéro défaut ou le Zéro accident.
3. L'obtention du premier prix PM, le prix d'excellence, nécessite d'avoir généralisé le développement des piliers 1 à 4 à l'ensemble du domaine concerné par le prix et initié les piliers 5 à 8.

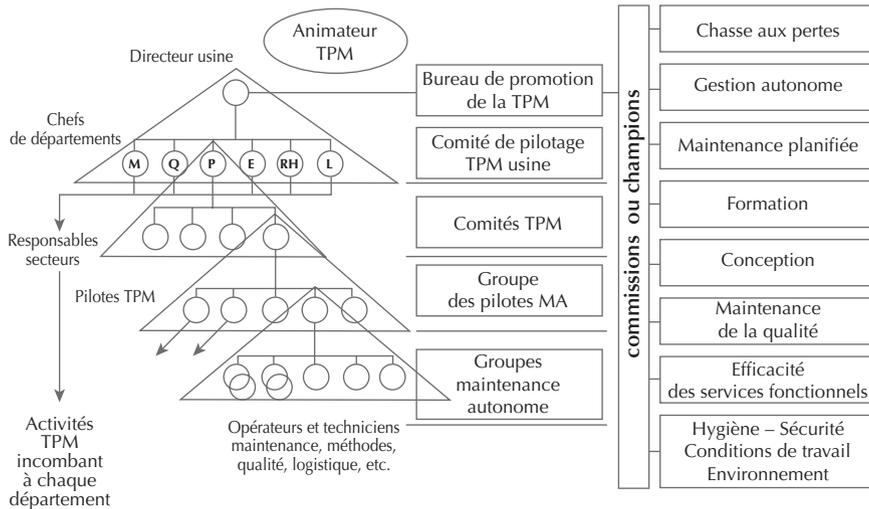
S'appuyer sur une structure pyramidale

La TPM® s'appuie sur une structure pyramidale. Chaque directeur, chaque responsable de département ou de service anime la démarche TPM® pour améliorer la performance de son secteur. Bien entendu, chacun a aussi pour objectifs de fournir à ses clients internes les informations et moyens dont ils ont besoin et de participer avec eux à la chasse aux pertes.

Ces remarques peuvent sembler passe-partout, mais nous ne devons pas oublier l'analyse de E. W. Deming relative aux dysfonctionnements dus aux hommes, aux équipements et au système.

Il faut savoir écouter le personnel sur le terrain et le faire participer aux améliorations. Mais il faut aussi que la direction et l'encadrement montrent leur volonté, donnent les moyens nécessaires et traitent les problèmes relevant de leur responsabilité. Ces moyens ne sont pas que financiers, ils touchent l'organisation, la rigueur, la persévérance.

Figure 15.1 – Structure TPM®



La structure mise en place pour déployer la TPM® s’appuie sur différentes commissions et comités qui assurent :

- la promotion de la TPM®,
- l’engagement des différents responsables,
- le respect de la méthodologie JIPM.

Elle a aussi pour mission de favoriser le développement de la démarche, l’information, la standardisation et la reproduction horizontale des progrès obtenus.

Il existe une commission pour chaque pilier. Chacune d’elle, a pour rôle de :

- promouvoir l’utilisation et le développement du pilier qui la concerne,
- s’assurer que la stratégie et la méthodologie de chaque pilier sont respectées,

- répondre à l'attente de chaque responsable secteur sur l'amélioration de ses performances,
- aider les responsables de projets dans le développement de leurs études,
- s'assurer que les différentes fonctions concernées facilitent la réalisation des projets,
- garantir le respect des plannings,
- valider les résultats obtenus.

Dans de petites entreprises ces commissions peuvent être remplacées par des Champions.

Créer les comités

On doit prévoir, de manière plus ou moins structurée suivant la taille de l'entreprise, la création de différents comités, en particulier :

- Comité de promotion TPM® entreprise,
- Comité de pilotage usine,
- Comité TPM® de chaque département,
- Comité des pilotes Maintenance autonome.

Comité de promotion TPM® entreprise

Il est présidé par le directeur général et composé des directeurs d'usines. Il a pour mission :

- d'intégrer la TPM® dans la politique de l'entreprise,
- de définir les objectifs généraux,
- de s'assurer de la progression de la démarche suivant le Master Plan.

Comité de pilotage usine

Il est constitué des chefs de départements sous la présidence du directeur d'usine. Il a pour mission de :

- définir la stratégie et le plan directeur du site,
- organiser les groupes projets,
- s'assurer de la progression de la démarche conformément au Master Plan usine,
- dégager les moyens financiers, humains et organisationnels,
- aider à résoudre les problèmes rencontrés dans le déroulement de la démarche,
- assurer la communication des résultats au niveau du site.

Comités TPM® de chaque département

Un groupe existe par département ou service (production, maintenance, qualité, méthodes, etc.). Chaque groupe est animé par le responsable hiérarchique et composé de son encadrement. Il a pour rôle :

- de bâtir le plan directeur du département et de suivre la progression des différents piliers,
- d'organiser les groupes de progrès,
- d'élaborer et suivre le tableau de bord de la démarche.

Comité des pilotes maintenance autonome

Animé par le responsable production, il réunit les chefs d'atelier et les pilotes maintenance autonome. Il a pour objectifs de permettre l'échange d'expériences et d'assurer une cohérence entre les différents groupes.

Groupes de travail maintenance autonome

Ils sont à la base du développement de la maintenance autonome dans les ateliers de production. Des techniciens maintenance, méthodes et qualité sont associés à ces groupes (correspondants). Si chaque opérateur a pour mission de détecter les anomalies, traiter les étiquettes bleues et respecter les conditions normales d'utilisation des équipements, les groupes maintenance autonome ont pour rôle de :

- définir les conditions normales d'utilisation des équipements,
- définir les standards provisoires de nettoyage et d'inspection et les faire évoluer,
- proposer des améliorations concernant les équipements et leurs conditions d'utilisation.

Remarques :

Ces groupes rejoignent et renforcent l'organisation des groupes autonomes ou des unités élémentaires de travail.

Ils se réunissent 1 fois/semaine devant le tableau d'affichage Maintenance autonome.

Définir le rôle de chaque acteur – Exiger son implication

Chaque salarié a un rôle à jouer, un travail à réaliser pour permettre la réussite du projet TPM® et obtenir les améliorations attendues. Chacun, du directeur à l'opérateur, doit être acteur mais aussi **demandeur**.

- **Le directeur d'usine doit**
 - Montrer sa ténacité et son engagement dans la démarche,
 - Aller sur le terrain (on motive les gens en les écoutant et non en leur parlant),
 - Animer le comité de pilotage usine et s'assurer des résultats obtenus,

- Être le garant du respect du Master Plan usine et des plans des différents départements,
 - Affecter les ressources financières, humaines et organisationnelles pour assurer l'avancement de la TPM® suivant le plan directeur,
 - Réaliser les audits hiérarchiques et savoir reconnaître à cette occasion le travail des groupes.
- **Les chefs de départements ou de services**

Les responsables de tous les départements opérationnels ou fonctionnels sont concernés par la démarche. Ils ont pour objectif d'améliorer la performance de leur secteur et de participer aux actions communes qui permettront d'améliorer la performance globale de l'entreprise. Ils doivent décliner la volonté de la direction et montrer leur engagement dans la démarche. Chaque responsable doit :

 - Motiver et obtenir l'adhésion de son personnel,
 - Rendre compte de l'avancement de la démarche auprès de la direction,
 - Assister, si besoin, les groupes de chasse aux pertes,
 - Augmenter la compétence et l'efficacité de leur service,
 - Participer aux revues de direction et aux audits hiérarchiques,
 - Manager les groupes de travail de son service afin de respecter les objectifs qui ont été définis et validés avec eux,
 - Suivre ses propres indicateurs.
 - **Le responsable production**

Le responsable production a, en plus des responsabilités de chef de département, un rôle primordial dans le Pilier Maintenance autonome. Comme manager des ressources de production il est le responsable de l'efficacité et de la qualité de ces ressources. C'est pour lui que l'on a construit les 8 piliers de la TPM®. En ce qui concerne le développement de la maintenance autonome il doit :

- Manager les groupes de travail TPM® afin de respecter les objectifs qu'il a définis et validés avec eux,
 - Participer aux audits hiérarchiques de la Maintenance autonome,
 - Animer les réunions des pilotes de groupes Maintenance autonome.
- **Le responsable Maintenance**

Il est directement concerné par les piliers Maintenance autonome, Chasse aux pertes, Maintenance planifiée. Il doit :

 - Utiliser les moyens mis à sa disposition pour traiter dans les délais les étiquettes rouges,
 - Affecter des techniciens maintenance aux groupes Maintenance autonome,
 - Motiver et obtenir l'adhésion de ces techniciens, les encourager à être exigeants vis-à-vis des équipements et à apporter leurs connaissances aux opérateurs,
 - Participer aux audits hiérarchiques de Maintenance autonome,
 - Prendre en compte la suppression des pertes dues à la fiabilité des équipements,
 - Mettre en place la stratégie du pilier Maintenance planifiée.
 - **Les pilotes des groupes maintenance autonome** : (pilote = chef d'équipe ou agent de maîtrise ou responsable unité élémentaire de travail)

Les pilotes agissent directement sur le terrain, avec les opérateurs, pour développer le pilier Maintenance autonome. Ils ont pour objectifs principaux de :

 - Rendre les opérateurs exigeants vis-à-vis de leurs équipements et de leurs environnements de travail,
 - Planifier les actions de maintenance autonome,
 - Suivre le traitement des étiquettes,

- Favoriser la remontée des propositions d'amélioration et mettre en œuvre les améliorations,
 - Améliorer le savoir-faire des opérateurs et développer les leçons ponctuelles,
 - Animer la communication TPM® (suivi des actions – mise à jour – réunions hebdomadaires devant le tableau Maintenance autonome),
 - Organiser et animer les Audits autonomes,
 - Assurer la cohérence entre les différentes équipes postées,
 - S'assurer de la bonne application des standards de nettoyage et d'inspection, et les faire évoluer,
 - Animer les groupes de résolution de problèmes.
- **Les techniciens de maintenance**

Les techniciens de maintenance sont impliqués dans le traitement des étiquettes rouges ; ils ont aussi un rôle, hors hiérarchie, d'assistant et de formateur auprès des opérateurs et pilotes maintenance autonome.

D'autre part ils doivent optimiser l'efficacité, la qualité, les coûts de la maintenance en améliorant la fiabilité et la maintenabilité des équipements, en acquérant de nouvelles compétences et en particulier :

- Être exigeants vis-à-vis du respect de la normalité des équipements (absence de laxisme),
- Aider les opérateurs dans la gestion autonome de leurs équipements,
- Aider les opérateurs à formuler leurs propositions d'améliorations,
- Réaliser des leçons ponctuelles à la demande des Pilotes TPM®.

- **Le responsable projet ou animateur TPM®**

Le responsable de projet TPM® a un rôle d'assistant auprès de sa direction et des différents services. Il forme à la TPM® les différents acteurs mais il est aussi le garant de la méthodologie.

Il assiste :

- la direction dans le développement et le suivi de la démarche TPM®,
- les responsables de départements dans leurs actions relatives à la TPM®, dans leur suivi et dans la préparation des différentes réunions,
- la hiérarchie dans la préparation et la réalisation des audits,
- les pilotes des groupes Maintenance autonome pour démarrer les nouveaux groupes, préparer et maîtriser l'animation de groupe, réaliser le suivi administratif de l'action, utiliser les leçons ponctuelles.

Il assure :

- le support méthodologique et le respect de la méthode JIPM,
- la cohérence entre les différents départements et services,
- la cohérence de la démarche avec le système normatif,
- la formation du personnel.

Il pousse à l'action.

Comment réunir les conditions de la réussite ?

Dans sa phase de démarrage la TPM® mobilise facilement les opérateurs, qui subissent ou constatent journallement des dysfonctionnements sur le terrain.

Mais la TPM® est une démarche volontaire qui exige beaucoup de ténacité et qui ne peut être menée au coup par coup. Tout l'encadrement doit être conscient qu'il est plus efficace de donner de son temps et de celui de son secteur pour résoudre définitivement les problèmes plutôt que de jouer un rôle permanent de pompier.

Il faut comparer les temps consacrés à la TPM® par rapport aux arrêts de productions. Les résultats obtenus sur les chantiers pilotes et le potentiel de gain mis en évidence par la Matrice des pertes sont les meilleurs arguments pour le développement de la TPM®.

La volonté de la direction peut s'appuyer sur la stratégie et la méthodologie de la démarche TPM® pour contrôler son bon déroulement. La TPM® dit **comment** on doit faire !

La TPM® est un investissement en argent et en temps mais celui-ci est très faible par rapport aux gains obtenus. C'est surtout un engagement initial. Il faut accepter de dépenser et de faire un peu plus, il faut surtout que les équipes de direction et l'encadrement au sens large acceptent de traiter les problèmes de fond.

La TPM® a des exigences telles que :

- Intégration dans la politique d'entreprise à moyen terme,
- Regroupement des différents projets existants dans la démarche,
- Engagement formel et solennel du management,
- Engagement de la direction qui accepte en tant qu'investissement d'arrêter les équipements pour retrouver et conserver leur fiabilité, de libérer les opérateurs pour se former et travailler à la performance des équipements et des méthodes de travail,
- Volonté et persévérance de la part de la direction qui accepte que le retour de son investissement ne soit palpable qu'après 2 ans,
- Existence ou création d'une démarche participative,

- Implication forte de l'encadrement dans le management des Hommes,
- Formation des pilotes à l'animation des groupes de travail et aux méthodes de résolution de problèmes,
- Création d'une structure permanente (responsable projet, commissions et comités),
- Obligation de rigueur à tous les niveaux,
- Disponibilité du responsable projet TPM®,
- Renforcement momentané du potentiel maintenance,
- Nécessité de respecter intégralement la méthodologie (stratégie de chaque pilier – comment de chaque étape) ; on ne peut pas « faire de la TPM® à la carte »,
- Accepter de ne pas vouloir tout faire en une seule fois.

Comment pérenniser la démarche ?

Toute démarche de progrès et d'amélioration de la performance est soumise au phénomène d'autosatisfaction. La TPM® est moins sensible que d'autres démarches de progrès à ce phénomène car elle apporte un changement de culture qui concerne tous les acteurs de l'entreprise. De plus elle colle aux réalités du terrain, et est développée suivant une logique naturelle. Il faut se rappeler ce que nous indique le JIPM :

Si les équipements changent, alors le personnel changera puis la culture de l'entreprise changera.

Ce changement est favorisé par les différentes mesures qui consistent à :

- Intégrer la TPM® dans la politique de l'entreprise (les directions peuvent changer mais devront s'intégrer dans cette politique),

- S'appuyer sur les résultats financiers et opérationnels obtenus pour promouvoir la démarche et la pérenniser,
- Montrer en permanence dans les ateliers l'intérêt de la direction pour l'activité des groupes,
- Se fixer des objectifs de progrès permanent tels que l'obtention des différents prix PM,
- Développer de manière continue les piliers impliquant les services fonctionnels.

ANNEXES

Annexe 1

Démarches, méthodes, outils de progrès

Les démarches

TQC Total Quality Control – TQM Total Quality Management :
« 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. »

JAT Juste à temps : Base du Système de Production Toyota (TPS) créée par Taiichi Ohno, dont l'objectif est d'obtenir des matières, composants ou produits finis de qualité, en quantité juste nécessaire, au moment opportun et à leur lieu d'utilisation tout en éliminant les stocks.

PPJ Production au plus juste ou *Lean Manufacturing* : élargissement du JAT à toute l'entreprise pour obtenir la suppression des opérations sans valeur ajoutée, la réduction des dysfonctionnements et des gaspillages.

KAIZEN : amélioration permanente par petits pas dans la durée.
KAI = changer ZEN = bien (aller vers le mieux)
KAIZEN = changer continuellement pour faire mieux.

Les méthodes

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité. Méthode d'analyse préventive qui permet de recenser, de mettre en évidence et de quantifier les risques potentiels de défaillance d'un produit, d'un processus ou d'un équipement.

KANBAN : En Japonais étiquette, support d'information. Créé par Taiichi Ohno chez Toyota. Moyen utilisé par le Juste à temps. Chaque lot de produit est accompagné d'un Kanban. Son retour au fournisseur interne ou externe est un ordre de réapprovisionnement (flux tiré).

SMED : Single Minute Exchange Die. Méthode créée par Shigeo Shingo permettant de changer de fabrication en un temps inférieur à 10 minutes.

HOSHIN ou management par percée : permet de créer dans l'entreprise des changements rapides en recherchant sur le terrain, avec les opérateurs, toutes les idées d'amélioration et en particulier de simplification.

GPEC : dans les entreprises Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences (implique la confiance entre salariés et direction). Les rapports salariaux japonais sont un compromis à LT entre direction et salariés de compétence et de loyauté pour obtenir la stabilité de l'emploi et les résultats financiers. L'exigence actuelle des actionnaires passe souvent avant les intérêts de l'emploi et des salariés.

PDCA ou roue de Deming ou cycle de Shewhart : Représentation d'une démarche de progrès permanent.

Plan : Analyser, étudier le problème, définir les objectifs, la stratégie, les moyens, les indicateurs, l'échéancier.

Do : Apprendre, agir, réaliser.

Check : Mesurer les résultats et les comparer aux objectifs.

Act : Compléter l'action si un écart persiste.

Ce cycle PDCA est renouvelé pour encore et toujours s'améliorer.

MSP : Maîtrise statistique des procédés. Méthode basée sur les statistiques et les probabilités qui permet à partir d'un petit nombre de mesures de donner une description d'un processus industriel et de vérifier en particulier qu'il est stable. Les cartes de contrôle permettent de surveiller cette stabilité et d'agir en conséquence sur les causes spéciales.

MBF : Maintenance Basée sur la Fiabilité. Méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive qui permette d'atteindre efficacement les niveaux de fiabilité et de sécurité intrinsèques des équipements.

SdF : Sûreté de fonctionnement. Ensemble des propriétés qui décrivent la disponibilité d'un équipement et les facteurs qui la conditionnent : fiabilité, maintenabilité et logistique de maintenance.

Benchmarking : méthode consistant à comparer dans un domaine précis (logistique, achats, etc.) les performances de son entreprise à une ou plusieurs entreprises considérées comme référence dans le domaine retenu.

Ingénierie simultanée : optimisation du développement de nouveaux produits en intégrant dans un groupe projet les différents métiers et fonctions (marketing, recherche, développement, industrialisation) pour améliorer la qualité du produit, réduire les coûts de revient et accélérer la mise sur le marché.

Six Sigma : méthode d'amélioration de la qualité et donc de la rentabilité, mise au point dans les années 80 chez Motorola. Elle repose sur la conduite de projets destinés à diminuer la dispersion (écart-type) des processus.

Les outils

5 S : outil utilisé pour assurer et pérenniser la propreté, le rangement dans les ateliers ou les bureaux et améliorer le cadre de travail.

5 M : Machine, Matière, Milieu, Méthodes, Main d'œuvre.

Pareto : application de la loi des 20/80 ou loi ABC, mise en évidence par Valfredo Pareto économiste italien qui constate que 80 % des richesses d'un pays sont détenues par 20 % de ses habitants. Dans les entreprise on constate très souvent que 80 % des problèmes sont dus à 20 % des dysfonctionnements.

Poka yoké : imaginé par Shingeo Shingo – Détrompeur. Utilisation de dispositifs simples installés sur un équipement ou un poste de travail évitant une erreur humaine. Exemple : diamètre des orifices de remplissage des réservoirs de carburant des voitures à pôt à catalyse ne devant utiliser que du « sans-plomb ».

5 pourquoi ou *Why-Why Analysis* : face à un problème se poser plusieurs fois la question **pourquoi** ? et répondre à chaque pourquoi en observant les phénomènes physiques. La plupart du temps les problèmes sont résolus sans aller jusqu'au 5^e pourquoi.

Leçon ponctuelle ou leçon 5 mn : outil de construction et de transmission des connaissances et des savoir-faire techniques sur un point précis et un seul. Permet aux animateurs TPM® et aux leaders de groupe d'acquérir le leadership par rapport aux opérateurs des groupes de maintenance autonome.

QQOQCP : Quoi, Qui, Ou, Quand, Comment, Pourquoi. Permet de guider la recherche d'informations relatives à un problème ou d'organiser la réalisation d'une action.

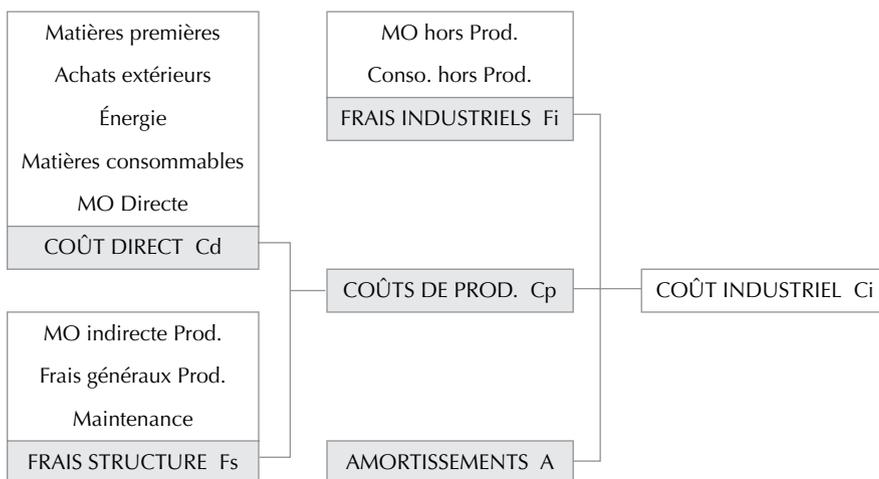
Analyse PM : P comme phénomène physique M comme 5M – Outil développé par le JIPM pour résoudre les problèmes complexes, utilisé lorsque les méthodes causes/effet s'avèrent insuffisantes. Repose sur l'étude des phénomènes d'un point de vue physique ou mécanique.

Diagramme Causes/Effet ou d'Ishikawa ou en arête de poisson : permet de classer et de visualiser les idées issues d'un brainstorming réalisé par un groupe pour la résolution d'un problème. Les 5M servent de base au classement des causes. Ce diagramme permet de faire un inventaire exhaustif des causes possibles.

Annexe 2

Impact du TRG sur le résultat d'exploitation

Hypothèse : le marché absorbe l'augmentation de production.



Résultat d'exploitation = Ventes – (Conso + MO directe + Fs + Fi + A)

Conso = Mat. Premières + Achats extérieurs + Énergie + Mat. consommables

1 - Augmentation taux de disponibilité + K1 % → Temps de marche augmente*L'équipement est utilisé plus longtemps avec le même effectif*

Quantités produites	↑	x K1	Ventes = K1 x V0
Matières premières	↑	x K1	Coût industriel = K1 x Conso. + MO directe + Fs + Fi + A
Achats extérieurs	↑	x K1	
Energie	↑	x K1	
Matières consommables	↑	x K1	
MO Directe	=		

2 - Augmentation taux de performance + K2 % → Productivité machine augmente*L'équipement lorsqu'il est en service produit plus*

Quantités produites	↑	x K2	Ventes = K2 x V0
Matières premières	↑	x K2	Coût industriel = K2 x Conso. + MO directe + Fs + Fi + A
Achats extérieurs	↑	x K2	
Énergie	=		
Matières consommables	↑	x K2	
MO Directe	=		

3 - Augmentation taux de Qualité + K3 % → Production augmente*Diminution des rebuts; diminution des reprises ou retouches*

Quantités produites	↑	x K3	Ventes = K3 x V0
Matières premières	=		Coût industriel = Conso. + MO directe + Fs + Fi + A
Achats extérieurs	=		
Energie	=		
Matières consommables	=		
MO Directe	=		

$$\text{TRG} = K1 \times K2 \times K3 \times \text{TRG0}$$

$$\text{Ventes} = K1 \times K2 \times K3 \times V0$$

$$\text{- Coût Indus.} = K1 \times K2 \times \text{Conso.} + \text{MO directe} + \text{Fs} + \text{Fi} + \text{A}$$

$$\text{Résultat d'exploitation} = \text{RE} = K1 \times K2 \times K3 \times V0 - (K1 \times K2 \times \text{Conso.} + \text{MO directe} + \text{Fs} + \text{Fi} + \text{A})$$

$$\text{RE} - \text{RE0} = V0 (K1 - 1) - \text{conso} (K1 \times K2 - 1)$$

Annexe 3

Matrice des pertes

PERTES	Nature Perte	Unité	Actuel		Valeurs cibles						Résultats au: . . .					
			N	N+1	N+2	N+3	Bench-mark	Prix N+4	% visé	Actions envisagées	Responsable projet	N° fiches	Délat	Obj. retenu	Situation	Réalisée
Main d'œuvre & Équipements Composantes du TRG	Pannes	Sur goulet NST128	868	651	300	150	75	100	-88	Fiabilisation						
		Sur presse NU 30	522	320	160	75		50	-90	Remplacement système de guidage						
	Réglages	h/an	1230	700	600	500	500	400	-67	Lancement par multiples de 12000						
	Chagt Fab.	h/chgt	8	4	1	0,5		0,2	-98	SMED						
	Nombre de changements	Nb/mois	40	28	20	15	5	10		Planification des OT						
	Démarrages / / /															
	Attentes	h/an	400	200	100	50		0	-100	Achat chariots de transfert						
	Attente ébauches	h/an	200	175	100	50		5	-98	Kanban						
	Attente logistique	h/an	150	100	50	20		5	-97	Visualisation des stocks						
	Arrêts+ SV	p/mn	2,85	2,4				2,4	-16							
	Ecart sur TRG	h/an	892	675	500	200		50	-94	Maintenance autonome						
	Retouches	taux %	3	2,8	2,2	1,5	1	1	-67							
	Non qualité	taux %	5	4	3	2	0	0	-100							

(Suite page 251)

Annexe 4

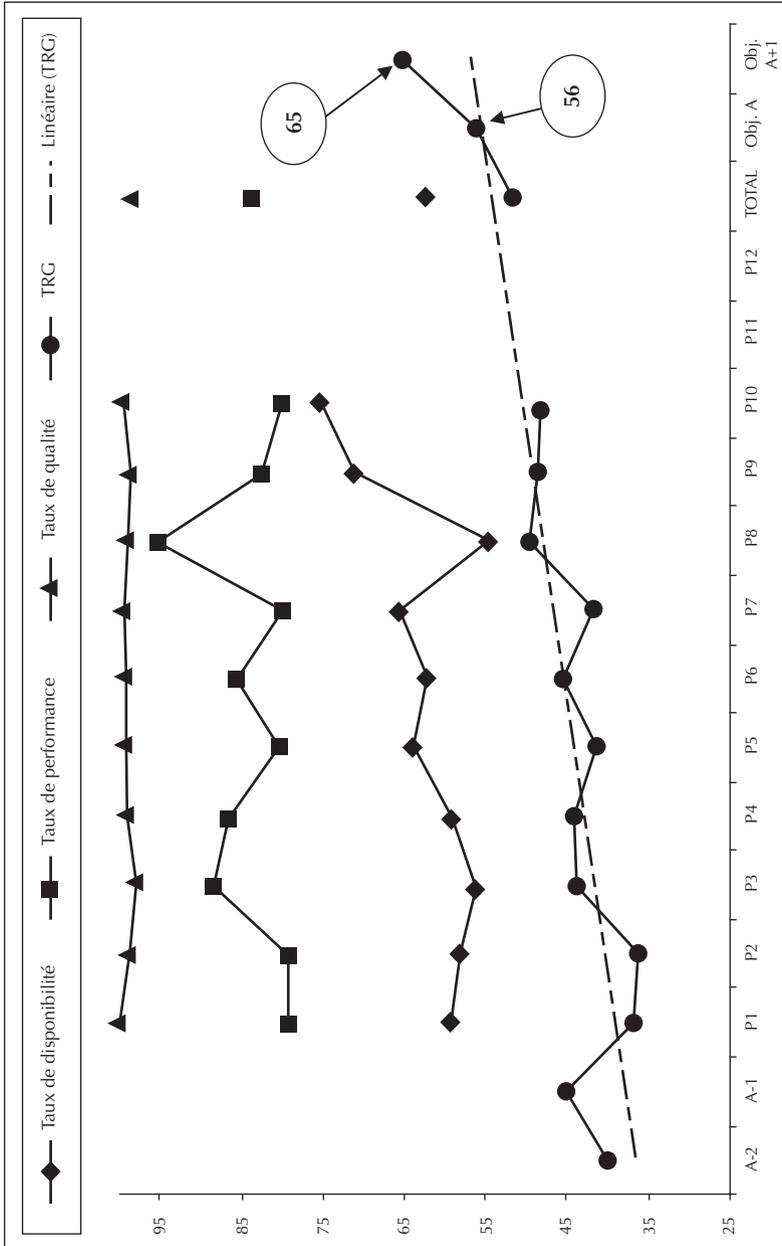
Suivi du TRG

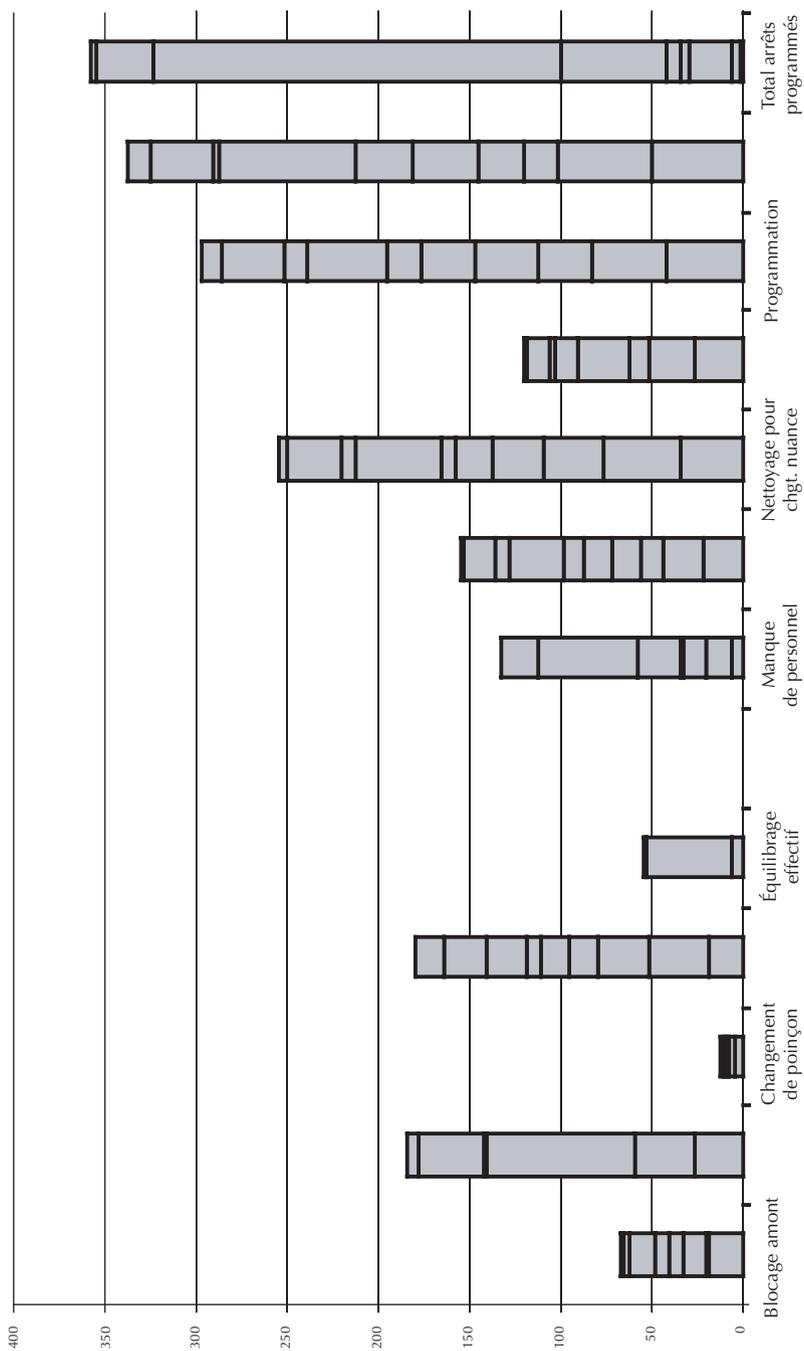
T E M P S	Non engagement en h	1 066	Faits marquants :																						
	Réunion Action TPM Nettoyage Maintenance programmée Modifs / Essais Absences prévues	30 50 145 212 6 0	Modification programmation système en P8 d'où baisse engagement Résultats modif. obtenus en P9																						
T O T A L	1 510		1 188																						
TT	T0 Temps d'ouverture 3 178 heures		<table border="1"> <tr> <td>Panne</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Changement outillage</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Nettoyage pour chgt. nuance</td> <td>215</td> </tr> <tr> <td>Programmation</td> <td>210</td> </tr> <tr> <td>Changement de poinçon</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Montage tirant</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>Blocage amont</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Placage aval CEZUS</td> <td>104</td> </tr> <tr> <td>Manque de charge</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Manque personnel</td> <td>128</td> </tr> <tr> <td>Équilibrage effectif</td> <td>55</td> </tr> </table>	Panne	110	Changement outillage	150	Nettoyage pour chgt. nuance	215	Programmation	210	Changement de poinçon	13	Montage tirant	135	Blocage amont	68	Placage aval CEZUS	104	Manque de charge	0	Manque personnel	128	Équilibrage effectif	55
Panne	110																								
Changement outillage	150																								
Nettoyage pour chgt. nuance	215																								
Programmation	210																								
Changement de poinçon	13																								
Montage tirant	135																								
Blocage amont	68																								
Placage aval CEZUS	104																								
Manque de charge	0																								
Manque personnel	128																								
Équilibrage effectif	55																								
4 688 heures			<table border="1"> <tr> <td>Sous-vitesse</td> <td>328</td> </tr> </table>	Sous-vitesse	328																				
Sous-vitesse	328																								
			<table border="1"> <tr> <td>TNF Temps net fonctionnement</td> <td>1 662 heures</td> </tr> </table>	TNF Temps net fonctionnement	1 662 heures																				
TNF Temps net fonctionnement	1 662 heures																								
			<table border="1"> <tr> <td>Rebut</td> <td>18</td> </tr> </table>	Rebut	18																				
Rebut	18																								
			<table border="1"> <tr> <td>TU Temps utile</td> <td>1 643 heures</td> </tr> </table>	TU Temps utile	1 643 heures																				
TU Temps utile	1 643 heures																								

TRG = Taux de disponibilité x Taux de performance x Taux de qualité = 51,64 %
62,25 x 83,49 x 98,88

TRS = Taux d'engagement x TRG = 33,1 %
67,8 x 51,6

Vérification TRG = Temps utile / Temps d'ouverture = 1 643 / 3 178 = 51,6 %





Annexe 5

Fiche projet chasse aux pertes

N° Fiche :

Secteur	Équipement	Resp. projet	Participants			
1. Thème du projet :	7.1 Analyse des causes effectuée (Indiquer la méthode utilisée) :					
2. Fonction normale :						
3. Description du problème :	7.2 Plans d'actions :					
	N°	Cause	Action	Quand	Qui	Observations
4. Quantification du problème :	8. Raisons du choix des actions :					
5. Enjeux pour l'entreprise :	9. Résultats obtenus (tangibles / intangibles) :					
6. Objectifs fixés :	10. Mesures de verrouillage mises en place :					
	11. Actions futures envisagées :					

Annexe 6

Audit étape 1

Suivant modèle document formation instructeur JIPM.

AUDIT ÉQUIPEMENT étape 1		Audit autonome		Audit hiérarchique	
ATELIER		Date souhaitée :	Date réalisée :	Date souhaitée :	Date réalisation :
.....	
EQUIPEMENT		Nbre de points : $\Sigma (1 \text{ à } 5) + 6$	Niveau d'acceptation : > 90	Nbre de points : $\Sigma (1 \text{ à } 5) + 6$	Niveau d'acceptation : > 80
.....		Accepté : [] Refusé : []	Accepté : [] Refusé : []
Audit autonome []	Audit hiérarchique []	Animateur		Visa animateur	Visa Auditeur

Items	Description	Insuffisant	Passable	Bon	Excellent
		2 points	3 points	4 points	5 points
1	Structure de l'équipement				
	Absence de salissures				
	Toutes les anomalies sont elles repérées ?				
	Des boulons sont-ils desserrés ?				
2	État des auxiliaires				
	Absence de salissures				
	Toutes les anomalies sont elles repérées ?				
	Des boulons sont-ils desserrés ?				
3	Environnement de travail				
	Rangement et propreté des outils, des outillages, des instruments de mesure				
	Absence de matériel inutile				
	Les capots de protection ou de captation sont-ils en place ?				
		Suivant modèle document formation instructeur JIPM			

(Suite page 261)

4	Nettoyage	Les équipements nécessaires au nettoyage sont disponibles, rangés et inventoriés ? Des améliorations ont-elles été réalisées pour protéger les organes sensibles ou faciliter leur nettoyage ?					
5	Mise sous surveillance des anomalies	Des inspections / nettoyages des différentes zones sont-elles réalisées suivant les standards provisoires ? Des étiquettes sont-elles posées durant ces opérations ? Les zones de salissures ou difficiles d'accès ont-elles été repérées ?					

TOTAL 1 à 5 : / 50

		10 points	15 points	20 points	25 points
6	Utilisation des techniques de la TPM	Points de référence Le tableau d'affichage est-il à jour suivant les standards ? Les leçons ponctuelles sont-elles utilisées ? Les anomalies sont-elles traitées dans les délais ? La démarche T P M est - elle comprise par le personnel ? Tout le personnel participe aux activités T P M ? Un point de l'activité est fait régulièrement ?			

TOTAL 6 : / 50

(Suite page 262)

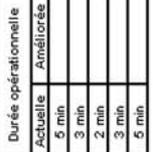
Grille d'évaluation					
1 à 5	Équipement	2 points	3 points	4 points	5 points
		Pratiquement rien n'est fait. Seuls les endroits visibles sont traités	Les endroits difficiles d'accès ont été pris en compte	Tout les endroits sont inspectés et sont nettoyés	L'inspection et le nettoyage sont satisfaisants. Des études permettant de nettoyer les endroits difficiles ont débuté.
6	Personnel	10 points Le personnel montre peu d'intérêt. L'encadrement l'encourage à réaliser certaines tâches	15 points Le personnel est volontaire mais manque de savoir-faire	20 points Les opérateurs participent à la plupart des activités TPM	25 points Le domaine de responsabilité de chacun est bien défini et est strictement respecté

Points particuliers	
	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 20px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Suivant modèle document formation instructeur JIPM </div>

Annexe 7

Standard provisoire de nettoyage

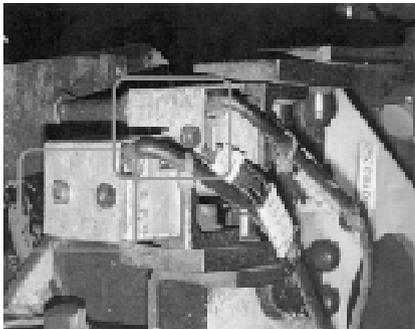
Origine Renault Trucks – CFC.

		<h2 style="margin: 0;">Standard Provisoire de Nettoyage</h2>					
N° Réf. SPN T 5 25 1 3 01	LIGNE : W800 Finition		CHANTIER TPM		Rédigé par 3/04/06	Validé par 12/04/06	Modifié le
	EQUIPEMENT : OP 93 à 130		Date Visa				
Zone de Salissures							
							
N° Item	Standard	Mode opératoire	Outils	Fréq.	Responsable de l'action	Durée opérationnelle	
1	nettoyage pupitre et clavier PC Amiral		chiffons	1/5 em.	opérateur	Actuelle	Améliorée
2	nettoyage filtre postes SEFG	cf. leçons ponctuelles	soulette	1/5 em.	opérateur	5 min	
3	dégratage torches SEFG	cf. leçons ponctuelles	brosse	1/1 poste	opérateur	3 min	
4	dépoussiérage dévidoir SEFG	cf. MO T 5 19 5 101 pour démontage	chiffons, brosse	1/1/5 jrs.	opérateur	2 min	
5	balayage de la zone		chiffons, paille	1/1 poste	opérateur	3 min	
ENVIRONNEMENT APPLIQUER LES CONSIGNES ENVIRONNEMENT LORS DES NETTOYAGES							
SECURITE APPLIQUER LES CONSIGNES SECURITE							

Annexe 8

Fiche d'amélioration

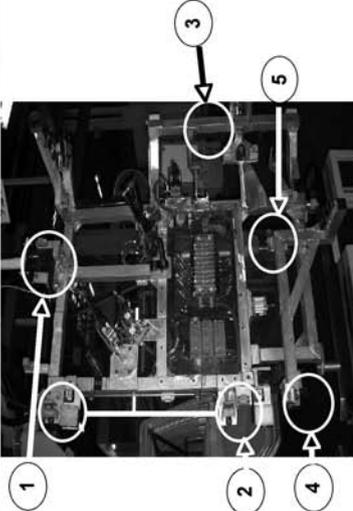
Origine Renault Trucks – CFC.

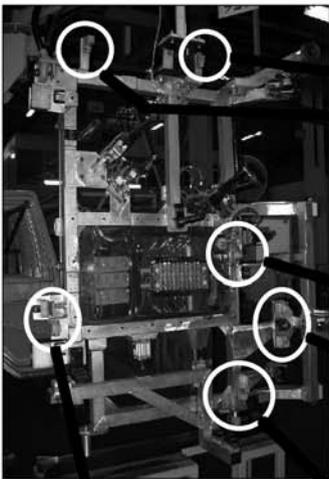
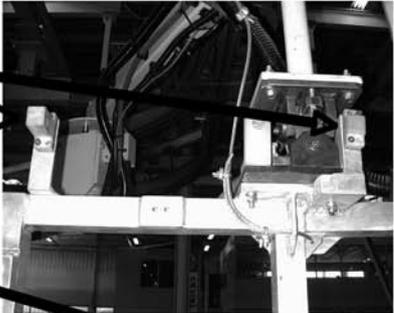
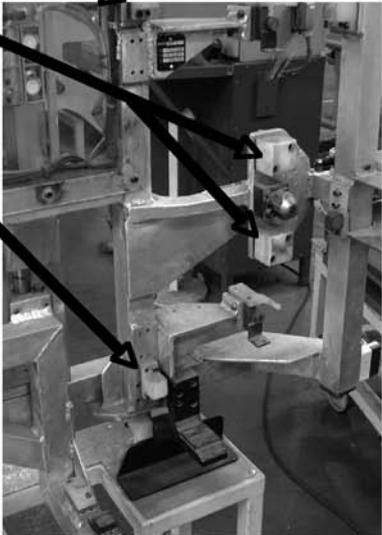
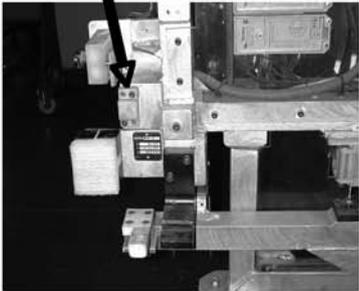
FICHE AMÉLIORATION N° A 34 – Groupe TPM plaque AV Projet décidé à partir de la proposition enregistrée sur le tableau TPM		Action d'amélioration	
Description du problème		Protection de la face la plus exposées des détecteurs par une plaque de plexiglass.	
Des grattons de soudure ont été projetés sur les têtes de détecteurs de position des pièces. Ceux-ci ne détectent plus la présence pièce et créent un arrêt. D'où l'obligation d'effectuer des nettoyages systématiques et malgré ceux-ci il y a risque d'arrêt sur incident.		Suivant modèle document formation	
Situation		25	Pilote : G. Gond
Avant		100	Délai : mars 03
Après		75	
			
Coûts Main d'œuvre : 8 heures /montage Matériel : 430 € Sous-traitance : TOTAL : 550 € Résultats obtenus Plus de nettoyages Gain 78 h/an soit 1 200 € Verrouillage Vérifier régulièrement l'état et la fixation des plaques Reproduction horizontale OUI NOX			

Annexe 9

Standard provisoire de maintenance autonome

Origine Renault Trucks – CFC.

		<h2 style="text-align: center;">Standard Provisoire de Maintenance de Premier Niveau</h2>					
N° Réf.	LIGNE : W800 finition	CHANTIER TPM manipulateur porte	Rédigé par	Validé par	Modifié le		
SPH T 5 07 1 101	EQUIPEMENT : manipulateur		28/02/2006	14/04/2006			
			Visa	Duquenne.D			
							
N° item	Standard	Mode opératoire	Outils	Fréq.	Responsable de l'action	Durée opérationnelle Actuelle	Améliorée
1	Contrôle du jeu entre vis et support	MO T 5 07 1 101	réglet	1F / poste	Opérateur	1 min	
2	Contrôle des cales entre porte et panneau	MO T 5 07 1 101	visuel	1F / poste	Opérateur	1 min	
3 & 4	Contrôle des appuis manipulateur et caisse	MO T 5 07 1 201	3 => réglet, 4 => visuel	1F / poste	Opérateur	1 min	
5	Contrôle du jeu abattants fermés	MO T 5 07 1 301	visuel	1F / poste	Opérateur	1min	
6	Contrôle des appuis manipulateur et porte	MO T 5 07 1 401	réglet	1F / poste	Opérateur	1min	
SECURITE							
APPLIQUER LES CONSIGNES SECURITE MAINTENANCE PREMIER NIVEAU							

	<h2><u>MODE OPERATOIRE</u></h2>	W 800 porte manipulateur	
MO T 5 07 1 401	<h3><u>géométrie sur montage</u></h3>	PERIODICITE : 1 fois / poste	
OPERATIONS A EFFECTUER PAR L'OPERATEUR			
6)	Controle des appuis		
faire le controle des appuis avec une porte dans le manipulateur			
moyen : reglet			
contrôle : le reglet ne doit pas passer entre la porte et les touches d'appuis			
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;">     </div>			

Annexe 10

Leçon ponctuelle

	Total Productive Maintenance Leçon ponctuelle	
<p style="text-align: center;">Cas de : CONNAISSANCE DE BASE Points qui doivent être connus de tous les utilisateurs</p> <p>1/ Quelles sont les conditions normales ? 2/ Quelles sont les anomalies possibles ? 3/ Qu'est-ce qu'elles pourraient provoquer ? 4/ Quelles sont les actions préventives à adopter ?</p>		<p>N°. MA001.....</p> <p>Date: 25/04/2003</p> <p>Préparé par : C. ARTEL</p>
<p>THEME : Mauvais entretien des pistolets peinture</p>		
<p>Pointeau neuf</p>		
1)		
<p>Usure normale du pointeau</p>		
1)		
Légère usure à la pointe de l'aiguille	Légère usure au niveau du presse-étoupe	
<p>Usure anormale du pointeau</p>		
2)		
Usure anormale de la pointe	Dépôt de peinture	Usure anormale de la tige
Déformation liée à un excès de serrage		
<p>3) Grains, coulures</p>		
<p>4) Appliquer les consignes de réglage préconisées dans la fiche jointe</p>		
Date		
Formateur		
Formé		

Annexe 11

Remarques relatives à l'application de l'AMDEC à un plan de maintenance

Les services maintenance sont amenés à utiliser l'AMDEC pour déterminer :

- les éléments critiques d'un équipement vis-à-vis de sa disponibilité ou de ses coûts de maintenance,
- les améliorations à apporter à l'équipement pour augmenter sa fiabilité ou pour minimiser la gravité des défaillances éventuelles,
- le plan de maintenance préventive à mettre en place pour cet équipement.

L'application de l'AMDEC présente 2 graves dangers dans son utilisation en maintenance (je me limiterai au domaine de la maintenance, mais il me semble que parfois les qualitatifs tombent eux aussi dans le même piège).

1^{er} danger

L'AMDEC préconise d'évaluer pour chaque élément de l'équipement ou pour chaque EPM (élément de niveau juste supérieur au niveau des modules non remplaçables) son mode de défaillance, ses causes et ses effets (sécurité, disponibilité de l'équipement, qualité du produit, charge de la maintenance, etc.).

Dans la deuxième phase de l'AMDEC on évalue la criticité de chaque défaillance en utilisant 3 critères : la **fréquence**, la **gravité** et la possibilité de **détection** de la défaillance. C'est ce dernier critère qui me semble litigieux. En effet la possibilité de détecter la défaillance minimise la criticité de cette dernière et évite éventuellement de la prendre en compte.

Est-ce que cela signifie, au niveau de la maintenance, qu'il n'est pas nécessaire d'améliorer la fiabilité d'un composant si on sait détecter les prémices de sa défaillance en réalisant un contrôle de maintenance préventive (contrôle effectué par un technicien maintenance ou un opérateur de production) ? C'est oublier que les objectifs principaux de l'entreprise sont :

- de diminuer la charge des techniciens de maintenance et des opérateurs,
- de limiter les temps d'arrêts nécessaires pour réaliser ces contrôles ou pour assurer les remplacements de ces composants.

À mon avis il ne faut pas intégrer la possibilité de détection dans l'élaboration de l'AMDEC. Envisager la détection est déjà avoir choisi la solution avant d'avoir analysé le problème.

Il faut d'abord se poser la question : **comment peut-on diminuer la fréquence de la défaillance** en jouant sur la fiabilité du composant. Si cela n'est pas possible pour des problèmes technologiques ou économiques on envisagera alors la possibilité de détection. Détection qui ne diminue en aucune façon la fréquence ou la gravité de la défaillance mais permet seulement de diminuer les imprévus.

2^e danger

En appliquant l'AMDEC on évalue « élément par élément » ou « ligne par ligne » du document AMDEC la fréquence de chaque défaillance. On ne tient pas compte du fait que la fiabilité de l'équipement (donc

sa disponibilité, ses coûts de maintenance) est égale au produit de la fiabilité de chaque composant.

Si on a adopté pour chacune des 10 lignes d'un document AMDEC une fréquence probable d'une **défaillance par an** la probabilité de défaillance de l'équipement devient d'une **panne par mois** environ (assimilation des défaillances à une loi exponentielle, composants en série). Ce qui change fondamentalement les risques d'indisponibilité de l'équipement.

Il est indispensable de compléter l'AMDEC par un **diagramme de défaillances** pour évaluer l'impact des défaillances sur le fonctionnement, la disponibilité, le coût de maintenance global de l'équipement. De plus l'élaboration du diagramme de défaillances permet de faire apparaître les composants qui ont le plus de poids dans l'indisponibilité de l'équipement. Donc ceux dont la fiabilité devra être améliorée en priorité.

L'AMDEC est une méthode efficace, d'autant plus qu'elle oblige à faire un inventaire exhaustif de l'équipement (on peut réaliser une nomenclature arborescente sans se perdre dans une analyse fonctionnelle) mais elle n'est pas suffisante.

Un responsable de Maintenance devrait se fixer comme objectif le Zéro panne tout en réalisant un programme minimum de maintenance préventive; ce qui nécessite avant tout, comme le préconise la TPM[®], de respecter les conditions normales d'exploitation de l'équipement.

Annexe 12

Planning pilier 3

		ANNÉE 1		ANNÉE 2		ANNÉE 3		ANNÉE 4	
		ETAPES 1		ETAPES 2		ETAPES 3		ETAPES 4	
Etapas Maint. Autonome									
ASSISTANCE A LA MAINTENANCE AUTONOME	<p>Assistance Inspection / nettoyage</p> <p>Traitement des étiquettes - Suppression zones salissures ou difficiles d'accès</p> <p>Participation à l'amélioration des connaissances des Opérateurs</p> <p>Def. Standards inspections</p> <p>Transfert de la lubrification vers Maintenance autonome</p> <p>Préparation formations pour Etape 4</p> <p>Développement form. Etape 4</p> <p>Revue partage des tâches Prod/Maint</p>								
PREPARATION ET/PE 4	<p>Développement analyse WHY-WHY dans les secteurs production</p> <p>Participation à l'Amélioration au cas par cas Usine</p> <p>Chasse aux pertes internes</p>								
CHASSE AUX PERTES									
ACTIVITE ZERO PANNES	<p>Elimination causes détériorations forcées</p> <p>Définir & Supprimer les problèmes récurrents</p> <p>Supprimer les faiblesses de conception</p> <p>Enregistrement et analyse de chaque panne</p> <p>Reproduction des actions sur tous les équipements</p>								
MAINTENANCE PLANIFIEE	<p>Def. équipements critiques</p> <p>Analyse de l'existant</p> <p>Définition des standards d'inspection</p> <p>Exploiter les résultats - améliorer les standards</p> <p>Réaliser la maintenance basée sur le temps</p>								
SYSTEME GESTION MAINTENANCE	<p>Système de connaissances des coûts</p> <p>Définition des indicateurs</p> <p>Amélioration qualité -disponibilité documentation technique</p> <p>Nettoyage / rangement des magasins</p> <p>Def. stocks (pièces et paramètres)</p> <p>Visualisation contrôle des stocks</p> <p>Systematiser les méthodes d'appro.</p>	<p>Implanter la GMAO</p>							
GESTION STOCKS	<p>Sélection des équipements</p> <p>Recherche des paramètres de corrélation</p> <p>Form. aux méthodes diagnostic</p> <p>Développement des méthodes prédictives</p>								
MAINTENANCE PREDICTIVE									
COMPETENCES MAINTENANCE	<p>Apprendre à travers les pannes</p> <p>Formations individuelles des techniciens</p>								

Annexe 13

Processus de conception

Étapes	Flux			Points de contrôles
	Autres dpts	Production	Engineering	
1 Projet investisse- ment	Plan stratégique			Définition processus de conduite Définition objectifs et contraintes Définition des répercussions Définition des priorités Définition date objectif Définition responsables
Revue de conception n° 1 projet				
2 Élaboration du projet	Approbation projet			Budget et programme Prévention des problèmes éventuels Capacité de production Fiabilité, Flexibilité, Opérabilité, Maintenabilité, Sécurité Coût initial, coût d'exploitation Délai appro. exigé
Revue de conception n° 2 élaboration projet				
3 Étude conception	Émissions des com- mandes d'études des équipements internes ou externes		Conception générale	Formation TPM® du constructeur AMDEC Équipement Capacité de production Fiabilité, Flexibilité, Opérabilité, Maintenabilité, Sécurité Rentabilité économique Audits TPM®

(Suite page 281)

Revue de conception générale n° 3		Revue de conception détaillée n° 4	
			<p>Forme des pièces, tolérances, états de surface, traitement thermiques Sélection des pièces du commerce</p>
4 Construction	<p>Émissions des commandes d'exécution Préparation CdC réception pièces critiques</p>	<p>Réalisation plans de détails</p> <p style="text-align: center;"> </p>	<p>Programme de contrôles intermédiaires des pièces importantes (précision assemblage, traitement,)</p>
	<p>Réalisation</p>	<p>Préparation CdC réception</p>	<p>Aptitude équipement, capacité Performances (<u>productivité</u>, <u>maintenabilité</u>, <u>sécurité</u>, <u>fiabilité</u>) Programme correctif, révision plans</p>
5 Réception	<p>Réception ← chez le constructeur</p>		<p>Implantation, installation, tuyauteries, électricité, utilities</p>
6 Installation	<p>Installation</p>		
	<p>Tests de réception atelier</p>		

(Suite page 282)

7 Pré-industrialisation		Notices Programme d'essai Essai à capacité nominale Validation		<u>Aptitude équipement</u> , <u>capabilité process</u> , Problèmes et actions correctrices Validation des essais, rapport de fonctionnement. Taux de défauts, défaillances, arrêts mineurs, performance, disponibilité. Sécurité
8 Utilisation		Mise en production		Consignes d'utilisation et de maintenance autonome Déf. <u>prévention de la maintenance</u>

Annexe 14

Matrice analyse qualité

Suivant modèle document formation instructeur JIPM.

Annexe 15

Analyse 4M

Suivant modèle document formation instructeur JIPM.

Analyse 4M : fabrication fils OSP 231 – Ligne A4													
Phases du process Description du travail Préciser Manuel (M) ou Automatique (A)		Défauts suivant Matrice QA								Matériaux			
		PVC Trou /Manque	PVC Non uniforme	PVC Trop faible	PVC Trop fort	Couleur non conforme	Couleur trop pâle	G	H		I		
N°	M/A	Main d'œuvre		Machine	Méthodes	Dysfonctionnements possibles							
1	A	Déroutement fil	P1							Oubli Erreur Malentendu Manque savoir, etc.	Précision Usure Défaillance, etc.	Mode opérateur Manutention Gamme, etc.	Mat. première Mat. auxiliaire Environnement, etc.
2	A	Alimentation PVC	O1				O5				Machine : défaut système de freinage suite à analyse PM Méthodes : mauvais réglage en fonction dia. cuivre		
3	M	Extrudeuse	O1	O1	O1	O5	O5				Main d'œuvre		
4	A	Refroidisseur											
5	A	Bobinage											
6													
7													
8													
9													
10													

Suivant modèle document
formation instructeur JIPM

Annexe 16

Exemple analyse 2P 5M

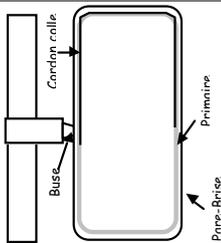
Origine Renault Trucks – CPC.

Suivant modèles documents formation instructeur JIPM.

LIGNE: Midlum/Locator		EQUIPEMENT: Préparation P.B/Machine RAMBURE		PRODUIT: Midlum / Locator		N° REF. PI ECE:		Date: Animateur: D.CAMBON		Réf.	
1.1 QUEL EST LE PROBLEME ?		QUELLE EST LA FONCTION AFFECTEE ?									
Entrée d'eau au niveau du pare-brise.		Encollage Pare-Brise									
QUOI	Entrée d'eau au niveau du pare-brise										
QUAND	Lors du contrôle d'étanchéité cabine - prélèvement de 2 % / jour Nouvel Opérateur depuis 15 jours										
QUI (avec)	Opérateurs: Préparation P.B + Collage P.B Cariste: Contrôle d'étanchéité										
OU	Entrée d'eau à différents endroits des cabines Midlum/Locator Préparation encollage P.B - Machine Rambure et Manipulateur pose pare brise - Bâtiment U										
COMMENT	Contrôle étanchéité cabine. Passage à la douche de 2% des cabines garnies par Jour.										
Autres observations											
Différence entre ce qui est BON ou MAUVAIS (fonctionnement machine ou qualité produit): Depuis un an pas d'entrée d'eau sur 100% des cabines											
Dates des réunions de travail: Chaque Mardi à 15 h (Groupe de travail: Animateur D. Cambon - Participants T. Kasmi - R. Jeanjean - H. Renard											

LIGNE : Garnissage Midlum/Locator		EQUIPEMENT : Préparation P.B/Machine RAMBLU		PRODUIT : N° REF. PI ECE :		Date: Animateur: D.CAMBON		Réf.			
1.1 QUEL EST LE PROBLEME ? Entrée d'eau au niveau du pare-brise.		QUELLE EST LA FONCTION AFFECTEE ? Encollage Pare-Brise		2.1 SCHEMA DE PRINCIPE & DESCRIPTION DE L'OPERATION		2.2 CONDITIONS STANDARDS CONNUES		1.4 QU'EST CE QUE T-A-CHANGÉ ? Nouvel Opérateur - Voir Q O Q C P			
<p>Le P.B est livré avec un primaire sur toute sa p Celui-ci est nettoyé puis réactivé dégraissant. Après la pose d colle est déposé par réactivée. L</p>		<p>* P. B: Géométrie, galbe, état de surface</p> <p>* Primaire: positionnement & continuité du primaire, absence impuretés date de péremption</p> <p>* Produit de réactivation: date de péremption, uniformité, absence pollution</p> <p>* Baie P. B: Géométrie, état de la surface, propreté.</p> <p>* Pare-Brise: centrage en X et en Y</p> <p>* Cordon de colle: géométrie hauteur x mm, larg. y mm sans manque position du cordon sur P.B, absence corps étrangers</p> <p>* Pression & durée maintient application PB sur baie</p>		2.3 ELEMENTS EN INTERACTION		2.4 VARIATION POSSIBLES DES INTERACTI					
<p>2.3 DIAGRAMME D'INTERACTION OU DE CONTACT</p>		<p>1/ Pare-Brise / Primaire</p> <p>2/ Primaire / Réactivateur / Opérateur</p> <p>3/ Réactivateur / Colle</p> <p>4/ Colle / Pare brise / Rambu</p> <p>5/ PB encollé / Baie / Manipulateur</p>		2.3 SCHEMA DE PRINCIPE & DESCRIPTION DE L'OPERATION		2.4 VARIATION POSSIBLES DES INTERACTI		1 Liaison primaire / PB - Date de péremption primai		2 Qualité réactivation - pollution - péremption réac	
								3 Positionnement colle / primaire réactivé		4.a Colle (géométrie du cordon hauteur, largeur + ré	
								4.b Colle (Position du cordon de colle / primaire réac		4.c Colle (Viscosité - péremption)	
								5.a Liaison PB /Baie (géométrie baie ou PB, surface,		5.b Colle pression + temps maintien pression PB sur	
ANALYSE PHYSIQUE : Pas ou peu d'adhérence du cordon de colle sur le primaire du pare-brise											

LIGNE:	EQUIPEMENT:	PRODUIT:	N° REF. PIECE:	Date:	Ref.
Garnissage Midium/Locator	Préparation P.B/machine RAMBU			Animateur: DCAMBON	
1.1 QUEL EST LE PROBLEME ?		QUELLE EST LA FONCTION AFFECTEE ?			
Entrée d'eau au niveau du pare-brise.		Encollage Pare-Brise			
ANALYSE PHYSIQUE : Pas ou peu d'adhérence du cordon de colle sur le primaire du pare-brise					
3. DIAGRAMME DE CONTACT	3. IDENTIFICATION DES FACTEURS POTEN POSSIBLES (ensembles)	4. 4M PRIMAIRES			
	1/ Pare-Brise / Primaire	4. 4M SECONDAIRES (composants)			
	1.1 Accrochage primaire sur PB				
	1.2 Pénétration du primaire	1.2a Déassement délai conservation 1.2b Durée stockage PB Trop importante			
	2/ Primaire / Réactivateur / Opérateur	2.1a Non respect mode opératoire par Opérateur 2.2a Non respect mode opératoire par Opérateur			
	2.1 Primaire: Nettoyage insuffisant	2.4a Par environnement 2.4b Par opérateur lors manipulation 2.4c Essuyage après réaction inst.			
	2.2 Réactivation mal effectuée	3.1a Réglage trajectoire Rambure 3.1b Mauvaise position bande primaire 3.1c Largeur bande primaire insuffisante			
	2.3 Pénétration réactivateur	3.2a Nettoyage insuffisant 3.2a1 Chiffon sale, saturé 3.2a2 Fréquence changement tampon			
	2.4 Pollution surface réactivée	4.1a Réglage Rambure vitesse + régularité 4.1b Buse (conformité référence, état) 4.1c Réglage débit Pompe 4.2a Réglage Rambure Trajectoire (idem 3.1a) 4.2b Positionnement PB en X.Y sur table Rambure 4.3a Température colle 4.4a Référence colle 4.4b Pénétration 5.1a Géométrie 3D PB 5.1b Géométrie 3D Bate 5.2a Défaut filerie 5.3a Présence poussière extérieures 5.3b Pollution par Opérateur 5.4a Pollution par Opérateur 5.4b Essuyage bate mal effectué 5.5a Réglage pression 5.5b Réglage temps 5.5c Défaut équipement			
	3/ Réactivateur / Colle				
	3.1 Positionnement colle / primaire				
	3.2 Reste de réactivateur				
	4/ Colle / Pare brise / Rambure				
	4.1 Colle (géométrie cordon haut., largeur + régula				
	4.2 Colle (Position du cordon de colle sur PB)				
	4.3 Colle: Viscosité				
	4.4 Qualité colle + pénétration)				
	5/ PB encollé / Bate / Manipulateur				
	5.1 Liaison PB /Bate géométrie,				
	5.2 planéité surface Bate				
	5.3 pollution PB				
	5.4 Pollution Bate				
	5.5 Maintient en pression force , durée				



Buse P.B.

I tem)	LIGNE: Garnissage Midlum/Locator	EQUIPEMENT: Préparation P. B/Machine RAMBURE	PRODUIT: QUELLE EST LA FONCTION AFFECTÉE ? Encollage Pare-Brise	N° REF. PIECE:	Date: Animateur: D.CAMBON	Ref.
ANALYSE PHYSIQUE : Pas ou peu d'adhérence du cordon de colle sur le primaire du pare-brise						
FACTEURS POTENTIELS						
5 - DEFINITION CONDITIONS OPTIMALES						
CdC CdtS sans risque						
6 - DETECTION DES ECARTS						
Méthode mesure						
? ? ?						
Résultats						
7 & 8 - ANOMALIES A TRAITER						
Actions correctives						
Résultat						
1.1	Accrochage primaire sur PB	Indic. fournis seur	Date fournisseur - 8 jrs	Visuel	Cdt nécessaire	Créer standard + FIFO
1.2a	Dépassement délai conservation	15 jours	8 jours	Sondage	OK	Standard+leçon ponct.
1.2b	Durée stockage PB trop importante	Remplace 2 /poste	Changer après 3 PB	Sondage	Non OK	Standard+leçon ponct.
2.2a1	Chiffon sale saturée BETAWIPE	Nettoyage tous les 4 PE	A chaque opération	Sondage	Non OK	Standard+leçon ponct.
2.2a2	Outil de nettoyage	Note sur emballage	Date fournisseur - 8 jrs	Sondage	Cdt nécessaire	Créer standard + FIFO
2.3	Préemption réactivateur	Port obligatoire gants	Changer gants 1 fois / j.	Sondage	Non OK	Standard+leçon ponct.
2.4a	Par environnement	Suivant MO	Gabarit + ou - 5 mm	Sondage	Non OK	Action Maint. + Prév.
2.4b1	Non utilisation gants/proprets vêtements	Suivant MO	Gabarit + ou - 5 mm	Contrôle dimensionnel	Non OK	Standard+leçon ponct.
2.4c	Essuyage après réactivation insuffisant	CdC tolérance +/- 2mm	/	Contrôle dimensionnel	OK	
3.1a	Réglage trajectoire Rambure	Ruban de 2 ,5 cm	+ / - 2 mm	Mesure	OK	
3.1c	Mauvaise position bande primaire	Tous les 3 PB	idem 2.1a1			
3.2a1	Largeur bande primaire insuffisante	0,5 m /mm	/	Sondage	Non OK	Standard+leçon ponct.
3.2a2	Chiffon sale, saturée. (dem 2.1a1)	Change 2 fois /sem.	0,5 m /mm + ou - 0,05 m	Contrôle dimensionnel	OK	
3.2a2	Fréquence changement tampon	Position 3 limiteur	Nettoyage fin de poste	Sondage encrassement	Non OK	Standard+leçon ponct.
4.1a	Réglage Rambure vitesse + régularité	/	2000 cm3/mm +/- 50 cm3			
4.1b	Busse (Conformité référence, état)	Sur butées	Position +/- 3 mm	Vérif usure butées	Usure 5 mm	Remplacement
4.1c	Réglage débit Pompe	60°C + ou - 5 °C	60 °C + ou - 3 °C	Mesures	Non OK	Changer régulateur
4.2a	Réglage trajectoire (dem 3.1a)	Suivant CdC	Date fournisseur - 8 jrs	Visuel	OK	Créer standard + FIFO
4.2b	Positionnement PB en X Y sur table	Indication sur emballage		Sondage	OK	Standard+leçon ponct.
4.3a	Température colle	CdC	/	Echantillonnage	OK	
4.3a	Référence colle	Gauffrage "correct"	Gauffrage maxi :3 mm	Echantillonnage	OK	
4.4a	Préemption	Sans	Pression PB/Bales=2 kg/m2	Echantillonnage	Non OK	Contact four. faisab.
4.4b	Géométrie 3D PB	Port obligatoire gants	3 mm (- O) / (+ 30s)	Echantillonnage	Non OK	Standard+leçon ponct.
5.1a	Géométrie 3D Baie	Port obligatoire gants				Standard+leçon ponct.
5.1b	Défaut tôlerie	Suivant Mode opé.		Mesures	Non OK	Equip. indicateur
5.2a	Présence poussière extérieures	Pression AC 4 bars		Mesures	OK	Standard 1er niveau
5.3a	Pollution par Opérateur	Maintenance prév.		Inspection	OK	Standard 1er niveau
5.3b	Pollution par Opérateur					
5.4a	Essuyage baie mal effectué					
5.4b	Réglage pression					
5.5a	Réglage temps					
5.5b	Défaut équipement					

LIGNE: Garnissage Midlum/Locator	EQUIPEMENT: Préparation P.B/Machine RAMBU	PRODUIT:	N° REF. PIÈCE:	Date: Animateur: D.CAMBON	Réf.
1.1 QUEL EST LE PROBLÈME ? Entrée d'eau au niveau du pare-brise.		QUELLE EST LA FONCTION AFFECTÉE ? Encollage Pare-Brise		1.4 QU'EST CE QUI A CHANGÉ ? Nouvel Opérateur - Voir Q O Q C P	
ANALYSE PHYSIQUE : Pas ou peu d'adhérence du cordon de colle sur le primaire du pare-brise					
Item	ACTIONS CORRECTIVES	QUOI	QUI	QUAND	RESULTATS / VERROUILLAGE

Annexe 17

Master Plan

	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
PREPARATION					
1	ACTIONS → Décision de la direction générale → Définition objectif général → Communication et formation → Encadrement, maîtrise, animateur, personnel → Mise en place organisation → Groupes projets piliers 1 & 2 → Analyse des données et définition des objectifs → Master plan → Lancement TPM				
7	MISE EN PLACE DES SYSTEMES PERMETTANT D'AMÉLIORER LA PERFORMANCE DE LA PRODUCTION				
7.1	Suppression des causes de pertes Evaluation des pertes - Pareto des causes principales Définition objectifs, priorités, groupes de travail Mise en place des groupes de travail Activité KAIZEN (pilote + replication)				
7.2	Gestion autonome des équipements Étape 1 : Inspection / Nettoyage Étape 2 : Suppression des causes Étape 3 : Définition des standards d'inspection	Autres équipements Étape 1 Étape 2 Étape 3 Étape 4 Étape 5, 6 et 7			
7.3	Maintenance planifiée Étape 3 : Définition standards de maint. basée sur le temps Étape 4 Étape 5, 6 et 7	Assistance CA + Réparations Standards maintenance & maintenance basée sur le temps Adapter les standards aux besoins qualité Améliorer l'efficacité maintenance/Généraliser Développement maintenance prédictive			
7.4	Amélioration du savoir-faire	Conception des formations Développement individuel des compétences Amélioration savoir-faire maintenance			
8	PIL.5 Conception équipements et produits	OBTENIR LES CONDITIONS IDEALES			
9	PIL.6 Maintenance de la qualité	Suivant les opportunités d'investissements ou de rewamping Études & analyses (Matrice QA+4M) – Améliorations Améliorations procédures administratives			
10	PIL.7 Efficacité des services fonctionnels	Participation aux pilers 1 & 2 Manuel d'inspection sécurité Inspections générales sécurité			
11	PIL.8 Amélioration sécurité, conditions travail, environnement	AMÉLIORATION PERMANENTE			
12					

Bibliographie

TPM Instructor's Course, Japan Institute of Plant Maintenance.

Planned Maintenance, Keikaku Hozen, K. NAKANO, Japan Institute of Plant Maintenance.

Hors de la Crise, E.W. DEMING, Traduction de Jean-Marie GOGUE, Economica.

Critique de l'organisation du travail, Thomas COUTROT, Repères Thèses et débats, Editions La Découverte.

Le modèle Japonais de gestion, Annick BOURGUIGNON, Repères, Editions La Découverte.

PM Analysis – An advanced step in TPM implementation, K. SHIROSE, Y. KIMURA, M. KANEDA, Productivity Press Portland Oregon.

Japon, éternelle renaissance ?, Denise FLOUZAT, Presses Universitaires de France.

Le guide du PDCA de Deming, André CHARDONNET, Dominique THIBAUDON, Éditions d'Organisation.

Travailler avec les Japonais, Olivier DEMUSSAT, Éditions d'Organisation.

Exemples de documents, Renault Trucks Centre Fabrication Cabines de Blainville sur Orne & TPM Instructor's Course.

Photographies, Renault Trucks C F C Blainville sur Orne.

Composé par Nathalie Bernick
Achevé d'imprimer : La Source d'Or

N° d'éditeur : 3378
N° d'imprimeur :
Dépôt légal : Septembre 2006
Imprimé en France