

# Plan de travail

## Introduction

- 1-Problématique
- 2-Organisation de travail
- 3-Méthodologie

## Première partie

### Optimisation de la maintenance par la TPM

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre 1: Présentation de la société "ALZINC</b>	
Introduction .....	2
1.1. Activités .....	2
1.2. Organigramme de l'entreprise ALZINC .....	3
1.3. Procédés de fabrication .....	4
1.4. Ateliers de production .....	5
1.4.1 Grillage - acide .....	5
1.4.2 Processus dans l'atelier « Grillage ».....	6
1.4.3. Lixiviation .....	7
1.4.4. Purification .....	8
1.4.5. Electrolyse .....	9
1.4.6. Refonte et alliage.....	10
Conclusion .....	11

## Chapitre2: Méthode TPM

Introduction .....	12
2-1 Définition de la maintenance .....	12
2.2.1. Mission de progrès de la maintenance.....	13
2.2.2. Types de maintenance .....	15
2.2.3.Fiabilité/Disponibilité/Maintenabilité/Sécurité (sûreté de fonctionnement) .....	16
2.2.4 Niveaux de maintenance.....	18
2.3. Définition de la TPM.....	19
2.4. Objectifs de la TPM .....	22
2.4.1. Amélioration du système de production .....	24
2.4.2. Création de l'exigence de rigueur .....	24
2.5. Principes de la TPM .....	25
2.6. Piliers de la TPM.....	26
2-6 Mise en place de la TPM .....	42
2-7 Les 5S.....	44
2-8 Auto-maintenance .....	44
2-9 Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) .....	45
2-10 Taux de rendement synthétique .....	48
Conclusion.....	51
Introduction .....	52

## Deuxième partie

### Stratégie d'implantation de la TPM au sein de l'atelier "Grillage"

#### Chapitre3: Application de la TPM en entreprise

3-1 Problématique et déroulement du projet .....	53
3-1-1 Points clés de la réussite de la maintenance autonome.....	54
3-1-2 Analyser des conditions pour le zéro défaut.....	58
3-2 Implantation du 2 <sup>ème</sup> pilier, la maintenance autonome .....	59
3-2-1 Démarche de mise en œuvre de l'automaintenance.....	59
3-2-2 Développement de la maintenance autonome : application à l'atelier "Grillage" .....	61
3-2-3 Les principaux Tâches et objectifs du poste (chef de service "grillage") .....	62
3-2-4 Principaux taches et objectifs du poste (chef d'atelier).....	62
3-2-5 Principaux tâches et objectifs du poste (chef de poste) .....	63
3-2-6 Principaux tâches et objectifs du poste (agent chargement blende et acide) .....	63
3-2-7 Principaux tâches et objectifs du poste (opérateur tableau synoptique) .....	63
3-2-8 Les principaux Tâches et objectifs du poste (homme four "Grillage").....	64
3-2-9 Les principaux Tâches du poste (surveillant chaudière de récupération) .....	65
3-3 Implantation du 4 <sup>ème</sup> pilier amélioration des connaissances et du savoir-faire.....	67
3-3-1 MODE OPERATOIRE.....	69
3-3-2 Formation / Schéma d'ensemble.....	69
3-4 Elaboration de la fiche d'automaintenance.....	71
3-4-1 Fiche de cotation 5S.....	73
Conclusion.....	75

## **Chapitre4 : Impact de l'implantation de 2<sup>eme</sup> et 4<sup>eme</sup> pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"**

Introduction .....	76
4-1 Action de la TPM dans l'atelier grillage et évaluation du TRS.....	76
4-2 Optimisation de la maintenance par l'AMDEC .....	83
4-3 Facteurs d'exigence .....	87
4-3-1 Amélioration des indices de performances .....	87
4-3-2 Taux de rendement synthétique : .....	90
4-3-3 Perte de H2SO4.....	91
4-3-4 Processus de distribution.....	97
4.3.5 Performance financières .....	98
4-4 Synthèse finale de l'analyse .....	99
4-3-1 Pour l'équipement industriel qui est le ventilateur central K102 .....	99
4-3-2 Recommandation .....	100
4-5 Recommandation pour l'application de la TPM.....	100
Conclusion.....	102

### **Conclusion générale**

### **Références Bibliographiques**

### **Annexes**

# Introduction générale

L'ouverture à l'économie de marché, fait que le champ de compétition entre les entreprises ne va plus se limiter à une région ou à un pays, mais s'étendra à l'échelle mondiale.

La plus grosse part du marché reviendra incontestablement à l'entreprise qui saura mieux satisfaire les exigences du client : la qualité, le prix et le délai de livraison du produit.

Cet environnement économique étant de plus en plus sévère, la survie de l'entreprise dépend de l'élimination des gaspillages par tout les moyens et jusqu'à la limite du possible, ce qui a favorisé l'application de la TPM dont le but est l'assainissement des installations, voire de l'entreprise elle même .

TPM sont les initiales de l'expression anglaise "Total Productive Maintenance" qui signifie maintenance productive avec la participation de tout le personnel.

Le nombre d'entreprises dans le monde ,ayant appliqué la TPM, est en constante augmentation. Le niveau des résultats obtenus au cours de l'application de cette méthode ne cesse de s'améliorer d'année en année.

Les directions de ces établissements estiment ,sans exception, que la TPM améliore réellement la productivité ainsi que le niveau de qualité de leur entreprise.

A l'état actuel, il est à souligner d'une part qu'un bon nombre d'industries algériennes issues d'un transfert technique se trouvent dépassées vis-à-vis des avancées technologiques.

D'autre part, pour pallier à ce retard, ces entreprises ont recours de plus en plus à l'expérimentation qui revient très coûteuse et peu rentable en terme d'apport technique au produit. A cet effet, la TPM apparait comme un projet intéressant à expérimenter dans le contexte industriel algérien.

## **1-Problématique**

La défaillance est l'un des facteurs de nuisance pour une meilleure organisation de la maintenance des équipements. Elle a des conséquences variables sur le fonctionnement du système. L'absence d'outils efficaces de traitement des données a réduit la fonction maintenance à des tâches de dépannage, et par le fait même, à une fonction dont les coûts ne cessent d'augmenter et dont la contribution à la performance de l'entreprise n'est pas évidente. Ces outils de mesure de sa performance ont connu un développement conséquent et se localisent suivant les trois (03) principaux axes : coût, fiabilité et disponibilité.

## **2-Organisation de travail**

Le mémoire est divisé en deux grandes parties, composées de plusieurs chapitres:

- 1.La première partie concerne l'étude théorique et la recherche bibliographique .
2. La deuxième traite la démarche et l'étude sur site .

## **3-Méthodologie**

- Recherche documentaire.
- Rencontre avec les acteurs industriels sur site.

Il faudra connaître l'état actuel du système de production, les ressources disponibles, les processus de maintenance déjà implantés et les priorités accordées aux machines de production et leur criticité. Pour y parvenir, nous procédons à la collecte d'informations sur le système de production et de maintenance.

- Collecte d'informations :

Cette collecte touche plusieurs aspects de la production et de la maintenance.

Dans un premier temps, il faut prendre connaissance de l'unité de production concernée. Il est important de connaître , les caractéristiques de fonctionnement l'horaire de travail, la configuration de l'unité à maintenir (nous ciblerons l'atelier du "Grillage") et l'historique des interventions effectuées sur les équipements.

En second lieu , nous analysons la politique de production de l'entreprise ainsi que de la structure organisationnelle de la fonction maintenance et des ressources humaines qui y sont affectées.

Dans un troisième lieu, nous évaluons les coûts associés à la maintenance. Le dernier point de cette collecte sert à établir l'impact de l'implantation des deux (02) piliers de la TPM au sein de l'atelier "Grillage".

Rapport-Gratuit.com

## Introduction

Située à Ghazaouet dans l'ouest de l'Algérie, la Société Algérienne Alzinc est une filiale de metanof ; sa vocation est la production et la commercialisation du zinc, de ses alliages, de l'acide sulfurique et du cuivre cathodique. Elle a démarré sa production en décembre 1974. Elle est la seule usine de zinc au niveau du monde arabe et la deuxième en Afrique. Après réhabilitation de son outil de production, elle produit plus de 30.000 T de zinc par an. Elle est aussi la première entreprise exportatrice dans notre région.

L'usine fut fondée en 1969 avec la coopération de la société belge "vieille montagne " et a connu de nombreux problèmes pour l'approvisionnement en eau industrielle, particulièrement et l'acheminement du minerai et des produits élaborés.

Située sur la rive ouest de la ville de Ghazaouet en Algérie dans la willaya de Tlemcen, elle est étalée sur une superficie de 14 hectares. Elle est actuellement le centre d'activité industrielle le plus important de la région.

L'usine traite de la blende (association Zinc/soufre) par le procédé hydro métallurgique (voie humide). La capacité de production peut atteindre 36 850 tonnes de Zinc par année. Elle emploie plus de 400 personnes qui contribuent à réaliser la production du Zinc, la fabrication d'alliage de Zinc, du cuivre et de l'acide sulfurique. La consommation en matière première de concentré de Zinc est de 300 tonnes par jour, provenant principalement de l'importation(Pérou) et une part de la production nationale (Chaâbat Hamra).Le minerai arrive par voie maritime au port de Ghazaouet puis s'achemine par route jusqu'à l'usine. L'usine ALZINC reçoit annuellement plus de 80 000 tonnes de minerai concentré.

### 1-1 Activités

La principale activité d'ALZINC est la métallurgie du zinc par procédé hydro métallurgique. Elle produit du zinc électrolytique de pureté 99.995% ou SHG (Spécial High Grade) qui est enregistré au LME (London Métal Exchange) sous le label SNS SHG, de l'acide sulfurique de concentration 98% et du cuivre cathodique de pureté 99.98%.



## 1-2 Organigramme de l'entreprise ALZINC

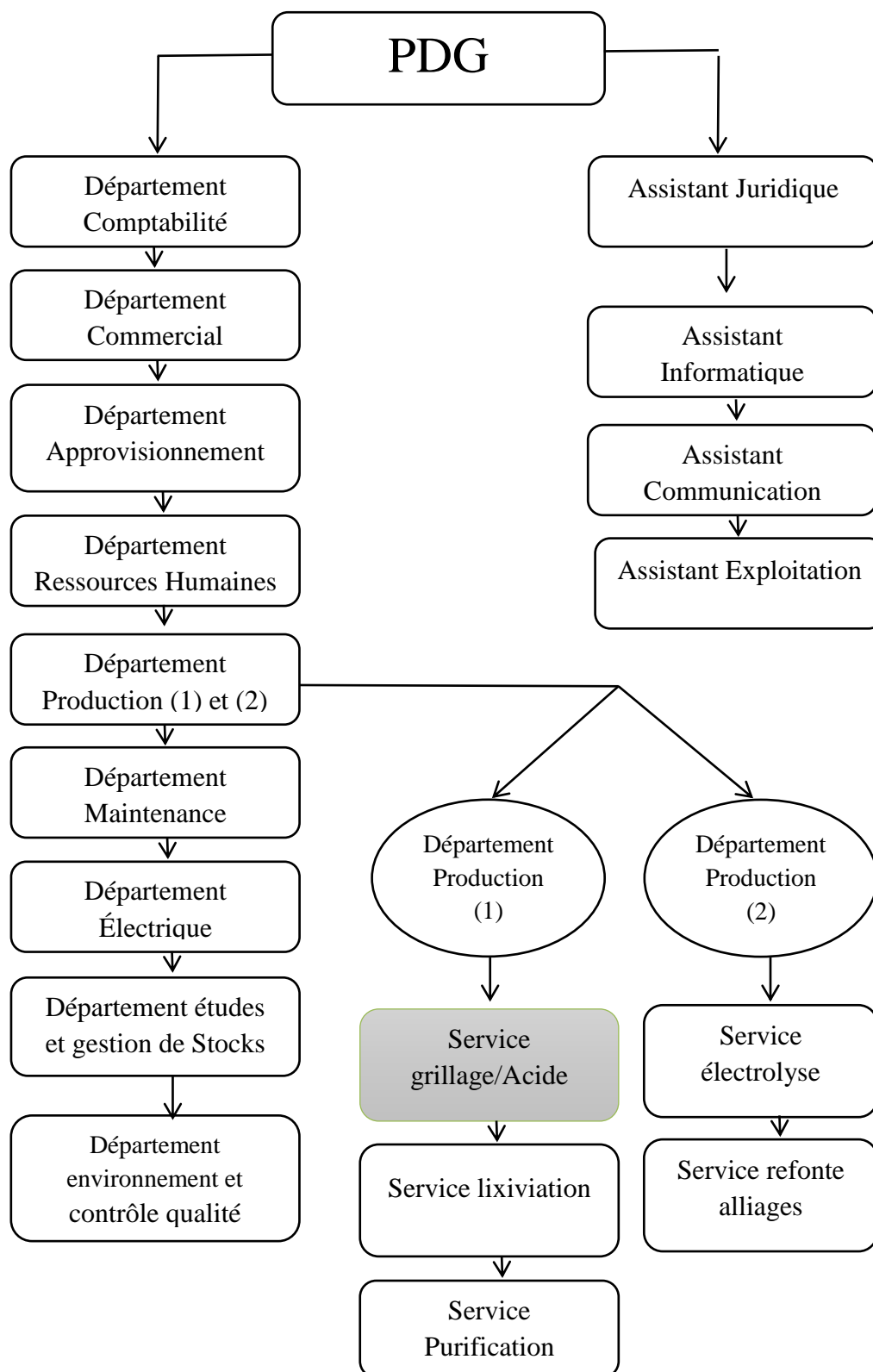


Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise ALZINC

Produits	2006	2007	2008	2009
Zinc lingots	32 854	27 249	30 752	31 000
Acides Sulfuriques	59 514	49 936	51 030	53 000
Cuivre Cathodes	63	34	28	56

Ventes	2006	2007	2008	2009
- Marché National	2491	2332	935	875
-Exportations	58621	4471	3305	3470
Total	8353	6803	4240	4345

Indicateurs	2006	2007	2008	2009
Effectifs	489	466	452	463
Masse Salariale En MDA	293	294	296	299

**Tableau1.1:** Evolution de la production, chiffres d'affaire et résultats économiques

### 1-3 Procédés de fabrication

L'unité traite le minerai de zinc appelé aussi concentré de zinc ou sulfure de Zinc (ZnS) pour en extraire du zinc métal à 99.995%, du cuivre cathodique et de l'acide sulfurique.

Le minerai de zinc est oxydé dans un four à lit fluidisé à 950°C. Cette oxydation permet l'obtention de l'oxyde de zinc et d'un gaz (anhydride sulfureux) qui, après épuration, est transformé en anhydride sulfurique puis en acide sulfurique.

L'oxydation dégage également de la chaleur qui est récupérée sous forme de vapeur haute pression pour faire tourner un turbo-alternateur servant à la production d'énergie électrique à hauteur de 2.2 MW.

L'oxyde de zinc obtenu est mis en solution dans de l'acide sulfurique dilué pour l'obtention

d'une solution de sulfate de zinc. Cette solution est purifiée des éléments nuisibles (Co, Sb, Cu, Cd...) par cémentation, puis envoyée dans des cellules d'électrolyse où l'on produit le zinc cathodes qui sera fondu et coulé en lingots.

## 1-4- Ateliers de production

### 1-4-1 Grillage - acide

Le premier traitement que subit le minerai (ZnS) est le grillage pour obtenir le (ZnO) ou calcine, avec une production de 440 K j / mole d'énergie calorifique.

Le ZnO doit remplir des exigences strictes pour qu'il puisse être introduit dans la lixiviation. Ces exigences requises sont:

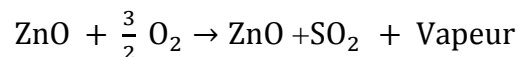
- ne pas contenir plus de 0.3% de soufre sous forme de sulfure.
- ne pas contenir plus 1.8% de soufre de sulfate.
- éviter la formation de ferrite de Zn ( $ZnO \cdot Fe_2O_3$ ), en contrôlant et en maintenant les températures pendant le grillage dans des valeurs optimales.



**Figure1.2** : Atelier « Grillage ».

#### ➤ Four de Grillage :

C'est dans ce four où s'effectue l'oxydation du minerai, donnant comme résultat du ZnO.





**Figure1.3:** Four (M26) dans le service « Grillage ».

C'est un four à lit fluidisé où le comportement du minerai à l'intérieur est similaire à un fluide en ébullition. Le temps de séjour du ZnO qui entre dans le four est relativement long, ce qui garantit l'obtention d'un ZnO avec une faible teneur en soufre sous forme de sulfure et sulfate.

#### **1-4-2 Processus dans l'atelier « Grillage »**

Les concentrés arrivent à la Société par voie maritime. Ils sont transportés par camions jusqu'aux magasins à l'intérieur du complexe.

L'entrée du minerai aux magasins s'effectue par camions dont le pesage sur bascule détermine la quantité de concentré qui entre. Le magasin est constitué par six (06) compartiments de 3.000 tonnes chacun, non couverts, où le minerai est stocké en fonction de la qualité de la blende. De là, au moyen d'une grue, le minerai est déposé sur transporteur à bande et envoyé à six (06) trémies. Depuis ces trémies et en fonction de la qualité désirée, la blende est dirigée vers un transporteur à bande qui communique avec un autre transporteur incliné qui débouche sur le crible. En cet endroit s'effectue la séparation des grains de ZnS afin d'obtenir la granulométrie désirée. Ensuite la blende est dirigée vers une trémie d'alimentation du four et au moyen d'un plateau tournant sur la bande de projection qui alimente le four directement.

Le gaz produit pendant le grillage de la blende ne peut pas être libéré dans l'atmosphère, et c'est une condition requise essentielle qu'il soit récupéré dans l'installation de production d'acide sulfurique.

Dans cette partie de l'installation du « Grillage », outre la combustion de la blende, on doit récupérer la calcine qui sort avec les gaz du « Grillage ». Pour ce faire, il existe, à la sortie du four, une chaudière de récupération thermique, deux (02) cyclones pour terminer ce procédé de récupération de la blende grillée, avec deux électro-filtres secs ; cette partie est dénommée « épuration sèche ».

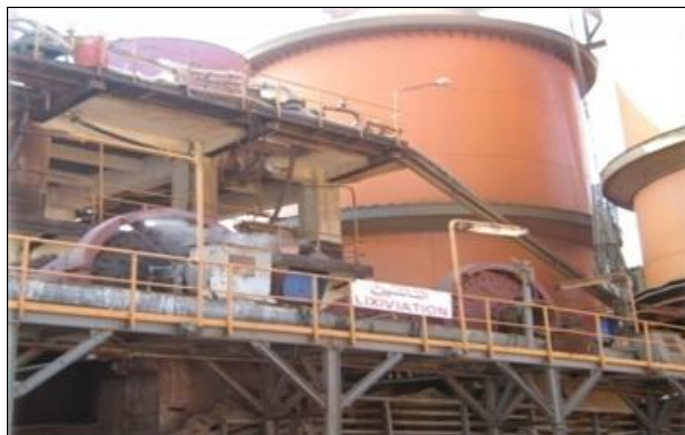
Toute la calcine récupérée, après son traitement est conduite à deux silos de stockage pour son utilisation postérieure en lixiviation.

L'étape suivante est l'épuration humide, elle a pour fonction de refroidir le gaz, d'en éliminer les buées sulfuriques et une grande partie de mercure contenu comme impuretés dans le minerai de Zinc. Cette étape est composée d'une tour de lavage, des refroidisseurs de gaz et deux électro-filtres humides.

Le gaz sorti de cette étape passe par une tour de séchage pour extraire l'humidité contenue dans le gaz à sa sortie, il traverse une tour de catalyse puis un absorbeur pour la conversion de gaz SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub> et la fabrication de l'acide sulfurique. Les gaz résiduels sortent à travers une cheminée.

### 1-4-3 Lixiviation

Mettre le maximum de ZnO en solution tout en essayant d'éviter la mise en solution des impuretés ( PH = 5,2 ), et afin de permettre sa récupération par voie électrolytique, l'élimination d'une grande partie des impuretés par oxydation de fer ferreux en fer ferrique qui sert d'entraîneur des particules et la séparation des solides par décantation.



**Figure1.4:** Vue de l'atelier lixiviation.

La lixiviation s'opère en deux étapes:

- **La lixiviation neutre** consiste à produire une solution de sulfate de zinc tirant 160g de zinc par litre. Le cadmium, le cuivre et le cobalt sont récupérés lors de la purification.
- **La lixiviation acide** traite les boues de la lixiviation neutre et récupère le zinc. Les boues renfermant près de 20% de zinc sont filtrées puis stockées dans des décharges industrielles contrôlées.

#### 1-4-4 Purification

Les opérations de purification consistent à traiter la solution "overflow" provenant des décanteurs de la lixiviation neutre. Cette solution contient des impuretés qui peuvent éventuellement perturber l'opération d'électrolyse, et sont susceptibles de se déposer avant le Zinc et d'influencer la qualité du dépôt électrolytique. Il faudra donc éliminer toutes les impuretés par les opérations de purification. Cette solution subira une double étape de cémentation puis filtration pour séparer la solution purifiée des boues.



**Figure 1.5 :** Vue de l'atelier lixiviation.

#### 1-4-5 Electrolyse

La solution de sulfate de Zinc issue de la purification est conduite dans des cellules d'électrolyse dont les anodes sont en plomb argentifère et les cathodes en aluminium. La solution est parcourue par un courant électrique, ce qui entraîne le dépôt du Zinc

sur les deux faces des cathodes en aluminium et le dégagement de l'hydrogène à l'anode .

Réaction à la cathode :  $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}$

Réaction à l'anode :  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^{+}$

### ➤ Description de l'installation

La solution provenant de la purification arrive dans une cuve découlements primaire, puis elle passe à travers des aéro-réfrigérants , d'où elle sort à une température de 32° a 36° C, pour alimenter les cellules d'électrolyse par l'intermédiaire des collecteurs.

L'installation est composée de deux (02) halles dans lesquelles passe un courant de 16 000 à 19500 A débité par deux groupes redresseurs . Chaque halle comporte six (06) rangées de 24 cellules, chaque cellule avec ses 40 cathodes en aluminium et 41 anodes en plomb argentifère espacées de 6 cm , la durée de dépôt est de 48 heures. La surface d'une cathode est de 1.3 m<sup>2</sup>. Le défeuillage (stripage) se fait chaque jour manuellement par les agents de fabrication. Dans les conditions normales la production peut atteindre les 130 tonnes/jour.

La solution quittant l'électrolyse après le dépôt de Zinc est appelée retour cellules. Elle est utilisée pour la mise en solution du ZnO à la Lixiviation.



**Figure 1.6:** Atelier électrolyse.



### 1-4-6 Refonte et alliage

L'atelier de refonte a pour but de transformer le Zinc cathodique en une forme commerciale. Outre , la partie de Zinc pur obtenue sous forme de lingots, l'usine produit deux (02) types d'alliages ( ZAMAK ) ainsi que la poudre de Zinc.



**Figure 1.7 :** Atelier Refonte.

#### ➤ **Alliages de Zinc**

Le ZAMAK 3 et le ZAMAK 5 sont deux (02) alliages de Zinc qu'on réalise par l'ajout d'aluminium liquide , du cuivre en grenaille et du magnésium en morceaux au zinc fondu à des proportions bien déterminées.

#### ➤ **ZAMAK 3**

Il est composé de trois(03) éléments :

- AL : 3.9 % - 4.3 %.
- Mg : 0.3 % - 0.6 %.
- Zn : représente le reste.

#### ➤ **ZAMAK 5**

On ajoute seulement 1 % de cuivre aux éléments précédents.

#### ➤ **Poudre de zinc**

Le zinc liquide est pompé vers un creuset chaud à écoulement par gravité. En contact avec l'air comprimé , le Zinc est pulvérisé dans une chambre de détente.



La poudre de Zinc extra-fine est aspirée par un ventilateur puis refroidie. La plus grosse tombe sur un crible pour être recueillie au niveau des trémies. Cette poudre est utilisée au niveau de la purification pour la cémentation des métaux comme le cobalt et le cadmium.

### **Conclusion**

L'installation actuelle de l'usine ne peut extraire que 87% de zinc. L'entreprise " ALZINC" prévoit d'améliorer cette valeur pour atteindre les 95%. Cette opération nécessite un développement du procédé appelé « la jarosite ». Après cet investissement , l'impact sur l'environnement diminuera et la production serait meilleure.

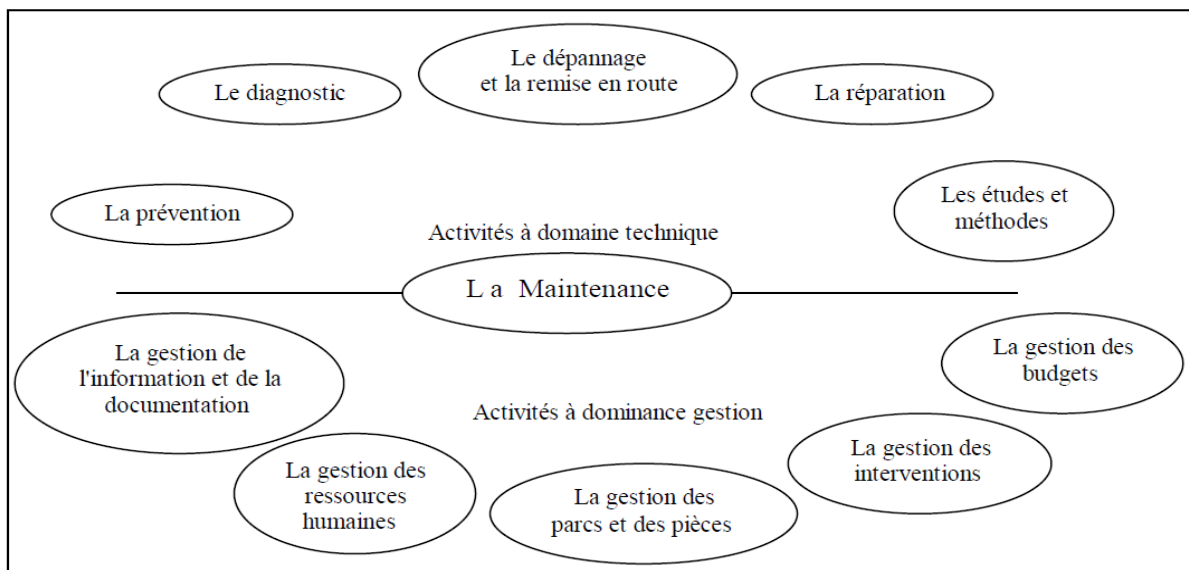
Rapport-Gratuit.com

## Introduction

La maintenance intervient dans les différents cycles de vie d'un produit, elle contribue d'une manière significative à la performance globale de la production et donc de l'entreprise. Comme dans toutes les grandes entreprises industrielles, le département de la maintenance est un département à part entière dans l'organigramme de l'entreprise. Il est chargé de tous les problèmes liés à la maintenance, pour ne pas dire entretien, vu le caractère évolutif du concept. Il a ainsi comme devoir d'assurer la disponibilité des équipements, leur maintenabilité et leur fiabilité pour la bonne marche de la production. Cependant cette fonction clé de la maintenance, connaît des insuffisances dans sa gestion au niveau de ce département.

### 2-1 Définition de la maintenance

Selon la norme française NF EN13306, la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. L'activité actuelle de la maintenance s'inscrit dans un cadre de participation à la réalisation des objectifs de productivité, de rentabilité et de croissance de l'entreprise.

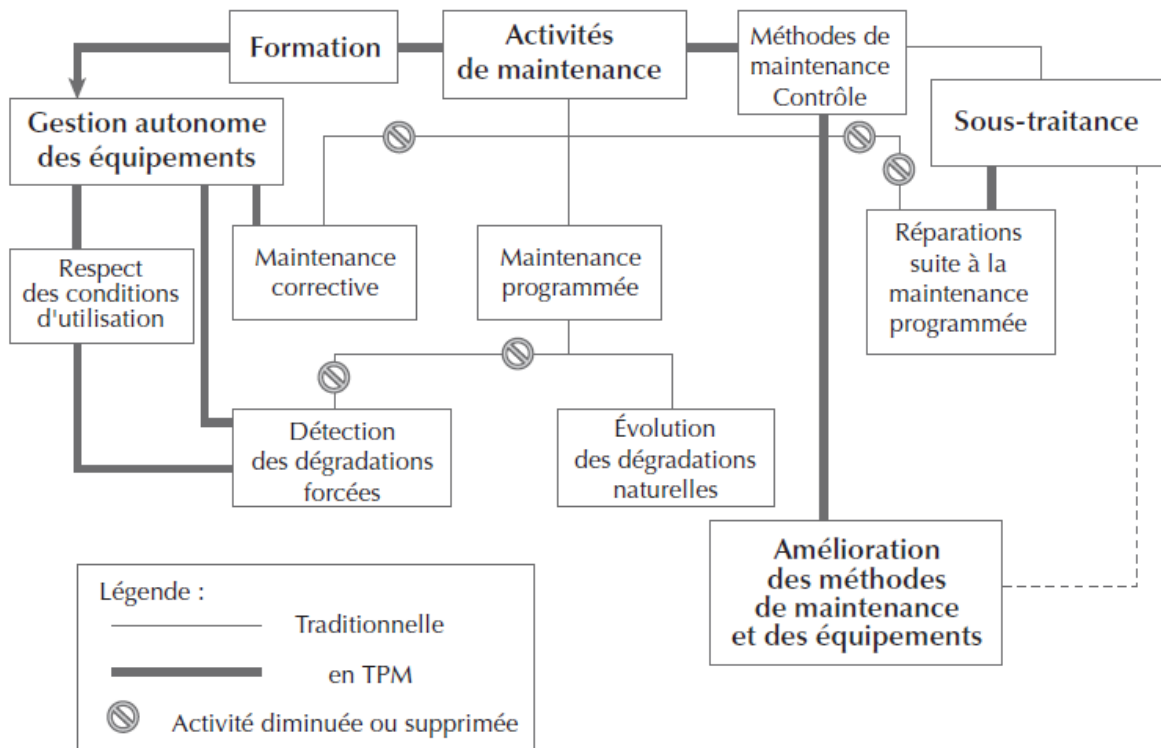


**Figure 2.1** : Contenu de la fonction maintenance

Dans la définition de la maintenance, nous trouvons deux (02) mots-clés : maintenir et rétablir. Le premier fait référence à une action préventive. Le deuxième fait référence à l'aspect correctif.[1]

### 2-1-1 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 2.2 :** Évolution de la fonction 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.

### **2.1.2. Mission de progrès de la maintenance**

Les missions qui doivent jalonner le processus de maintenance : C'est d'aborder les points suivants et les remettre en question en permanence.[11]

#### **A / Documentations de base**

- ✓ Documentation technique
- ✓ Equipements critiques
- ✓ Performances requises
- ✓ Disponibilités requises
- ✓ Schémas installations

#### **B/ Politique**

Plan de maintenance

- ✓ Gammes, préparation
- ✓ Atelier
- ✓ Motivation
- ✓ GMAO
- ✓ Indicateurs
- ✓ Actions sécurité
- ✓ Fiches de fonctions

**C/ Ordonnancement / préparation**

- ✓ Planning –plan de charge prestataire
- ✓ Moyens internes; externes et matériels
- ✓ Localisation des pannes
- ✓ Préparation des travaux
- ✓ Programmation des arrêts

**D/ Gestion matériel**

- ✓ Achat
- ✓ Gestion stock
- ✓ Magasin outillage

**E/ Travaux**

- ✓ Lancement travaux
- ✓ Réalisation travaux curatifs
- ✓ Réalisation travaux préventifs
- ✓ Heures supplémentaires
- ✓ Astreintes

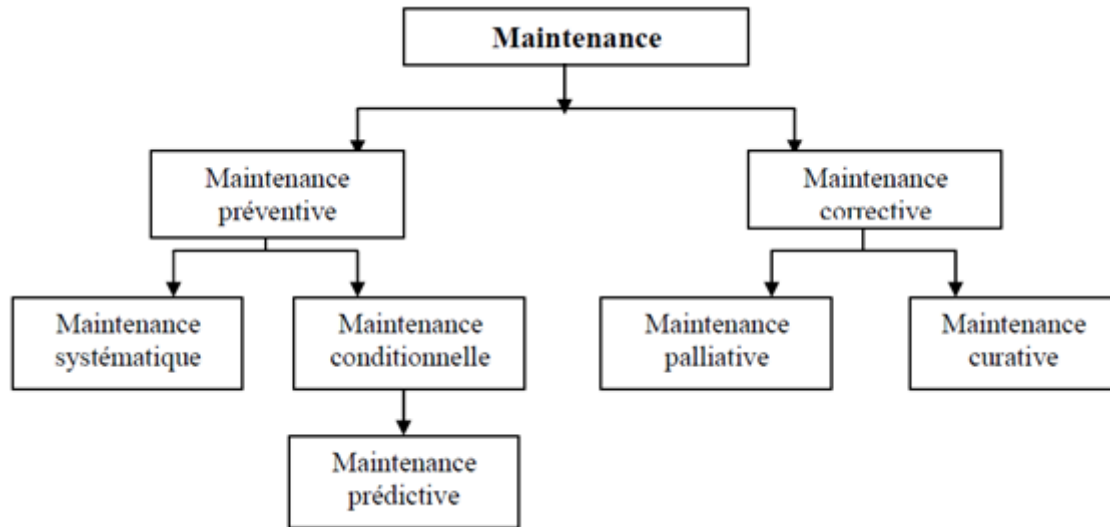
**F /Suivi du contrat**

- ✓ Comptabilité /gestion
- ✓ Fiches d'expertises
- ✓ Rapports techniques
- ✓ Suivi des délais

**G/ Retour d'expérience**

- ✓ CRBT (Compte Rendu des Bons d'intervention)
- ✓ Gestion des historiques
- ✓ Gestion coûts
- ✓ Préventif
- ✓ Indicateurs et tableaux de bords.

### 2-1-3 Types de maintenance



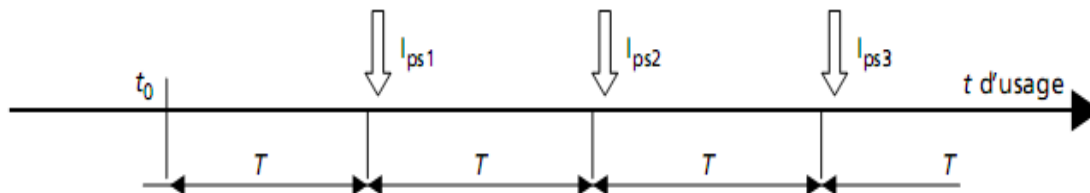
**Figure 2.3 :** Différents types de maintenance

La maintenance corrective est définie comme une maintenance effectuée après défaillance [2]. Elle est caractérisée par son caractère aléatoire et requiert des ressources humaines compétentes et des ressources matérielles (pièces de rechange et outillage) disponibles sur place. La maintenance corrective débouche sur deux (02) types d'intervention : Le premier type est à caractère provisoire, ce qui caractérise la maintenance palliative. Le deuxième type est à caractère définitif, ce qui caractérise la maintenance curative. C'est un choix de l'entreprise qui malgré tout, nécessite la mise en place d'un certain nombre de méthodes qui permettent d'en diminuer les conséquences :

1. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs effets et de leur Criticité (AMDEC), méthode permettant de mettre en évidence de façon prospective un certain nombre d'organes ou de machines critiques pour la sécurité ou la fiabilité d'un système après inventaire des défaillances élémentaires possibles.
2. Installation d'éléments de secours (redondance de matériels).
3. Utilisation de technologies plus fiables.
4. Recherche de méthodes de surveillance les mieux adaptées aux points névralgiques (capteurs intégrés...).

5. Utilisation de méthodes de diagnostics de pannes plus rapides (arbre des causes de défaillances, historique des pannes, systèmes experts...).

La maintenance préventive est définie quant à elle comme une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu. La maintenance préventive systématique est une maintenance effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage [1]. La périodicité des remplacements est déterminée selon deux méthodes : La première est de type bloc et la seconde, de type âge. La politique de remplacement de type âge suggère de remplacer l'équipement à la panne ou après T unités de temps de bon fonctionnement. La politique de type bloc suggère de remplacer l'équipement après une période prédéterminée de temps T, 2T, ... indépendamment de l'âge et de l'état du composant.



**Figure 2.4 : Maintenance systématique**

La maintenance préventive conditionnelle est une maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé [1]. La maintenance prédictive (ou prévisionnelle) est une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

#### **2-1-4 Fiabilité/Disponibilité/Maintenabilité/Sécurité**

##### **➤ Fiabilité**

C'est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée ; C'est donc une grandeur comprise entre 0 et 1. Nous la désignons, dans ce qui suit par R (t) où t désigne la durée de la mission

$$R(t) = \text{Pr}(\text{durée de vie } T > t)$$

### ➤ **Disponibilité**

C'est l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée [1].

La disponibilité est la probabilité de bon fonctionnement d'un dispositif à l'instant t dans des conditions données.  $A(t) = \Pr(S \text{ non défaillant à l'instant } t)$

Augmenter la disponibilité d'un matériel consiste à diminuer le nombre de ses arrêts.

La disponibilité, notée "D" et donnée par l'équation suivant :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \text{ (Formule 2.1)}$$

### ➤ **Maintenabilité**

C'est l'aptitude d'un système à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. C'est la probabilité que la maintenance d'un système S accomplie dans des conditions données, soit effectuée sur l'intervalle (0, t) sachant qu'il est défaillant à l'instant t = 0.

$M(t) = \Pr(S \text{ est réparé sur l'intervalle } (0, t))$  [9]

### ➤ **Sécurité**

C'est l'aptitude d'un produit à ne pas entraîner de dommages graves aux personnes, à l'environnement ou aux biens. Caractérisée par sa probabilité, la sûreté de fonctionnement regroupe les activités d'évaluation de la Fiabilité, de la Disponibilité, de la Maintenabilité et de la Sécurité (FDMS) d'une organisation, d'un système, d'un produit ou d'un moyen. Ces propriétés sont différentes mais complémentaires.

La sûreté de fonctionnement est définie comme la science des défaillances, elle inclut ainsi leur connaissance, leur évaluation, leur prévision, leur mesure, et leur maîtrise.[11]



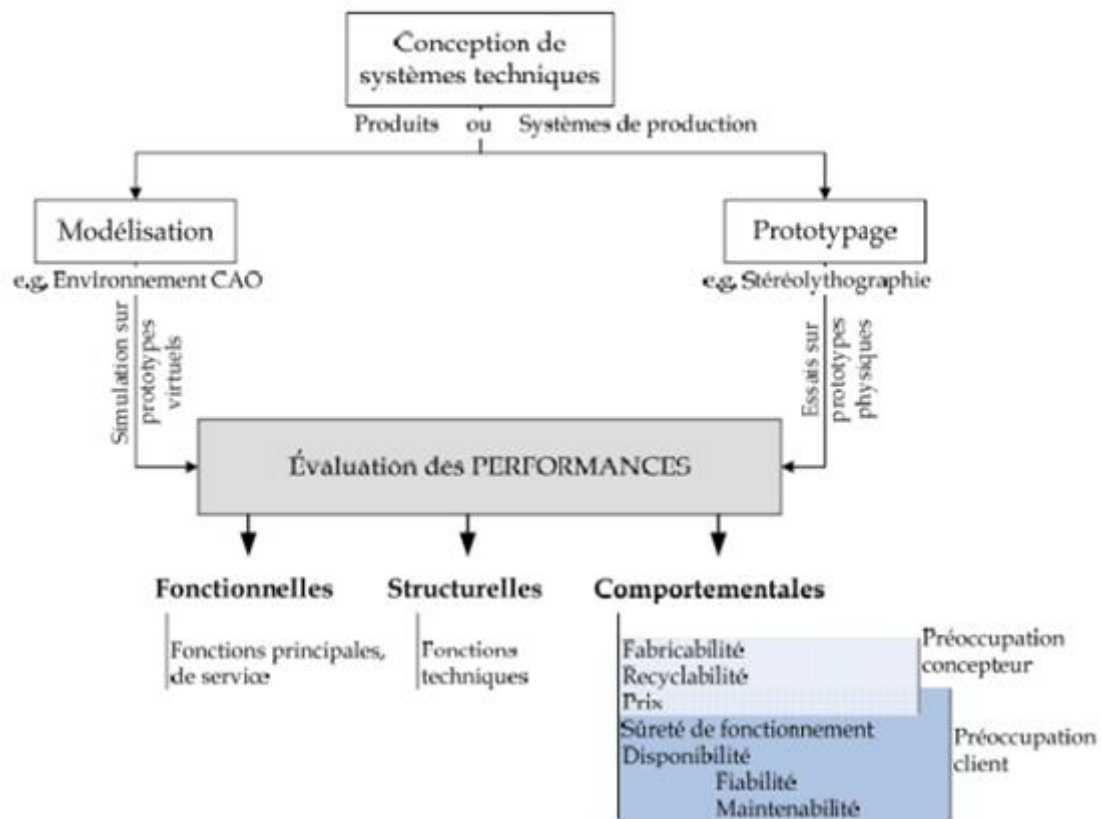


Figure 2.5 : Processus de conception

### 2-1-5 Niveaux de maintenance

D'après la norme AFNOR X 60011 [6], nous pouvons distinguer cinq (05) niveaux:

**1er niveau :** Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles, sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.

**2ème niveau :** Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes).

**3ème niveau :** Identification et diagnostic des pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparation mécanique mineure.

**4ème niveau :** Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.

**5ème niveau :** Travaux de rénovation, de reconstruction, ou réparations importantes confiées à un atelier central.[11]

## 2-2 Définition de la TPM

La TPM nous vient du Japon, elle a été mise en place dans les années 1970 par la Société Nippon Denso avec l'aide du cabinet Japan management Association et était tout d'abord centrée sur l'amélioration du fonctionnement des équipements. [9]

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.

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 TRS ou la maintenance de 1er niveau.

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. [9]

Les ressources de production sont constituées :

- des équipements,
- des hommes, 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. 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.

Pour obtenir la performance économique de l'entreprise, il est indispensable de viser les 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. [9]

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

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

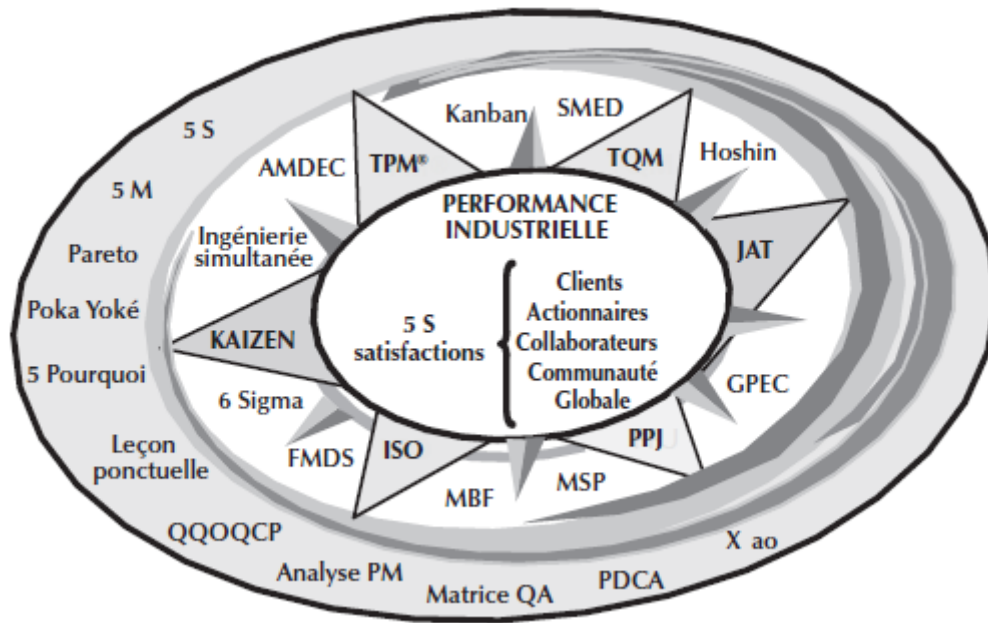


Figure 2.6: TPM et démarches de progrès

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

- une nouvelle méthode de maintenance,
- la méthode des 5 S (débarasser, ranger, ..... ),
- la maintenance de 1er 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 ».

Les ressources de production intègrent les équipements et donc leur 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 dûes

au non respect de ces conditions standards, la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace. [1]

## 2-3 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.[1]

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. [1]

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 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).

Elle a pour objectifs aussi :

- d'obtenir le rendement optimal 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 toutes les fonctions de l'entreprise,

La TPM intervient aussi en amont de la production dans :

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

Toutes les entreprises quel que soit leur secteur d'activité et leur taille sont concernées par la démarche TPM.

### **2-3-1 Amélioration du système de production**

Pour 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...

Ce constat explique le déroulement de la démarche. La TPM permet d'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.

### **2-3-2 Création de 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 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.

La TPM vise la performance des ressources de production et la création de valeur partagée.

## **2-4 Principes de la TPM**

Il existe cinq (05) principes:

- **Principe n° 1** : atteindre l'efficacité maximale du système de production. Pour cela, il est indispensable :
  - de supprimer les causes de pertes de rendement. C'est l'objet du pilier n°1 : la chasse aux pertes.

- de supprimer toutes les causes spéciales et chroniques de diminution de la fiabilité intrinsèque des équipements. Cette action est réalisée à partir du pilier n°2 : maintenance autonome.
- de prévenir les défaillances naturelles. C'est l'objectif principal du pilier n°3 : maintenance planifiée.
- d'améliorer les connaissances et le savoir-faire des opérateurs et des techniciens de maintenance.

C'est l'objet du pilier n°4 : amélioration du savoir-faire et des connaissances.

- **Principe n° 2** : démarrer rapidement les nouveaux produits et les nouveaux équipements

Ce principe est défini par le pilier n°5 : maîtrise de la conception.

- **Principe n° 3** : assurer zéro défaut, zéro panne et le TRG maximal

Le développement des 4 premiers piliers permet d'améliorer la performance, mais les phénomènes

chroniques persistent et les résultats sont irréguliers. Il est nécessaire d'améliorer les 4 M et de les verrouiller. Le pilier correspondant est le pilier n°6 : maîtrise de la qualité.

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

Ce principe est mis en oeuvre 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

C'est l'objet du pilier n°8 : sécurité, conditions de travail et environnement. [1]



## 2-5 Piliers de la TPM

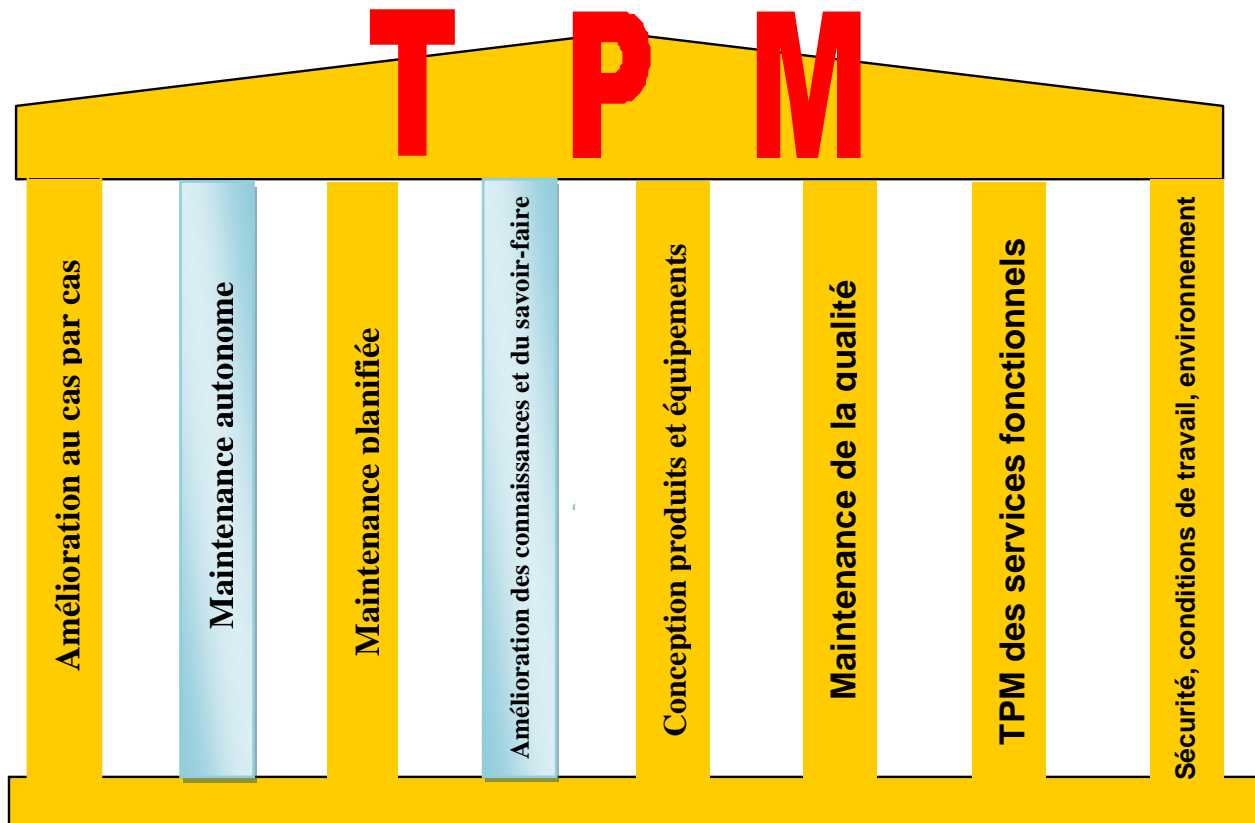


Figure 2.7. : Schéma des huit (08) piliers de la TPM

### 2-5-1 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. [1]

Par exemple :

- 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. Pour les Japonais, ce qui compte c'est l'amélioration réalisée quelle qu'en soit son origine.

Cette chasse aux pertes vise à éliminer toutes les pertes de l'entreprise.

La TPM –classiquement - répertorie 16 familles de

1. Pannes (disparition ou dégradation de la fonction nominale)
2. Montages et réglages (changement de production)
3. Echange d'outillages défectueux et entretien courant
4. Démarrages et montées en plein régime
5. Micro arrêts, marche à vide
6. Sous vitesse
7. Rebuts et repasses
8. Arrêts programmés
9. Carences de management (attente: matière, outil, instruction, ...)
10. Carence de méthode, de savoir-faire (réglage et changement outils)
11. Défaillances d'organisation (ralentir la ligne pour faire une autre tâche)
12. Défaillances de logistique (temps passé aux opérations de manutention)
13. Mesures et mise au point
14. Energie
15. Outillages et matières consommables
16. Mise au mille

La TPM prévoit dix (10) étapes d'élimination systématique des causes de pertes :

1. Sélectionner l'équipement / ligne / processus pilote
2. Organiser le pilotage
3. Évaluer les pertes
4. Déterminer les thèmes d'amélioration continue et les objectifs
5. Organiser les groupes de chasse aux pertes et planifier les activités
6. Analyser les pertes et proposer les mesures correctives
7. Mettre en œuvre les actions d'amélioration
8. Confirmer les effets
9. Prendre les mesures pour éviter le retour en arrière
10. Conduire la reproduction horizontale systématique

Les techniques d'analyse pour l'élimination systématique des causes de pertes sont nombreuses:

1. Le Why Why : il s'agit en quelque sorte d'une analyse des causes à l'envers ; on part du constat et se demande « pourquoi », chaque arborescence générant de nouveaux « pourquoi » qui eux-mêmes... L'objectif étant de formuler un plan d'actions sur base de cette analyse.
2. Le SMED (Single Minute Exchange Die) qui vise à supprimer les opérations inutiles, simplifier, dans le cadre d'un travail/d'une réflexion de groupe.
3. Les outils de la qualité totale : le Pareto ou encore le QQQQPC (Qui – Quoi – Où – Quand – Pendant – Combien)

**Qui** : Existe-t-il des variations entre les personnes en contact avec le problème ? Par poste, par jour ? Entre des personnes débutantes, confirmées intérimaires ?

**Quoi** : Existe-t-il des variations entre les matières entrantes ? A cause de différences de mesure, de formes ?

**Où** : Existe-t-il des variations dûes aux équipements, aux composants ?  
Sur quel équipement ou sur quel process le problème survient-il ?

**Quand** : Existe-t-il des variations liées à la durée ou à un cycle ?  
Au début, en milieu ou en fin de poste ? Plus particulièrement pendant une saison ?

**Pendant** : Existe-t-il des tendances au cours du temps ?  
Le problème augmente-t-il ou diminue-t-il ?

**Comment** : Y a-t-il des variations lors de certaines circonstances ?  
Le problème survient-il brutalement ou graduellement ? [1]

### **2-5-2 Pilier 2 : maintenance autonome**

Il existait trois (03) grandes familles de pertes :

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

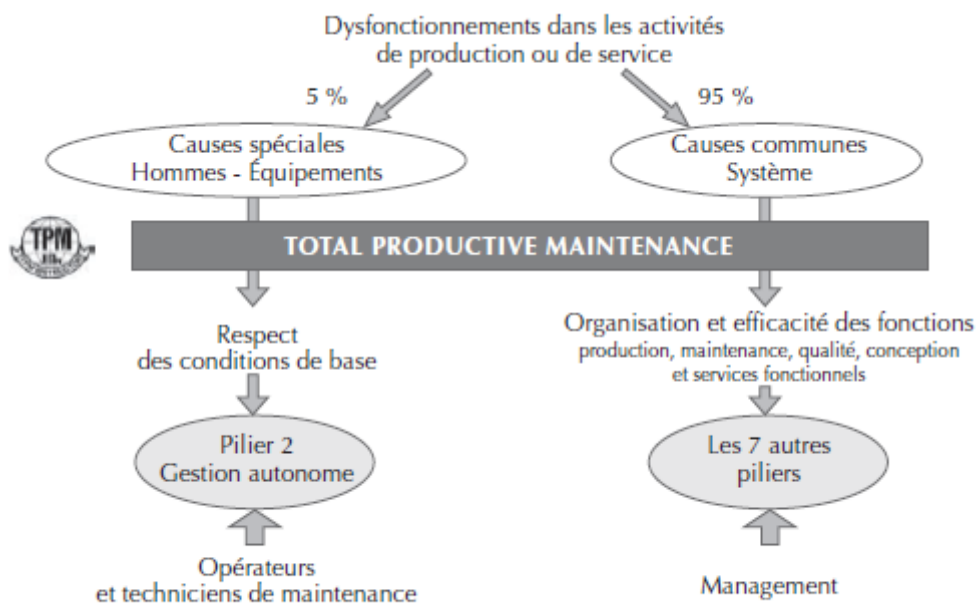
La conduite du pilier 1 : amélioration au cas par cas nécessaire, si l'on veut être sûr de voir les vrais problèmes, de retrouver la fiabilité intrinsèque des équipements. Pour cela il est indispensable d'appliquer les 5 mesures énumérées.

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 savons qu'il existe aussi des pertes dues à l'activité des opérateurs mais, les pertes sont créées par l'ensemble de l'entreprise.

Pour Deming le système est constitué de l'organisation, du mode de management de l'entreprise et de sa culture. [1]



**Figure 2.8:** Approche système de W. E. Deming

Pour bien comprendre la maintenance autonome, il faut se poser quelques questions:

- ne connaissez-vous jamais des retards de production, des pannes ?

- ne fabriquez-vous pas des produits non-conformes ?

vos personnel met-il toujours la motivation nécessaire pour remédier à ces anomalies ?

Se rend-il d'ailleurs compte qu'il y a anomalies ?

Et bien, le but de la maintenance autonome est de prévenir ces anomalies par l'action du personnel (« les opérateurs » comme les désigne la TPM).

Les grandes lignes directrices sont les suivantes :

1. Il convient, pour chaque équipement, de définir un standard d'utilisation, c'est-à-dire, son état normal par rapport auquel on définira l'anomalie.

2. Il convient de définir un standard d'inspection de chaque équipement : il comportera la fréquence et les points sensibles à surveiller lors de l'inspection.
3. Les opérateurs doivent connaître les standards des différents équipements et leurs standards de vérifications.
4. Il faut que les opérateurs disposent des compétences nécessaires pour prévenir les anomalies des équipements.  
Il faut qu'ils soient capables de repérer les signes annonciateurs des anomalies : par exemple, pour telle machine, un bruit bien particulier qui annonce une casse prochaine.
5. Il faut également – et idéalement – que les opérateurs possèdent également les compétences qui leur permettent de traiter eux-mêmes les anomalies ou, à tout le moins, savoir quel spécialiste contacter si nécessaire. En d'autres termes, qu'ils soient capables de les maintenir de façon autonome.
6. "Last but not least", il faut bien entendu donner aux opérateurs les moyens d'acquérir ces compétences (formations internes et externes, ...).

La maintenance autonome est réellement une démarche « WIN WIN » (gagnant-gagnant).

la maintenance autonome 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. Le JIPM résume sa démarche en disant :

« Si les équipements changent, alors le personnel changera, puis la culture changera ». [11]

### **2-5-3 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.[1]

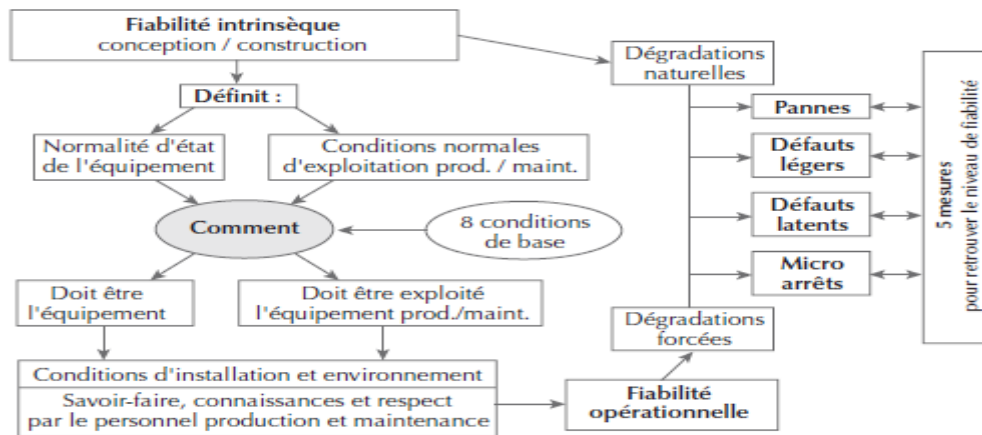


Figure2.9: Fiabilité intrinsèque et fiabilité opérationnelle

- 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 deux (02) « comment » sont fixés à partir de huit (08) 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 huit (08) conditions permettent d'évaluer l'état de l'équipement et surtout de définir le niveau souhaitable ainsi que les limites de l'acceptable. La maintenance préventive s'adresse aux services maintenances de l'entreprise. En cinq (05) phases, elle vise à améliorer la fiabilité des équipements et à atteindre le « 0 défaillance » :

**Phase 1** : Éliminer les facteurs de détérioration accélérée au profit de la détérioration naturelle.

Réduire la variance des intervalles de défaillance en remettant l'équipement dans son état initial et en éliminant les facteurs de détérioration accélérée.

**Phase 2** : Accroître la durée de vie intrinsèque des équipements.

Mener une maintenance corrective (CM) afin d'augmenter la durée de vie de l'équipement si elle est le résultat d'une détérioration naturelle ou en d'autre mot de limitations dues à la conception.

**Phase 3** : Étude des modes de détérioration. Étudier comment les détériorations progressent dans le temps.

**Phase 4** : Recherche des paramètres. Rechercher comment mesurer l'état de dégradation

**Phase 5** : Maintenance prédictive. Développer la maintenance prédictive sur la base de ces paramètres.

Assurer la conformité des conditions de base (boulonnerie, lubrification, nettoyage)  
Respecter les conditions d'utilisation (observation visuelle et fonctionnement correct de l'équipement) Essayer de détecter. Durant les phases de réparation et amélioration, utiliser principalement la vue. Accroître les savoirs faire des opérateurs en inspection, utilisation des équipements, préparation et réglage. En ce qui concerne la maintenance planifiée :

Apporter un soutien aux activités de maintenance autonome.

Restaurer les conditions nécessaires à la fiabilité de l'équipement, et ne laisser subsister aucune détérioration imprévue (inspection, examen, démontage et réparation).

Clarifier les conditions d'utilisation des équipements. Mettre en œuvre les améliorations adéquates. [1]

Accroître les savoirs faire de maintenance tels que: inspection, examen, démontage, réparation .Les tâches qui précèdent ont toujours été les tâches essentielles de la maintenance, mais elles doivent être réévaluées pour être mise en œuvre le plus minutieusement possible.



### 2-5-4 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 ». [1]

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).

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.[1]

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.

**Tableau 2.1:** Types de compétences

Ce pilier repose sur une hypothèse très simple : plus les membres de l'entreprise augmentent leurs compétences, plus l'entreprise dans laquelle ils travaillent améliore ses performances. Pour cela, il faut :

1. Définir la politique de formation et ses priorités en enquêtant et en mesurant le niveau actuel de la formation.
2. Définir qui doit élaborer la formation pour l'amélioration des savoir-faire de fabrication et de maintenance et qui la dispense.
3. Définir quand et comment conduire la formation et comment en assurer la mise en œuvre.
4. Mettre en œuvre les moyens et réaliser la formation.
5. Développer un environnement favorable au volontariat.
6. Evaluer les actions de formation et lancer des études prospectives.[1]

Le pilier 4 détermine 5 niveaux :

- niveau 0 : ne connaît pas (n'a pas appris)
- niveau 1 : connaît la théorie mais ne sait pas faire
- niveau 2 : sait faire mais avec beaucoup de dispersion
- niveau 3 : réalise son travail sans erreur.

- niveau 4 : le savoir-faire est parfaitement maîtrisé, il peut l'expliquer aux autres.

Un des outils privilégiés de formation est la leçon ponctuelle. C'est un document très simple, un outil de communication qui permet le partage des connaissances, des problèmes, des améliorations. C'est également un outil d'implication car elles encouragent le travail d'équipe.

En synthèse, le pilier 4 organise la formation, permet l'évaluation des opérateurs et définit les outils de formations. [11]

### **2-5-5 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. [1]

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

Ce pilier a pour objectif de vous d'éviter un certain nombre de désagréments que l'on rencontre (trop) souvent lors la mise en service d'investissements, de lancements de nouveaux produits/services. Comment ? En les préparant au mieux par l'intermédiaire d'une méthodologie . Il faut respecter les point suivants :

- Étude des produits existants :

.Collecter et utiliser les informations sur les propriétés de leur fabrication

.Analyser les process, les améliorations précédemment apportées et identifier les critères requis pour une fabrication facile

- Utiliser ces informations à la conception des produits nouveaux.

. Analyser le process de fabrication de nouveaux produits aux étapes de conception générale et conception détaillée pour identifier et prévoir les conditions de fabrication les plus faciles

. Trouver les conditions pour minimiser les défauts par l'analyse des modes de défaillance des nouveaux produits et appliquer des mesures correctives.

. Développer les produits nouveaux,

. Extrapoler les problèmes d'exploitation à partir des tests de faisabilité sur le pilote et des tests de l'équipement industriel et appliquer des mesures correctives. [1]

Ce processus ne peut être mené correctement que si les conditions de réussites suivantes sont remplies :

- . Pilotage par l'exploitant,
- . Benchmarking interne et externe,
- . Objectifs ambitieux,
- . Identification, clarification et planification des activités TPM pour chaque phase du projet,
- . Organisation claire et adaptée au projet,
- . Attribution des ressources appropriées,
- . Indicateurs de pilotage des activités TPM,
- . Revues de projet, réunion d'avancement,
- . Formation de l'ensemble des acteurs: exploitants, fournisseurs...
- . Cahiers des charges incluant la TPM,
- . Fonctionnement en groupes multi-métiers et pluri-compétences,
- . Concevoir pour une maintenance autonome et une maintenance planifiée performantes dès le démarrage.
- . Une traçabilité sans faille des suggestions et anomalies TPM,
- . Un traitement rapide de toutes les anomalies. [11]

### **2-5-6 Pilier 6 : maintenance de la qualité**

C'est la maîtrise ou la 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.[11]

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.[1]

Cette structure peut être représentée par le diagramme d'Ishikawa de la figure ci-dessous.

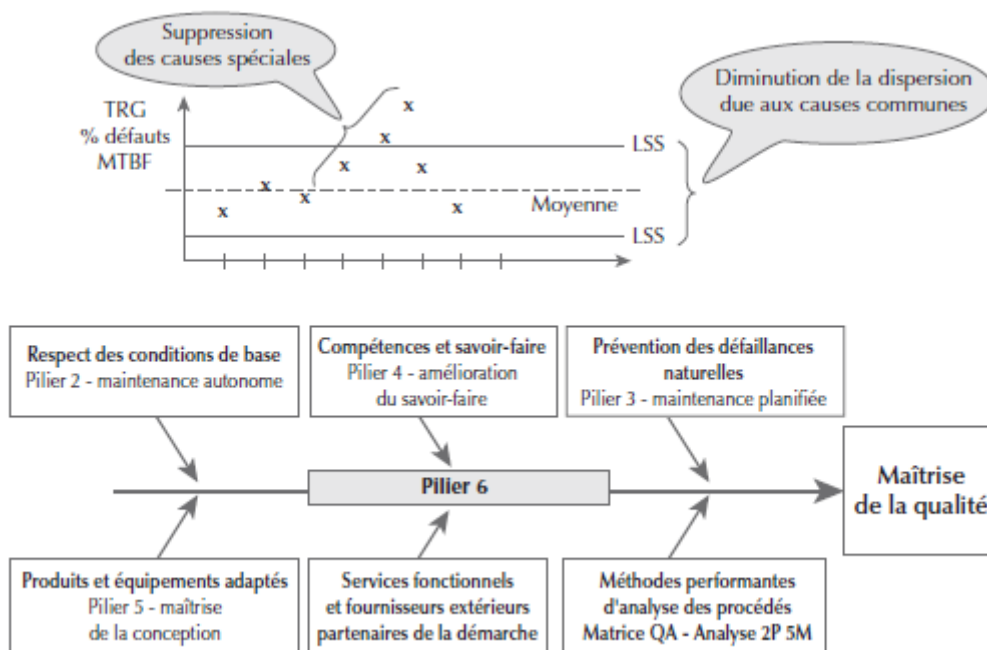


Figure 2.10: Composantes du pilier 6

Cette figure 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 .Une tâche importante des services de production (quel soit le domaine d'application) est de maintenir et d'améliorer la qualité des produits, en recherchant la stabilité des équipements et des procédés. L'objectif principal de ce pilier est de créer les conditions du "zéro défaut" par la prévention en :
      - mesurant systématiquement les résultats dans le but d'exploiter un équipement qui ne génère pas de défaut qualité
      - vérifiant que les valeurs mesurées sont à l'intérieur des plages de référence
      - surveillant les évolutions des valeurs mesurées pour prévoir les risques d'apparition de défauts et prendre préventivement les mesures qui s'imposent.
- Plus globalement, la maîtrise de la qualité des produits repose sur les actions suivantes :
- éliminer toute détérioration forcée : mettre à la disposition de la production un équipement dont on aura éliminé toute détérioration anormale et pour lequel seule l'usure normale persiste
  - augmenter la compétence du personnel de production et de maintenance
  - supprimer les défaillances sur les équipements : mettre en application des techniques de diagnostic nécessaires pour analyser les relations entre la qualité des produits et les conditions de fonctionnement de l'équipement (ensembles et pièces) et pour diagnostiquer les conditions de détérioration.
  - mettre en œuvre la TPM à la conception pour les nouveaux produits et les nouveaux équipements. [11]

### 2-5-7 Pilier 7 : TPM des services fonctionnels

Les services fonctionnels (planning, magasins et stockages, informatique, méthodes...) 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. [11]

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 dûes 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 deux (02) approches différentes pour conduire ce pilier :

- soit analyser les pertes actuelles et les éliminer progressivement,
- soit définir la situation idéale du service, les moyens pour y parvenir et accomplir les actions nécessaires. [1]

### 2-5-8 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 "zéro 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	<b>Suppression des anomalies</b> : fuites, projections matières, vibrations, bruits, état des équipements <b>Rangement</b> : matières, outillages <b>Accessibilité</b> : pour travail, nettoyage, contrôle <b>Diminution des imprévus</b> : pannes, incidents récurrents, micro-défaillances <b>Standardisation</b> des modes opératoires	<b>Supprimer l'état d'insécurité</b>
5 – Maintenance autonome 6 – Gestion autonome 7 – Amélioration permanente	<b>Comprendre</b> le fonctionnement des équipements <b>Améliorer</b> les méthodes de travail et l'ergonomie <b>Protéger</b> soi-même son environnement de travail	<b>Supprimer les comportements d'insécurité</b>

**Tableau 2.2** : Impact de la gestion autonome sur la gestion



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).[1]

## 2-6 Mise en place de la TPM

La mise en place d'une démarche TPM concerne l'ensemble du personnel.

Comme dans toute méthode structurée, il est important de définir tout d'abord le plan d'actions de la TPM ; les principales étapes sont généralement :

- Formation du personnel,
- Organisation de l'auto-maintenance,
- Amélioration de la maintenance préventive.

En préalable à l'application de la méthode à l'ensemble de l'entreprise, il est important de mettre en place ce projet sur une installation pilote (nous avons ciblé l'atelier de "Grillage". Le projet pilote permet de valider les aptitudes de l'entreprise à mettre en place la démarche TPM dans sa globalité, de valider les objectifs à atteindre, de convaincre l'ensemble du personnel.

Pour ce premier test, une équipe de projet est constituée ; elle comprend des membres du service maintenance et des cadres de l'entreprise.

Un choix judicieux de l'installation pilote est effectué : par exemple une machine constituant un goulot d'étranglement sur une ligne.

La technicité des opérateurs et des spécialistes de maintenance est une nécessité absolue pour assurer correctement l'auto-maintenance et la maintenance préventive.

Il est donc nécessaire de former le personnel de production à la maintenance,

Ainsi que le personnel de maintenance à la conduite de machines, afin que tout le monde s'entende sur le vocabulaire technique et sur les modes de fonctionnement des équipements.

La mise en place de l'auto-maintenance permet au personnel de production d'assurer lui-même la maintenance de 1er niveau de l'outil qu'il a la charge de piloter.

Les principes de base de la méthode des 5S peuvent être utilisés pour organiser les postes de travail afin de les préparer à recevoir l'auto-maintenance.

Une ré-organisation profonde du service maintenance accompagne généralement la démarche TPM.

Sans abandonner totalement la maintenance corrective, qui reste « un mal nécessaire » (elle sera réservée aux matériels peu critiques, au traitement des pannes imprévues...), un accent particulier est mis sur l'amélioration de la maintenance préventive.[1]

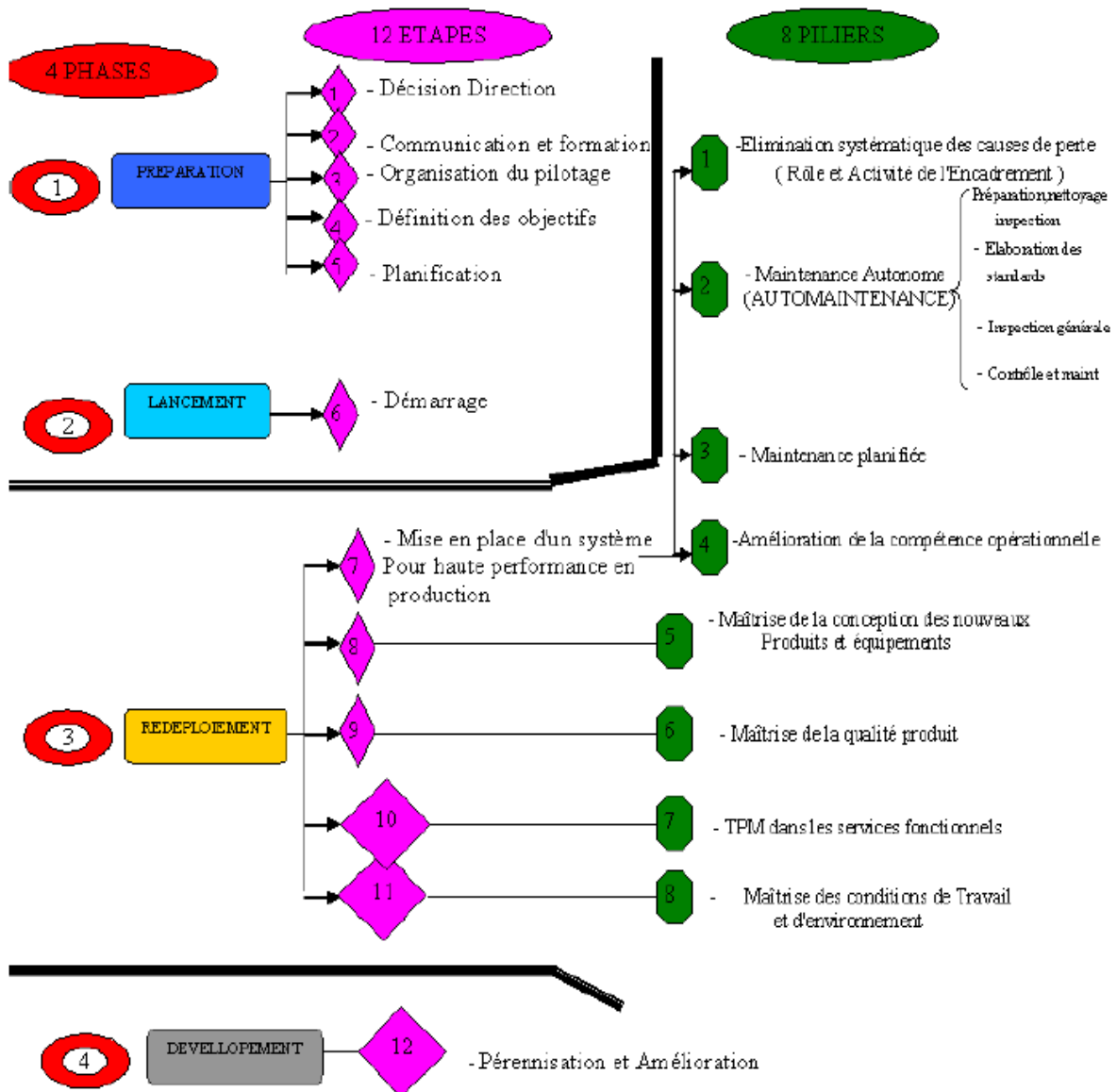


Figure 2.11: Programme de développement de la TPM

## 2-7 Les 5S

Les 5S sont un concept japonais d'amélioration continue des conditions de travail afin d'assurer un travail efficace et sécuritaire.

Les 5 étapes :

Seiri : Débarrasser

Seiton : Ranger

Seiso : Nettoyer

Seitetsu : Ordonner

Shitsuke : Rigueur

Dans le cadre de la TPM, les 5S sont très importants lors des phases de suppression des dysfonctionnements et de la pérennisation. En effet, le personnel doit appliquer la démarche pendant le projet « 5S » de l'entreprise si elle souhaite lancer une grande campagne

Pendant une certaine durée mais les employés (de l'opérateur au directeur général) doivent toujours rester dans cette démarche afin d'améliorer quotidiennement son espace de travail et donc ses conditions de travail. [18]

## 2-8 Auto-maintenance

L'auto-maintenance est la réalisation des tâches de maintenance par les utilisateurs des machines ou équipements. Le terme anglais correspondant est self-maintenance. [15]

- **Augmenter la disponibilité des machines**

L'auto-maintenance est un enjeu important pour l'amélioration de la disponibilité des machines. En diminuant les temps d'arrêt (arrêts programmés et non-programmés), on augmente la disponibilité des équipements, ce qui permet de diminuer les délais de production et d'être plus réactif aux changements. [15]

- **Améliorer l'appropriation de la machine par l'opérateur**

En s'intéressant à la maintenance de la machine, on corrige non plus les effets des problèmes mais les causes. L'auto-maintenance a un effet indéniable sur la stabilité du processus. [15]

- **Diminuer les coûts liés à la maintenance des équipements**

L'auto-maintenance a un impact important sur la diminution des coûts de maintenance puisque le nombre d'heure de maintenance corrective est diminué. Le coût des arrêts de fabrication pour maintenance préventive est moins important que celui de la maintenance corrective puisque les arrêts sont planifiés. [15]

- **Diminuer les risques d'accidents**

Les risques d'accidents sont réduits par une meilleure connaissance des risques liés à la machine. [15]

## **2-9 Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)**

Traduction française du sigle FMECA fréquent dans la littérature.

FMECA: failure mode effect critically analysis.

Il s'agit d'une méthode inductive permettant, pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système [1]. L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive visant à identifier les risques des pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soit les technologies. [5]

### ➤ **Méthodologie de l'AMDEC**

Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services du cycle de fabrication du produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse. [5]

La démarche pratique de l'AMDEC comprend 4 étapes

**Etape 1** : initialisation de l'étude qui consiste :

- la définition de la machine à analyser,
- la définition de la phase de fonctionnement,

**Etape 2** : description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- décomposition structurelle (nombre d'organes)
- les liens entre les différentes structures (sous ensemble)

**Etape 3** : analyse AMDEC qui consiste :

- analyse des mécanismes de défaillances (causes de la défaillance)
- effet de la défaillance
- évaluation de la criticité à travers :
  - la probabilité d'occurrence ou fréquence (occurrence) **Fr**,
  - la gravité des conséquences **Gr**,
  - détection ou facilité de diagnostic **Dé**.

**Étape 4 :** synthèse de l'étude qui consiste :

C'est au niveau de l'effet que se mesure la gravité de la défaillance de l'équipement. On peut parler de criticité pour chaque triplet (cause-mode-effet) d'une défaillance en utilisant une matrice de criticité

- **Tableau de cotation**

Les valeurs des coefficients sont fixées au maximum égale à quatre (04) pour limiter le niveau des détails et pour faciliter la manipulation des chiffres.

Niveau ou cotation	1	2	3	4
Indice de fréquence	Moins d'une fois par année	Moins d'une fois par mois	Moins d'une fois par semaine	Plus d'une fois par semaine
Indice de Gravite	Durée d'intervention $D \leq 1$	Durée d'intervention $1h \leq D \leq 3h$	Durée d'intervention $3h \leq D \leq 5h$	Durée d'intervention $D > 5h$
Indice de Détection	Signe avant défaillance	La défaillance. Sa cause est évidente	La défaillance se produit mais sa cause est décelable	Défaillance non décelable

**Tableau 2.3 :**Grille de cotation

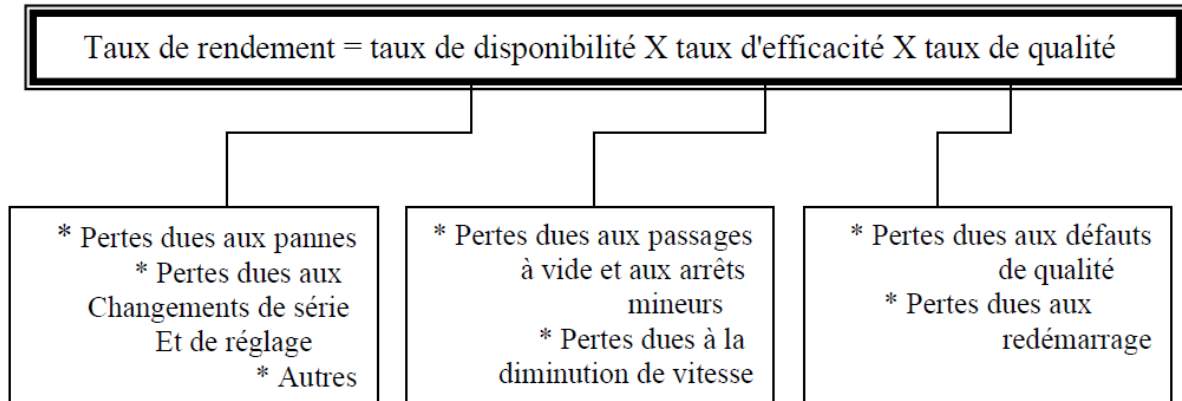
En fin et pour prouver l'importance de la méthode étudiée il s'est avéré nécessaire de la mettre en oeuvre pour l'intérêt d'une entreprise nationale .

- la méthode A-B-C a été retenue pour effectuer la classification des machines.

Et Cet analyse d'AMDEC représente bien d'une façon synthétique les éléments les plus significatifs d'un lot suivant les critères de regroupement choisis.

## 2-10 Taux de rendement synthétique

Le Taux de Rendement Synthétique est un indicateur de productivité. Il mesure la performance d'un système de production. Il permet d'assurer le suivi des démarches du progrès, ainsi que la mise en oeuvre d'un outil de pilotage de la production. Il se définit par le produit. [16]



$$TRS = Do \times Tp \times Tq$$

Les composantes du TRS se définissent de la manière suivante: - Disponibilité opérationnelle (Do) : c'est le rapport du temps de fonctionnement sur le temps requis.

$$Do = \frac{\text{Temps de Fonctionnement}}{\text{Temps Requis}} = \frac{TF}{TR} \quad \text{(Formule2.2)}$$

- Le Taux de performance (Tp) : c'est le rapport du temps net sur le temps de fonctionnement.

$$Tp = \frac{\text{Temps Net}}{\text{Temps de Fonctionnement}} = \frac{TN}{TF} \quad \text{(Formule2.3)}$$

- Le Taux de qualité (Tq) : c'est le rapport du temps utile sur le temps net.

$$Tq = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps Net}} = \frac{TU}{TN} \quad \text{(Formule2.4)}$$

$$TRS = (TF / TR) \times (TN / TF) \times (TU / TN) = TU/TR \quad \text{(Formule2.5)}$$

On peut donc définir le TRS comme ce que l'entreprise vend « Bon », par rapport à ce qu'elle pourrait vendre si tout était parfait dans l'entreprise, et pratiquement:

$$\begin{aligned}
 \text{TRS} &= \frac{\text{NPB}}{\text{NTPR}} = \frac{\text{Nombre de pièces bonnes}}{\text{Nombre Totale de pièces réalisées}} \\
 &= \text{NPB} \times \frac{\text{Tcr}}{\text{Tr}}
 \end{aligned}$$

(Formule2.6)

Avec Tcr : Temps de cycle de référence

Tr : Temps requis

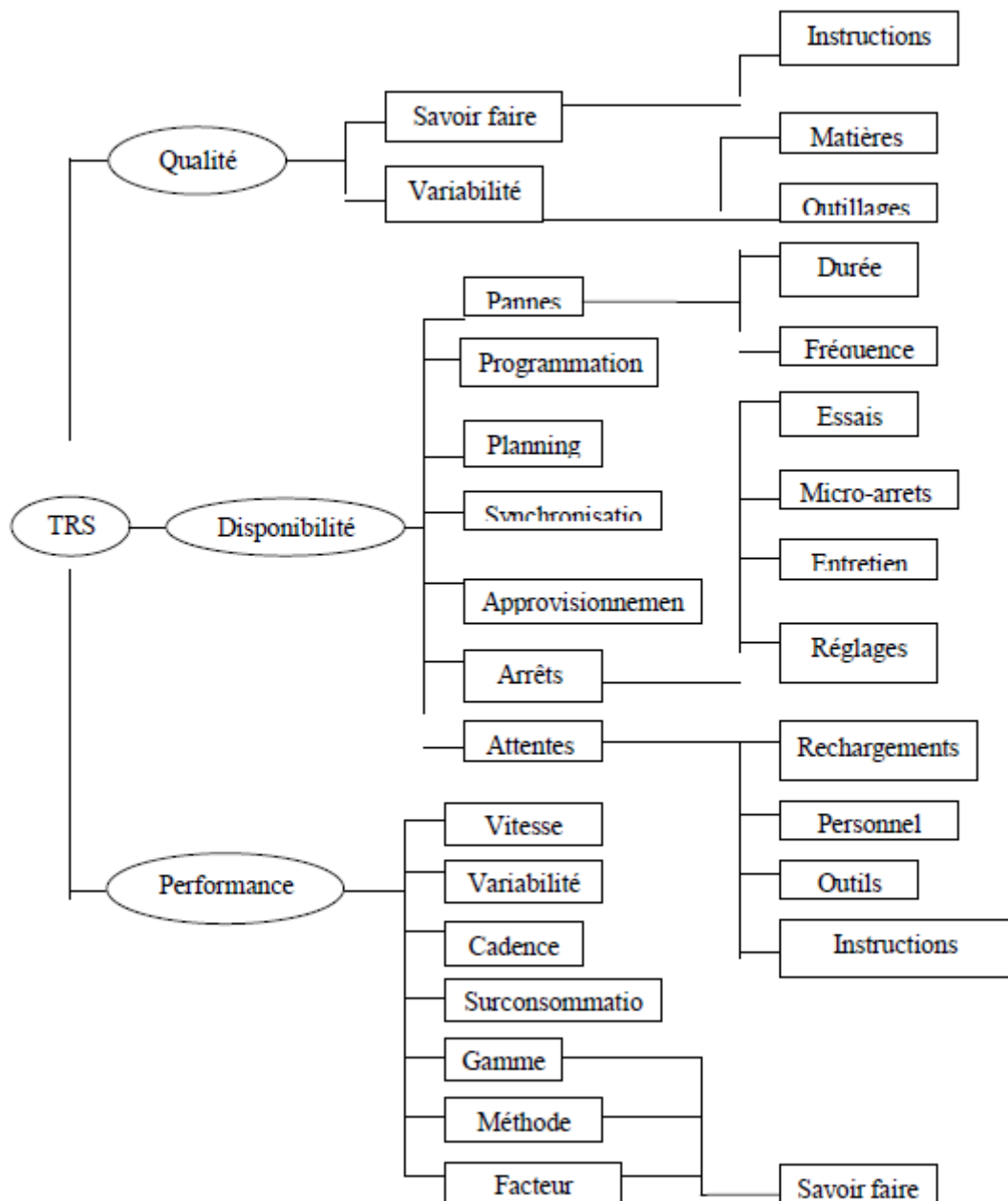


Figure 2.12:Eléments clé du TRS

Il ressort de ces indicateurs que l'amélioration de la capacité productive d'un système passe par la maîtrise des différents temps de chaque système :

- diminuer les arrêts induits et cela par une bonne organisation de la gestion des stocks, une bonne organisation du service du personnel
- diminuer les causes extérieures telles que l'absence d'énergie, par l'achat des groupes électrogènes .
  
- Diminuer les arrêts propres et cela par le choix d'une bonne politique de maintenance (orienter cette politique vers la maintenance préventive) pour une bonne disponibilité et une fiabilité des équipements, les arrêts fonctionnels doivent être programmés et respectés. [11]

### **Conclusion**

La maintenance n'est pas toujours le fait de mesurer et de remettre en marche un équipement défaillant, mais c'est maîtriser ces équipements au point de dresser leur planning de maintenance. Cette fonction doit être un moyen d'optimisation des arrêts et de réduction des pertes de production. Elle doit être basée sur des choix appuyés sur la rationalité et non sur l'intuition.



### Introduction

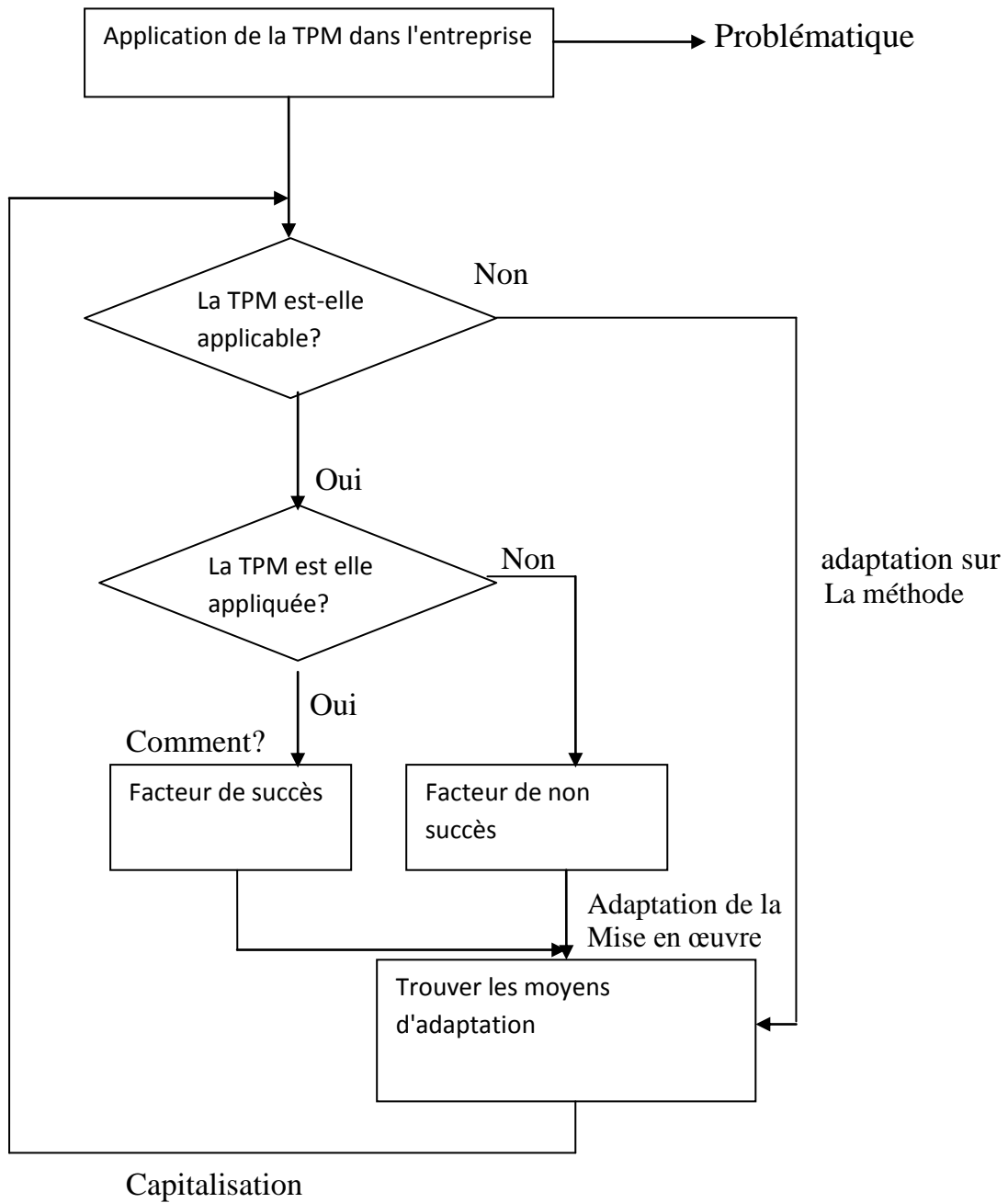
Lorsque sous la pression de la concurrence, du marché ou tout simplement de la hiérarchie, on se penche sur le rendement des machines, on peut en choisissant mal ses indicateurs se faire des illusions ou en les choisissant bien, être surpris par les résultats.

L'analyse du rendement machine se base souvent sur la production achevée par rapport à la capacité nominale. Devant la faiblesse de ce rendement, il n'est pas rare de porter un regard soupçonneux sur l'opérateur, car la machine n'est-ce pas, ne peut faire preuve de manque de motivation...

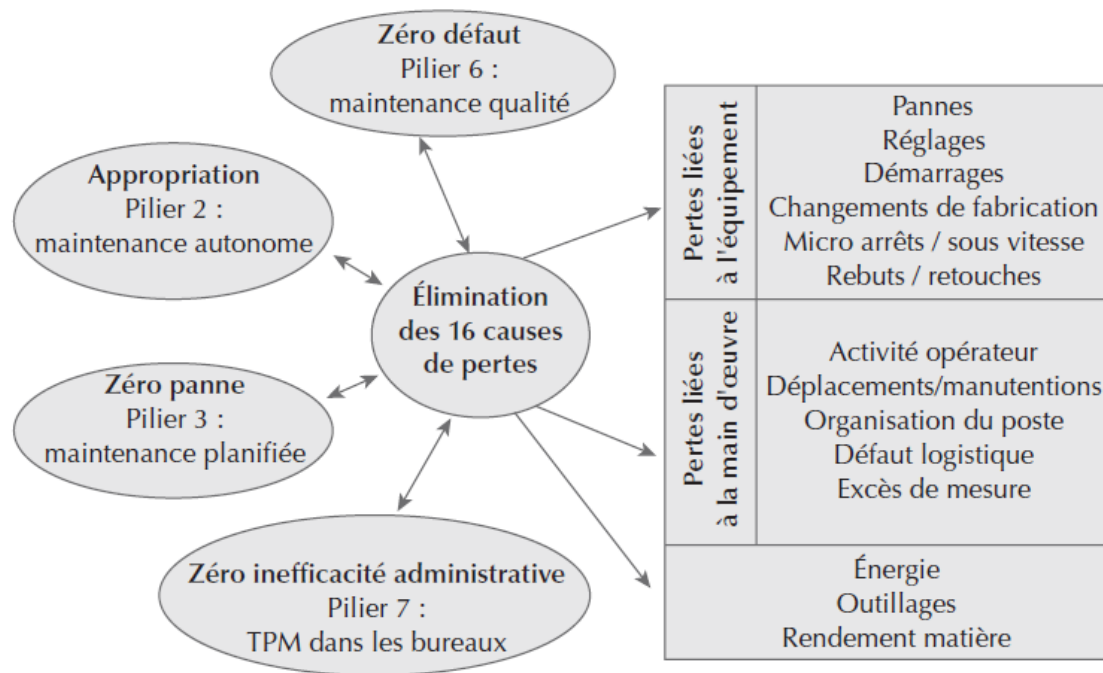
Or, on a trop tendance à considérer les caractéristiques d'une machine comme immuables, sauf la dégradation de ses performances dans le temps. Les caractéristiques des machines sont annoncées dans l'hypothèse de l'absence de facteurs perturbateurs, en négligeant la part d'intervention humaine.

Un suivi attentif révèle vite que les caractéristiques théoriques ne correspondent pas à la réalité. Il est fréquent que dans les projets d'amélioration de rendement machine, l'attention se focalise sur le travail de l'homme .

### 3-1 Problématique et déroulement du projet



**Figure 3.1** : Problématique et déroulement du projet

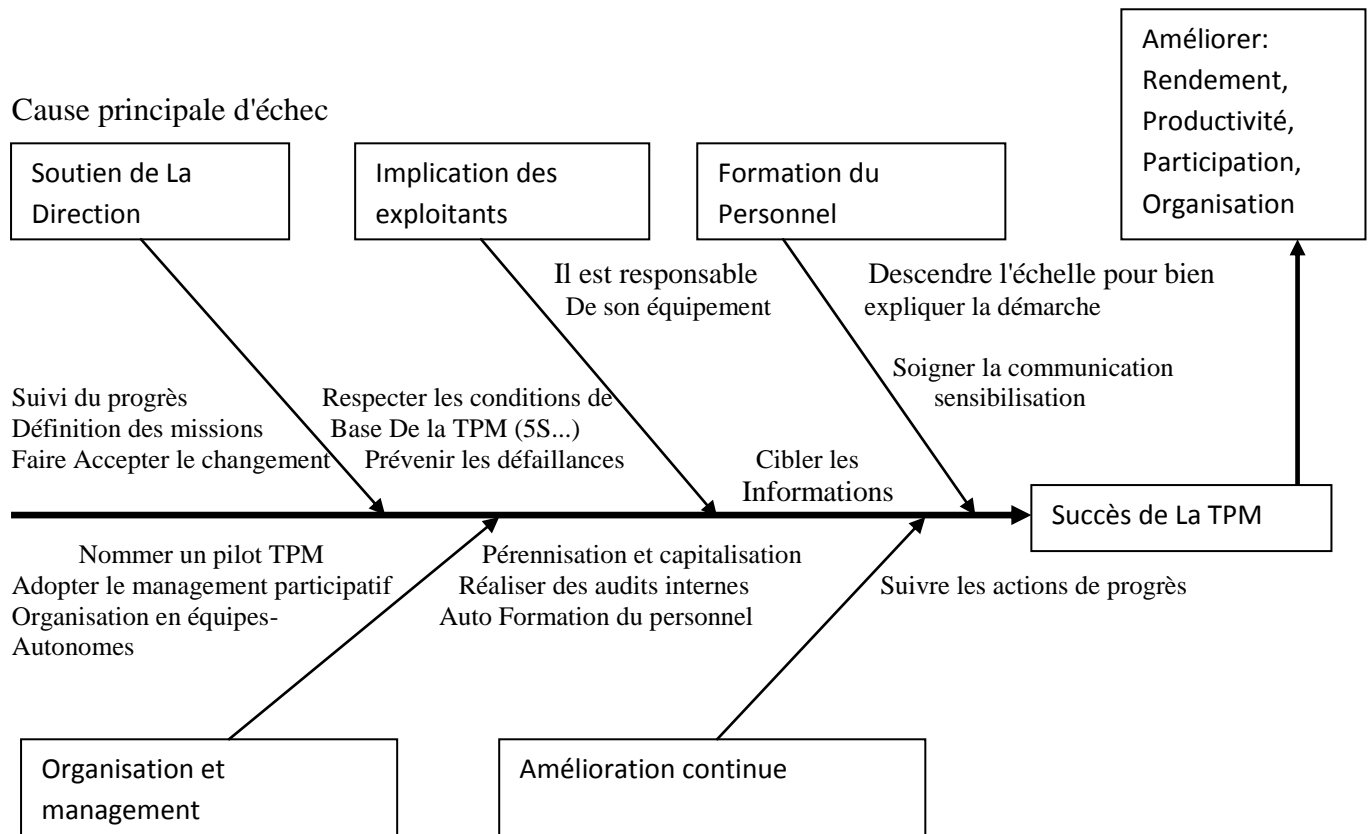


**Figure 3.2 : Décomposition des 16 pertes**

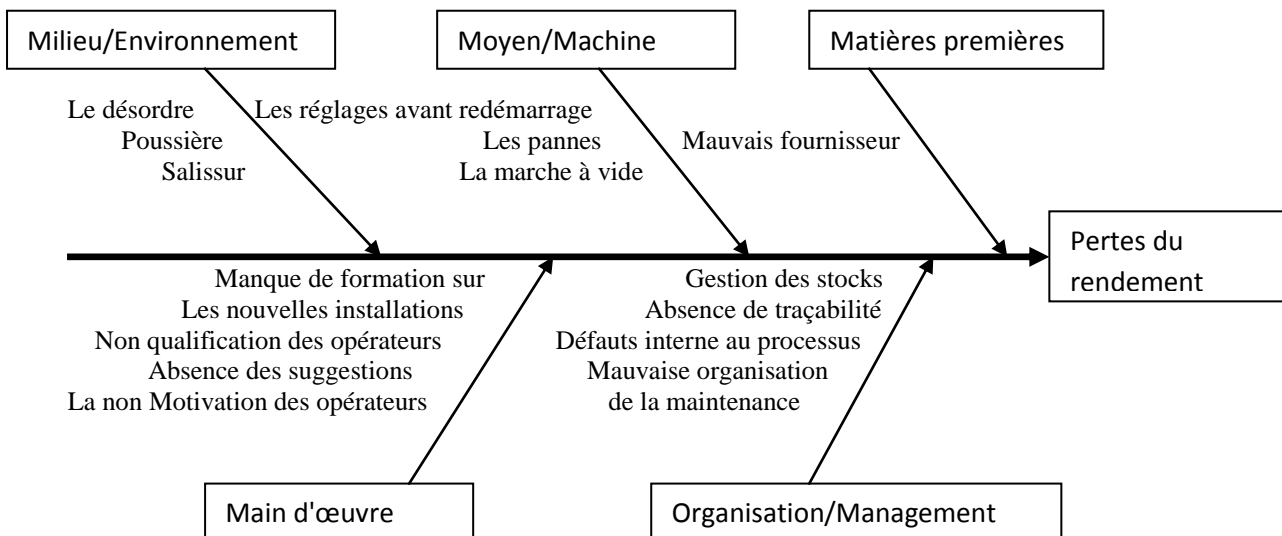
L'objectif est de diviser par 3 à 5 le coût des pertes.

Des groupes de travail « Chasse aux pertes » réaliseront un inventaire exhaustif des pertes en s'appuyant sur les composantes du TRS et des coûts de revient (directs et indirects).

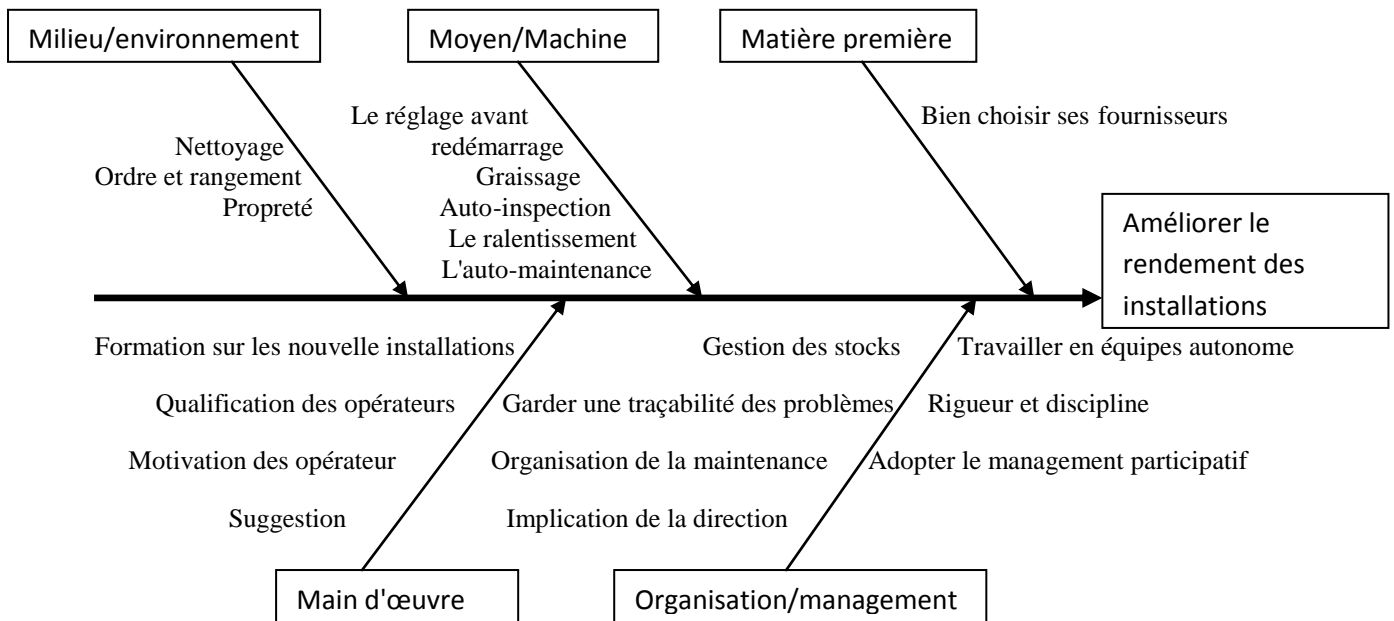
Le périmètre d'investigation de ces groupes sera défini par le niveau de détail existant dans la connaissance des coûts de revient. Il est difficile de détailler les coûts d'énergie, de main-d'œuvre, de défaillance au niveau de chaque équipement.[1]



**Figure 3.3 :** Les cinq (05) principaux facteurs de succès de la démarche TPM

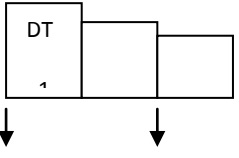
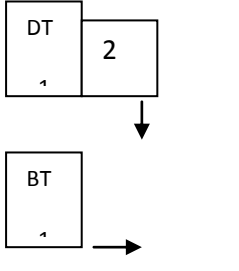
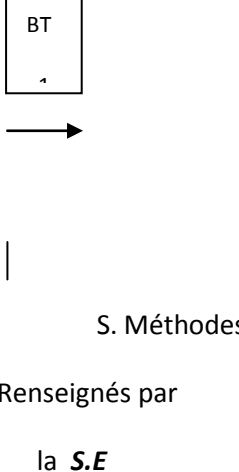




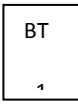

**Figure 3.4 :** Causes de perte de performance sans la TPM



**Figure 3.5:** Contribution à l'amélioration du rendement avec la TPM

## Chapitre3 Application de la TPM en entreprise

Responsable ou structure	Activité	Documents
Le service demandeur <b>SD</b> (production ou autres structures)	<p><b>Cas de panne</b></p> <p>*Emet une demande de travail <b>DT</b> en (03) exemplaires.</p> <p>*Remet le plus rapidement possible (2 ex) à la structure concernée (méthodes ou autres) <b>SC</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>SD</b>                      <b>SC</b></p>
Responsable de la Structure Concernée <b>SC</b>	<p>*Reçoit et examine la demande de travail après visite sur site (si nécessaire).</p> <p>*Emet un Bon de Travail <b>BT</b> à la structure exécutante <b>SE</b> en (01) exemplaire.</p>	 <p style="text-align: right;"><b>SC</b></p> <p style="text-align: center;"><b>S.E</b></p>
Structure exécutante <b>S.E</b> (l'intervenant)	<p>*Entreprennd la réparation.</p> <p>Effectue éventuellement des changements de PR (voir n° de Bon de Sortie Magasin de PR).</p> <p>*Après exécution des travaux, la <b>S.E</b> retourne à la structure méthode l'exemplaire du BT dûment renseigné ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature de la panne, Durée d'intervention, Pièces remplacées.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">S. Méthodes Renseignés par la <b>S.E</b></p>
Responsable des la Structure Méthodes <b>SM</b>	<p>* Enregistre le B.T, calcule le coût de l'intervention et :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Renseigne la fiche historique</li> </ul>	

	- Classe l'exemplaire.	<b>SM</b>
Responsable de la Structure Méthodes <b>SM</b>	<p><b>Cas d'intervention programmée</b> directement par <b>S.M.</b></p> <p>*Emet un B.T en (01) exemplaire</p> <p>*Remet l'exemplaire du B.T à la <b>S.E.</b></p>	
Structure exécutante <b>S.E</b> ( <b>l'intervenant</b> )	*Après réalisation (ou non) du travail, retourne l'exemplaire du B.T au ( <b>S.M</b> ) dûment renseigné (durée de l'intervention, PR remplacée n°B.S.)	 <p><b>SM</b></p>
Responsable de la Structure Méthodes <b>SM</b>	<p>*Après retour du B.T. (réalisé), contrôle de la bonne exécution des travaux.</p> <p>- Exploite le B.T et calcule le coût de l'intervention.</p> <p>- Conserve et classe le B.T.</p>	

**Tableau 3.1 :** Logigramme de la maintenance préventive

### 3-1-1 Analyser des conditions pour le zéro défaut

Dans cette étape, on doit définir et analyser les conditions pour fabriquer des produits non défectueux. C'est une analyse plus poussée, qui permet en utilisant des outils méthodologiques tel que l'AMDEC, de déterminer les causes génératrices de défauts.

Le but est de cibler dans un premier temps le défaut qualité le plus pénalisant sur tout le site ensuite réaliser une étude plus détaillée pour trouver le secteur de la ligne qui sera étudié.

## **3-2 Implantation du 2<sup>ème</sup> pilier, la maintenance autonome**

L'apport de mouvement TPM (Total Productive Maintenance) est fondamental pour l'évolution des pratiques de la maintenance.

Des résultats remarquables ont été obtenus et l'idée d'impliquer l'agent de production dans la maintenance de son outil devient incontournable.

L'automaintenance ou maintenance premier niveau peut être définie comme l'implication du personnel opérationnel de production dans les activités de maintenance. Sans être des professionnels des métiers de la maintenance, l'opérateur, le conducteur de ligne ou la maîtrise de production ont un rôle prépondérant à jouer dans la prévention et dans le diagnostic des dysfonctionnements ainsi que dans le règlement de certaines anomalies dès leur apparition.

Plus qu'un transfert de tâches nécessitant une grande compétence technique, l'automaintenance consiste à responsabiliser sur un ensemble d'activités et à développer les bons réflexes du mainteneur. Même si, dans sa mise en forme, l'automaintenance se traduit par des activités effectuées par les équipes de production, elle a pour objectifs essentiels :

- d'apporter le soin nécessaire à l'outil de production (lubrification, nettoyage, resserrage, contrôles préventifs.....),
- d'alerter de manière préventive sur les dérives de l'outil de production,
- D'analyser les anomalies rencontrées.

Comme l'autocontrôle, elle contribue à la responsabilisation des équipes impliquées dans le processus de production et à la mise en œuvre de groupes autonome.

Cela ne peut être effectué qu'avec du personnel de production remplissant cette mission en toute connaissance de cause, autrement dit du personnel dûment formé et accompagné.[4]

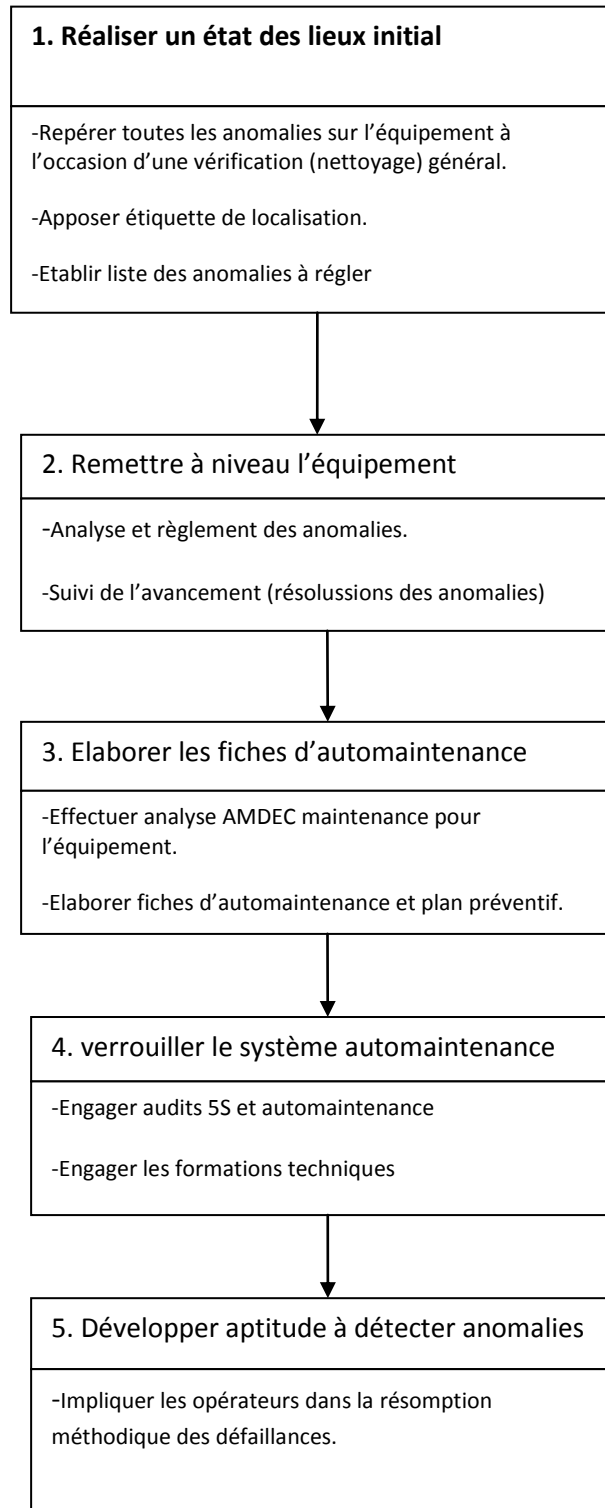
### **3-2-1 Démarche de mise en œuvre de l'automaintenance**

Mettre en œuvre l'automaintenance consiste donc à organiser, dans le cadre d'une maintenance globalement mieux maîtrisée, une maintenance de proximité, cette maintenance « premier niveau » entre donc dans une logique plus générale et ne constitue qu'un des volets de l'action maintenance. Traitée de façon isolée, son apport peut aller à l'encontre de l'amélioration recherchée même si l'impression d'autonomie,



de réactivité et d'efficacité semble très présente sur le terrain. Son développement nécessite par conséquent un processus bien défini de mise en œuvre.

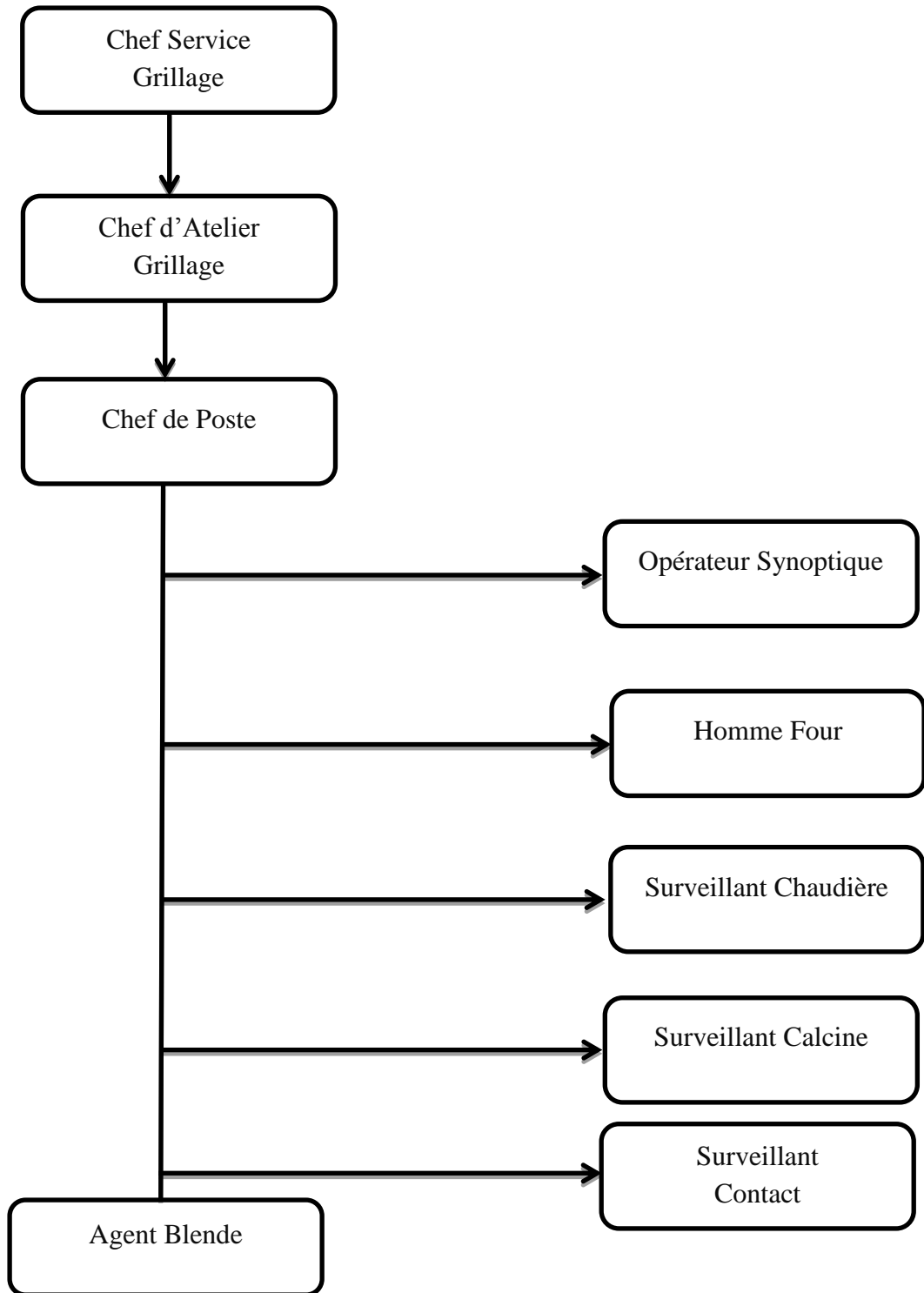
L'automaintenance se met en œuvre en suivant le déroulement en cinq (05) étapes suivantes.



**Figure 3.6 :** Démarche de mise en œuvre de l'automaintenance

**3-2-2 Développement de la maintenance autonome :  
application à l'atelier "Grillage"**

**Organigramme du service « Grillage »**



**Figure 3.7 : Organigramme du service « Grillage »**

La présente procédure spécifique qui fait quoi et comment en matière de maintenance autonome,

Pour s'assurer du maintien en état des différents moyens de production, de contrôle et moyens de support d'activité.[6]

### **3-2-3 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.

### **3-2-4 Principaux Tâches et objectifs du poste (chef de service "grillage")**

#### **✓ Tâches principales/productive**

-s'assure du bon fonctionnement, de l'entretien et de la réparation dans les délais, des équipements de fabrication.

- suit les réalisations (rapports d'activité):quantité, qualité et situe les écarts et décide ou propose les actions correctrices pour y remédier.

-arrête la liste des travaux d'entretien à effectuer lors des arrêts de production.

#### **✓ Tâches principales qualité et environnement**

- participe à la formation et à la sensibilisation relative à la qualité et à l'environnement. --

identifie, analyse et traite les non conformités de production

### **3-2-5 Principaux taches et objectifs du poste (chef d'atelier)**

#### **✓ Tâches principales/productive**

- participe à l'élaboration du planning des travaux annuels d'entretien.

- coordonne les travaux d'entretien du premier degré avec la différente structure d'entretien.

#### **✓ Tâches principales qualité et environnement**

- participe en collaboration avec le chef de service à la formation et à la sensibilisation à la qualité.

- engage des actions correctrices appropriées.

### **3-2-6 Principaux tâches et objectifs du poste (chef de poste)**

#### **✓ Tâches principales /productivité**

- veille à l'entretien régulier et permanent des installations.

#### **✓ Tâches principales qualité et environnement**

- veille à la maîtrise du processus de fabrication par la surveillance des paramètres de:

- dépression à la sortie four.

- température des EFS, de la tour de levage, des tours de séchage et d'absorption, et de la tour de catalyse.

- l'intensité du K102.

- soufre sulfure.

- concentration acide.

- soumet à la récupération des poussières.

- engage des actions correctrices appropriées.

- procède à l'arrêt de l'installation, en cas d'incident grave, et avise les responsables (cadre d'astreinte ou de performance).

### **3-2-7 Principaux tâches et objectifs du poste (agent chargement blende et acide)**

#### **✓ Tâches principales /productivité**

- assure le contrôle des transporteurs, extracteurs, et trémies de stockage.

- contrôle les vannes et les pompes.

#### **✓ Tâches principales qualité et environnement**

- nettoie les cuves de rétention des tanks et les voies d'accès aux loges de blende.

- effectue l'opération de jaugeage d'acide des différents tanks.

- nettoie le poste de travail.

### **3-2-8 Principaux tâches et objectifs du poste (opérateur tableau synoptique)**

#### **✓ Principaux objectifs de ce poste**

Surveiller, contrôler et régler les paramètres de fonctionnement de l'installation et ces différentes machines de l'atelier Grillage acide à partir d'un tableau synoptique.

#### **✓ Tâches principales /productivité**

- surveille en permanence les différents appareils de mesure et de contrôle de l'installation.

- ajuste et corrige les paramètres de travail suivant les consignes de travail reçus.

- est en liaison permanente avec les agents affectés aux différents postes et coordonne les opérations entre les différents agents du chantier.

- effectue les relevés toutes les deux (02) heures et, les enregistre sur une feuille de relevés.

#### **✓ Tâches principales qualité et environnement**

- enregistre les instructions de contrôle (environnement et qualité)

- dépression du four.

- température des EFS, de la tour de levage, des tours de séchage et d'absorption, et de la tour de catalyse.

- avise la hiérarchie des problèmes environnementaux et de qualité rencontrés.
- nettoie le poste de travail.

Les principales tâches et objectifs du poste (surveillant contact -croisement)

### **3-2-9 Principaux tâches et objectifs du poste (opérateur tableau synoptique)**

#### **✓ Principaux objectifs du poste**

Surveille les installations d'épuration humide de l'anhydride sulfureux et d'oxydation de ce gaz: tour de levage, électrofiltres humides, souffleur principal, échangeurs, four de démarrage et tour de catalyse convertisseur.

#### **✓ Tâches principales /productivité**

- contrôle l'installation d'épuration humide (tour de levage et électrofiltres).
- surveille le fonctionnement et paramètre de travail du souffleur.
- contrôle les niveaux d'huile du souffleur principal et des pompes.
- procède au jaugeage et au transfert de l'acide sulfurique pour le stockage.
- surveille les pressions et température de la partie contact de l'atelier "Grillage"

#### **✓ Tâches principales qualité et environnement**

- agit sur les vannes d'admission d'eau de mer pour régler la température des réfrigérants à étoiles.
- surveille la concentration d'acide sulfurique.
- surveille le fonctionnement des pompes de roulement de la tour de levage.
- surveille le fonctionnement des pompes d'acide et la conduite de transfère.
- déclare toute anomalie constatée à la hiérarchie ou à l'opérateur synoptique.

### **3-2-10 Principaux Tâches et objectifs du poste (homme four "Grillage")**

#### **✓ Tâches principales**

- surveille le bon fonctionnement des annexes: machine projeteuse de minerai, sole tournante, bande dosimétrique asservie à la température du four, grille éleveur à godet, bandes de recyclage et transporteurs de blende.
- purge la boîte à vent.
- informe l'opérateur de la salle de contrôle des anomalies constatées sur lieu.
- contrôle le niveau de la trémie d'alimentation
- après chaque arrêt et démarrage:
  - nettoie les 3 brûleurs, les 6 lances flamme et leur fourneau
  - contrôle les filtres fuels, clapets....
  - nettoie les portes du four.

- allume les bruleurs et lances flammes lors du démarrage.
- vidange le four lors du déblocage.

### ✓ **Tâches principales qualité et environnement**

- surveille le bain du four.
- récupère les pertes et les poussières de blende et décalcine et calcine, les réintroduit dans le circuit.
- avise sa hiérarchie ou l'opérateur synoptique des anomalies constatées.

### **3-2-11 Principaux Tâches du poste (surveillant chaudière de récupération)**

#### ✓ **Tâches principales /productivité**

- surveille la chaudière de récupération, le ballon de circulation et accessoires.
- contrôle les paramètres de travail (pression, température, échauffement).
- surveille le fonctionnement des ringards (battage des éléments de la chaudière)

#### ✓ **Tâches principales qualité et environnement**

- récupère les pertes et les poussières de blende et calcine, et les réintroduit dans le circuit.
- nettoie les éléments de la chaudière à l'aide de lance-air (1à2 fois par poste).
- nettoie les trous de visite et système de ringards.

Il avise sa hiérarchie ou l'opérateur synoptique en cas d'anomalie constatée.

Nettoie le poste de travail.

### **3-2-12 Développement de 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 Ce pilier se déroule en 5 étapes :

**Étape 1** : Nettoyage/Rangement initial (5S).

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.

### **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.[9]



### 3-2-13 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,

A 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,

### 3-2-14 Conduit la maintenance autonome en 7 étapes

La maintenance autonome est conduite en sept (07) étapes suivant la figure ci-dessous.

Le personnel ayant eu au préalable une formation générale à la TPM.

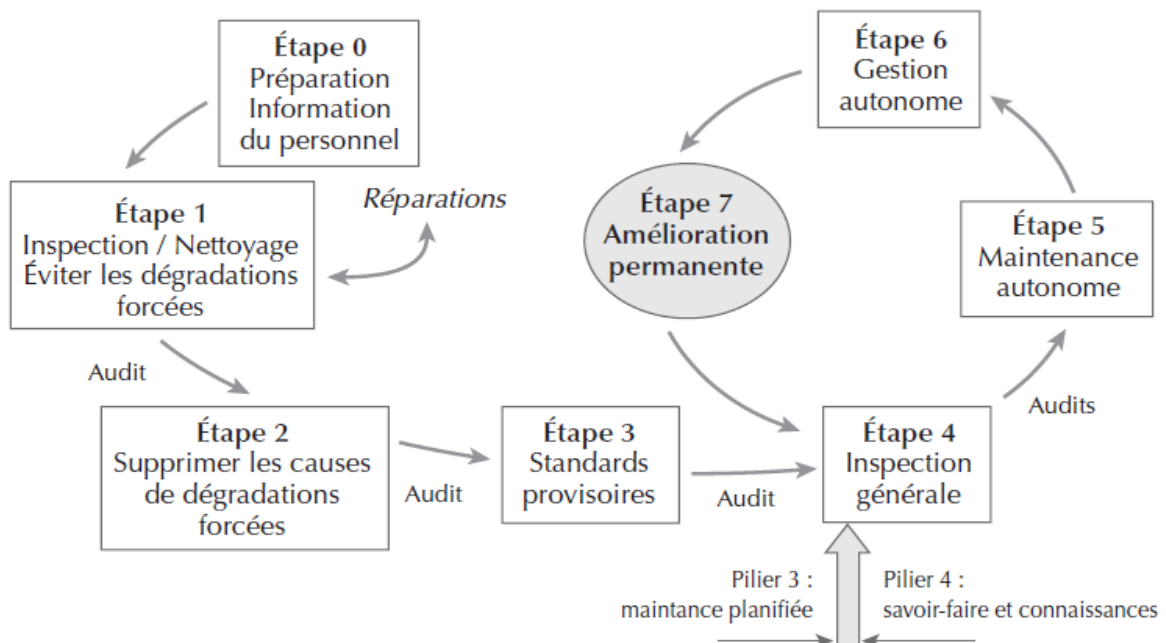


Figure 3.8 : Etapes de la maintenance autonome

### 3-2-15 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 oeuvre.

**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.[10]

### 3-2-16 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, .....) »

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.[1]

### **3-3 Implantation du 4<sup>ème</sup> pilier amélioration des connaissances et du savoir-faire**

#### **3-3-1 Formation du personnel**

Les trois (03) grandes composantes de la population d'une entreprise impliquent la définition de trois types de formation à la qualité pour créer à travers un langage commun, une culture commune à a tous les membres de l'entreprise.

En premier, *la formation du management* consiste à former les responsables au plus haut niveau au processus d'amélioration qualité, à l'approche proposé, à l'enjeu de la qualité, aux objectifs poursuivis, à la mise en œuvre des cinq phases.

En second, *la formation de l'encadrement* a pour objectif la mise en application de la démarche proposée par une description très générale du Système Intégré de gestion de la Qualité et par une étude approfondie de la mise en application pratique de celui-ci et des actions d'identification, d'analyse et de résolution de problème pour éliminer définitivement les non-conformités. Des applications pratiques seront menées pour assurer, par le travail en groupe, leur mise en application sur des cas réels.

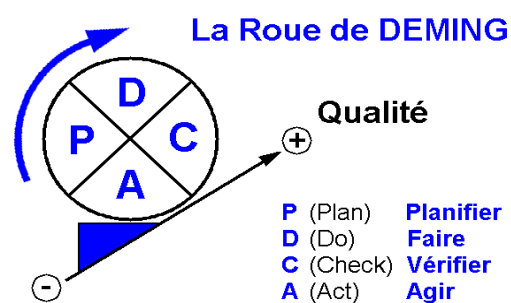
Enfin, *la formation des collaborateurs* dispensée par la hiérarchie a pour objet d'expliquer la façon très simple de la démarche suivie, ses objectifs, et de montrer par des exemples pratiques choisis dans l'activité de tous les jours, ce qui peut être fait ou ce qui n'a pas été fait mais qui aurait dû l'être. La vraie prise de conscience par les collaborateurs de l'importance de l'enjeu commence dès ce moment. En outre, des formations complémentaires doivent être prévues. [5]

### 3-3-2 Roue de Deming élément clé pour développer le pilier 4

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.

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 Kaizen,
- 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.

**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.

La présente procédure spécifie les pratiques devant être respectées dans l'entreprise:

- A l'incidence de leurs activités sur la qualité de prestations de services,
- A l'importance de la conformité aux procédures et aux exigences du SME,
- Aux aspects environnementaux significatifs et aux effets bénéfiques pour l'environnement de l'amélioration de leur performance individuelle,
- A leurs rôles dans le respect des procédures, des prescriptions du système de management intégré (qualité et environnement) et dans l'atteinte des objectifs,
- Aux conséquences des écarts par rapport aux spécifications données par les procédures et documents à qui elles font référence.

- Définir la politique de base de la formation et ses objectifs,
- Définir les besoins de l'entreprise en termes de compétences et de savoir-faire,
- Évaluer les écarts Besoins entreprise/Niveaux individuels,
- Former des instructeurs (personnel de maintenance et leaders de production) :  
formation de formateurs et formations techniques,
- Construire et diffuser les formations,
- Évaluer les résultats et définir les actions de consolidation.[1]

### 3-3-3 MODE OPERATOIRE

La formation et la sensibilisation du personnel est menée comme signalé ci-après :

- Un plan de formation et de sensibilisation est établi.
- Ce plan signale la date prévisionnelle prévue pour chaque collaborateur,
- Le plan sert aussi d'enregistrement du suivi,
  - Après chaque sensibilisation (pour les effets de suivi du Plan)
  - Suite à chaque modification du tableau de polyvalence (Ajouts suite à changements de poste, promotions, nouveaux embauchés), mais aussi suite à chaque incident/événement s'avérant avoir une cause « humaine »,
- Les différentes procédures ont permis d'assurer une uniformisation des façons de faire et les documents développés constituent maintenant une référence pour les nouveaux employés ainsi que pour les employés expérimentés qui sont appelés à former la relève sans nécessairement être les meilleurs pédagogues.
- Finalement, toutes ces actions et améliorations entreprises dans le cadre du projet ne sont que le début. Il s'agit maintenant pour les employés et les dirigeants de persévérer dans la lutte contre les pertes et de favoriser la vision à moyen et long terme plutôt que la gestion au quotidien, cette dernière ne permettant pas d'avoir la vue d'ensemble nécessaire à la culture de la TPM.

▪ **Formation de l'opérateur**

<b>Formation en cas d'une rupture de conduite de vapeur</b>	
<b>Qui ?</b>	<b>Quoi ?</b>
Opérateur Synoptique	Arrêt immédiat du M21 et des trois ventilos (M26, M30 et K102)
Chef Poste Grillage-Acide	Alerter le service de sécurité au 111 ou 141 pour évacuation éventuelle sinistrés  Aviser le PDG au 102 et le délégué de l'environnement au 174
C/Poste et H.Chaudière	Localisation de l'origine de l'incident
C/Poste Sécurité	Délimitation de la zone de l'incident
H.Chaudière / H.Four	Ouvrir les portières de la chaudière
H.Chaudière / H.Four	Fermeture de la vanne d'isolement de l'atelier acide- et procéder au refroidissement pour les réparations nécessaires.  Vidange joint d'eau
Opérateur Synoptique	démarrer M26 et M30 et K102
Instrumentiste Posté	Démarrer le fourneau de démarrage (D101)
H.Croisement	Soufflage de l'installation :  Fermeture du dumper (vanne d'entrée au 1er lit de la catalyse)  Ouverture de la vanne à chaîne et de la vanne d'isolement E105

**Tableau 3.2 :** Formation en cas d'une rupture de conduite de vapeur

3-3-4 Formation / Schéma d'ensemble

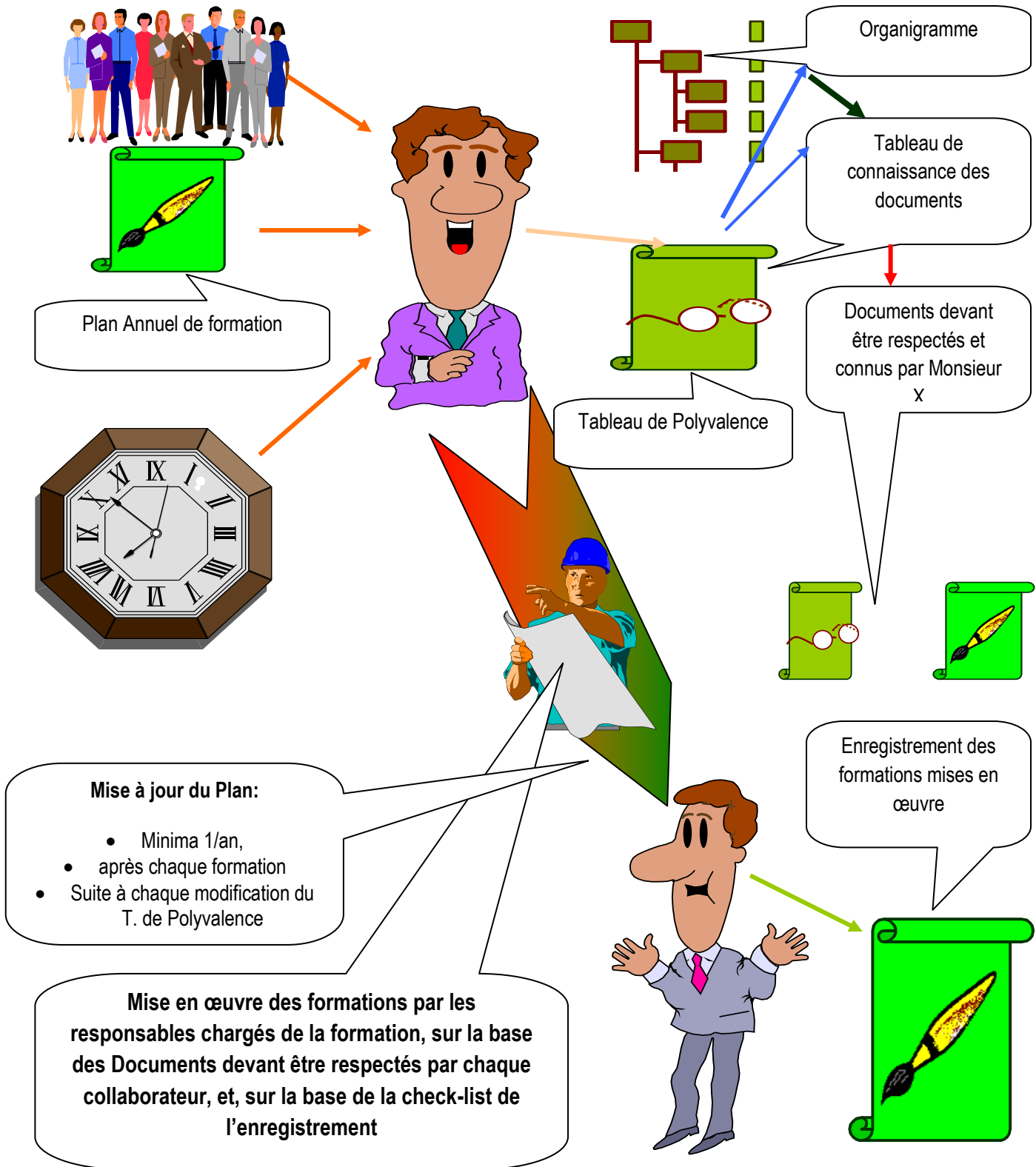


Figure 3.9 : Schéma d'ensemble de la formation



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.

### **3-4 Elaboration de la fiche d'automaintenance**

L'importance est d'avoir établi la check liste des opérations pertinentes effectuées en production, à périodicité rapprochée, qui permet de vérifier globalement l'équipement et de déclencher les actions des techniciens de maintenance dès qu'une anomalie est observée.

## Chapitre3 Application de la TPM en entreprise

<b>Fiche d'automaintenance</b>		Atelier: Grillage						Périodicité: hebdomadaire				
Etablie le 05/09/2013		Exécutant: Opérateur										
Equipement	Opération à réaliser	BROYEUR A BOULET	Compresseur GA 250 (I)	Compresseur GA 250 (II)	Echangeur a chaud E103	Echangeur a chaud E105	Echangeur a froid E102B	Pompe de circulation d'acide 96%	Pompe de circulation d'acide 98%	Ventilateur de démarrage M26	Ventilateur intermédiaire M30	Ventilateur principal K102
	1 Changement l'indicateur d'huile	*										
	2 contrôles des paliers	*										
	3 graissages de l'ensemble	*										
	4 alignements de l'ensemble	*										
	5 Changement les filtres d'huile		*			*						
	6 changements l'huile atlas copco		*									
	7 Changement le séparateur d'huile			*								
	8 soufflages les filtres d'air			*								
	9 Vérification du variateur de vitesse											*
	10 Contrôle de la roue									*		
	11 Contrôle des joints de compensateur asp/ref				*					*		
	12 graissages de l'ensemble									*		
	13 Contrôle de l'alignement									*		
	14 Inspection de la roue							*	*			
	14 Vérification des paliers											*
	16 Nettoyage de la Roue											*
	17 Vérification de la plaque tubulaire				*	*	*					
	18 vérifications vanne de purge				*	*	*					

**Figure 3.10 : Fiche d'automaintenance**

**3-4-1 Fiche de cotation 5S**

Nom unité de production : « Grillage »

Notes : 0 = Très mauvais  
 1 = Mauvais  
 2 = Passable  
 3 = Bon  
 4 = Très bon

Date de l'audit : 05/09/2013

Éléments	Notes	Observations
<b>Rangement</b>		
Outillage	1	Redéfinir les emplacements (bacs, outils de nettoyage
rebuts	2	Poubelle présente, pas de marquage au sol
meublier	2	Table de travail non ordonnée
casiers	/	Rangement situé ailleurs
<b>moyenne</b>	1.7	
<b>Ordre</b>		
Lignes de limite des zones	2	Le marquage au sol n'est pas complet
Câbles, tuyaux ordonnés	3	/
Documents dossiers ordonnés	2	Feuilles volantes
Présence d'objets inutiles	3	/
<b>moyenne</b>	2.5	
<b>nettoyage</b>		
Matériel de nettoyage	2	Produits de nettoyage, pas d'endroit défini
poubelles	2	/
Nettoyage bien exécuté	1	Travail r réaliser mais insuffisant, niveau de salure important
<b>moyenne</b>	1.7	
<b>propreté</b>		
poussières	/	/
Imprégnations (eau, huile, graisse)	1	Sols et machine tachés
Matériel de contrôle	3	/
Etat matériel de sécurité	/	En cours de réalisation
Etat matériel de signalisation	1	Pas de véritable signalisation
Fuites (eau, air, huile)	1	encres
Sol	2	Sol sale, pas d'impacts ou de cassures
meublier	2	/
<b>moyenne</b>	1.7	
<b>Rigueur</b>		
Tenue et état d'affichage	2	/
Consignes de conduite d'équipement	3	/
éclairage	3	/
Respect des règles de sécurité	3	/
<b>moyenne</b>	2.8	
<b>Nb de critère pris en compte</b>	20	
<b>Total</b>	41	
<b>Note</b>	47.15/100	(total*23)/Nb de critères

**Tableau3.3:** Fiche de cotation 5S

## Chapitre3 Application de la TPM en entreprise

La méthode pour appliquer les 5 S de manière progressive se décompose en quatre étapes au cours desquelles on répète le même schéma pour aller vers l'atelier idéal ...

Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4
-1 <sup>ère</sup> S Rangement	-1 <sup>ère</sup> S Rangement	-1 <sup>ère</sup> S Rangement	-1 <sup>ère</sup> S Rangement
-2 <sup>ème</sup> S Ordre	-2 <sup>ème</sup> S Ordre	-2 <sup>ème</sup> S Ordre	-2 <sup>ème</sup> S Ordre
-3 <sup>ème</sup> S Nettoyage	-3 <sup>ème</sup> S Nettoyage	-3 <sup>ème</sup> S Nettoyage	-3 <sup>ème</sup> S Nettoyage
-4 <sup>ème</sup> S Propreté	-4 <sup>ème</sup> S Propreté	-4 <sup>ème</sup> S Propreté	-4 <sup>ème</sup> S Propreté
-5 <sup>ème</sup> S Rigueur	-5 <sup>ème</sup> S Rigueur	-5 <sup>ème</sup> S Rigueur	-5 <sup>ème</sup> S Rigueur

Chaque étape doit être réalisée complètement, puis validée par le responsable avant de passer à la suivante.

Pour passer de l'étape 1 à l'étape 2 il faut une note de plus 25, pour passer de l'étape 2 à l'étape 3 il faut une note plus de 50, pour passer de l'étape 3 à l'étape 4 il faut une note plus de 75.

La 4<sup>ème</sup> étape étant atteinte, il est important, afin d'améliorer la motivation des acteurs de la propreté, d'enrichir ces tâches. C'est le moment de transformer les tâches de nettoyage, peu attrayantes, en des opérations plus techniques d'inspection et d'entretien des machines. C'est précisément l'un des points forts de la TPM qui inclut dans une démarche plus large, plus enrichissante pour le personnel, appelée également automaintenance.

La formation du personnel aux techniques d'inspection, dont le but est de poursuivre le changement d'état d'esprit des opérateurs vers l'appropriation des machines, est l'étape 5 de l'automaintenance qui vient à la suite des 4 étapes des 5 S.[11]

- Formation en entreprise et à l'extérieur :

Durant ces dernières années les travailleurs de la Société Alzinc ont bénéficié

de formations dans le cadre du management de la qualité et notamment dans le domaine de la maintenance et la TPM de 2009 à 2011 au sein de l'ISEC.

### **Conclusion**

Le suivi du TRS, par contre, donne une image synthétique, englobant tous les aspects affectant l'efficacité et l'analyse des composantes du TRS indique où l'effort est à porter.

La TPM ne change rien à la maintenance classique sur le fond, mais redéfinit la forme que celle-ci devrait prendre. Bien conduite, la TPM améliore le rendement machine, favorise la création d'un esprit positif, responsabilise tous les intervenants et valorise la fonction opérateur.

Il est raisonnable de commencer l'introduction de la TPM dans un atelier ou sur un process pilote, puis de l'étendre au reste de l'atelier ou de l'entreprise.

## Introduction

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.

La TPM a pour objectif de régénérer la culture de l'entreprise par l'amélioration des ressources humaines et du système de production.

Le TRS doit être utilisé comme un outil de progrès et comme un indicateur très utile.

### 4-1 Action de la TPM dans l'atelier grillage et évaluation du TRS

La volonté d'améliorer les performances globales de l'entreprise et de satisfaire aux exigences croissantes des clients en termes de qualité, qui est le pilier 2 et le pilier 4 du programme de développement de la TPM pour cela on poursuit la procédure suivante :

1-Former un groupe de travail qui sera mené par un animateur A. désignation des objectifs : l'amélioration de la capacité productive du système par la maîtrise des différents temps de chaque système, pour atteindre un TRS de l'ordre de 85% (valeur optimale internationale).

2. Faire ressortir les principaux postes, afin d'améliorer la productivité en temps réel : -

L'équipement clé qui présente le plus de problème au niveau de la chaîne d'usinage en utilisant l'outil: A-B-C. - Collecte de données - Elaboration des AMDEC – définition et ordonnancement des tâches de maintenance.

3. Calculs des : - Temps de production. - Différents types d'indicateurs. - En terme de sûreté de fonctionnement et de disponibilité, mesure de MTBF, MTTR, nombre de fréquence de panne. - Enfin le TRS L'application sera faite sur l'atelier «Grillage », chaîne importante coté : machines ou pièce produite et coté criticité, on va la prendre comme un petit atelier pilote.

Notre démarche découle directement du programme de développement recommandé par le JIPM, méthode « pas à pas ». Celle-ci permet, à partir de la perception du problème, de progresser étape par étape vers une solution précise et clairement définie.

Chapitre 4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

**4-1-1 Coût de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage »**

Équipements		Coûts De La Maintenance (KDA)	Pourcentage %	Cumul %
Code	Désignation			
K102	Ventilateur Principal	3028,2427	33,34	33,34
GA 250 N°1	Compresseur	2269,8035	25	58,34
GA 250 N°2	Compresseur	2054,2054	22,61	80,95
M26	Ventilateur de démarrage	1079,51208	11,88	92,83
M30	Ventilateur intermédiaire	323,3734	3,56	96,39
E102A	Échangeur à froid	164,0771	1,8	98,19
E105	Échangeur à chaud	66,7602	0,74	98,93
E103	Échangeur à chaud	33,3801	0,37	99,3
E102B	Échangeur à froid	28,2447	0,31	99,61
Broyeur à boulet 1.6X1.5M		23,7006	0,27	99,88
Pompe de circulation d'acide 96%		5,7891	0,06	99,94
Pompe de circulation d'acide 98%		5,7891	0,06	100

**Tableau 4.1 :** Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage »

Année 2008

Nous remarquons sur le tableau précédent que 80 % des coûts proviennent des pannes des équipements (le ventilateur principale K102, GA 205 N°1).

Équipements		Coûts De La Maintenance (KDA)	Pourcentage %	Cumul %
Code	Désignation			
K102	Ventilateur Principal	3756,626	48,13	48,13
Pompe de circulation d'acide 98%		2630,9577	33,7	81,83
E103	Échangeur à chaud	471,87487	6,04	87,87
GA 250 N°1	Compresseur	402,87012	5,16	93,03
GA 250 N°2	Compresseur	401,56286	5,14	98,17
M30	Ventilateur intermédiaire	77,62458	1	99,17
M26	Ventilateur de démarrage	30,32947	0,4	99,57
E105	Échangeur à chaud	11,55465	0,15	99,72
Broyeur à boulet 1.6X1.5M		10,69806	0,14	99,86
E102B	Échangeur à froid	9,95337	0,12	99,98
Pompe de circulation d'acide 96%		1,67	0,02	100
E102A	Échangeur à froid	0	0	100

**Tableau 4.2 :** Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage »

Année 2009

Chapitre 4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

---

Nous remarquons sur le tableau précédent que 80 % des coûts proviennent des pannes de l'équipement (ventilateur principale K102 )

Équipements		Coûts De La Maintenance (KDA)	Pourcentage %	Cumul %
Code	Désignation			
K102	Ventilateur Principal	8241,2984	29	29
E105	Échangeur à chaud	8028,80877	28,26	57,26
GA 250 N°1	Compresseur	5903,5042	20,77	78,03
GA 250 N°2	Compresseur	4159,825	14,64	92,67
M30	Ventilateur intermédiaire	843,5467	3	95,67
M26	Ventilateur de démarrage	350,8914	1,23	96,9
Broyeur à boulet 1.6X1.5M		261,3459	0,91	97,81
E102A	Échangeur à froid	238,9367	0,84	98,65
Pompe de circulation d'acide 98%		202,869	0,71	99,36
E103	Échangeur à chaud	70,6782	0,25	99,61
Pompe de circulation d'acide 96%		66,8544	0,23	99,84
E102B	Échangeur à froid	45,612	0,16	100

**Tableau 4.3 :** Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage »

Année 2010



Chapitre 4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

Équipements		Coûts De La Maintenance	Pourcentage %	Cumul %
Code	Désignation			
E102A	Échangeur a froid	1469057,28	54,21	54,21
GA 250 N°1	Compresseur	589323,84	21,74	75,95
GA 250 N°2	Compresseur	582783,52	21,5	97,45
K102	Ventilateur Principal	40182,59	1,5	98,95
M26	Ventilateur de démarrage	15554	0,6	99,55
M30	Ventilateur intermédiaire	5849,76	0,2	99,75
BROYEUR A BOULET 1.6X1.5M		2561,2	0,1	99,85
E103	Échangeur a chaud	2310,93	0,08	99,93
E105	Échangeur a chaud	2100,2	0,07	100
E102B	Échangeur a froid	0	0	100
Pompe de circulation d'acide 96%		0	0	100
Pompe de circulation d'acide 98%		0	0	100

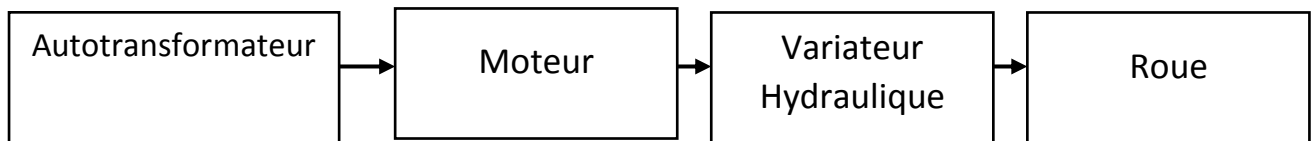
**Tableau 4.4 :** Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage »

Année 2011

	Équipements	COUT DE LA MAINTENANCE	Pourcentage %	Cumul %
Code	Désignation	282413,65	86,07	86,07
K102	Ventilateur Principal	17423	5,31	91,38
E105	Échangeur à chaud	11469,7	3,5	94,88
GA 250 N°1	Compresseur	4369,8	1,33	96,21
GA 250 N°2	Compresseur	3604,2	1,1	97,31
M30	Ventilateur intermédiaire	3604,2	1,1	98,41
M26	Ventilateur de démarrage	2924,88	0,89	99,3
Broyeur à boulet 1.6X1.5M		2310,93	0,7	100
E102A	Échangeur à froid	0	0	100
Pompe de circulation d'acide 98%		0	0	100
E103	Échangeur à chaud	0	0	100
Pompe de circulation d'acide 96%		0	0	100
E102B	Échangeur à froid			

**Tableau 4.5:** Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage »

Le ventilateur étudié K102 est composé des éléments suivants



**Figure4.1** : Elements du ventilateur K102

En 2010, le variateur hydraulique détecté comme étant élément critique au cours de l'analyse AMDEC a été remplacé, ce qui a réduit les coûts de maintenance de manière significative,

Depuis la mise en place de la TPM, l'atelier « Grillage » a connu une amélioration particulière. Nous avons choisi Trois (03) principaux indicateurs de maintenance puis nous avons évalué le TRS :

Analyse des coûts, taux d'arrêts et le nombre d'interventions durant ces cinq (05) dernières années (2008, 2009, 2010, 2011, 2012).

### 4-3 Indices de performances

#### 4-3-1 Évolution des coûts de maintenance de l'atelier « Grillage »

	Année	2008	2009	2010	2011	2012
Coûts de maintenance par Agrégat (KDA)	Transport et stockage de la blende	2941,372	3643,695	942,9	768,125	806,2
	Chargement four	4710	4649,733	3800,933	3116,335	3425,1
	Transport grille ZnO	2133,933	2777,161	3149,982	2089,36	2531,52
	Épuration sèche	11203,868	17983,488	7052,334	6587,72	5750,58
	Épuration humide	621,901	528,345	591,213	548,568	570,91
	Soufflantes	6289,941	3588,626	2498,157	460,154	450,56
	Contact acide	16891,62	6017,079	18683,764	15782,51	13520,23
	Total coûts	44792,435	39301,527	34718,123	29352,77	27055,1

**Tableau 4.7** : Évolution des coûts de maintenance de l'atelier « Grillage »

Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

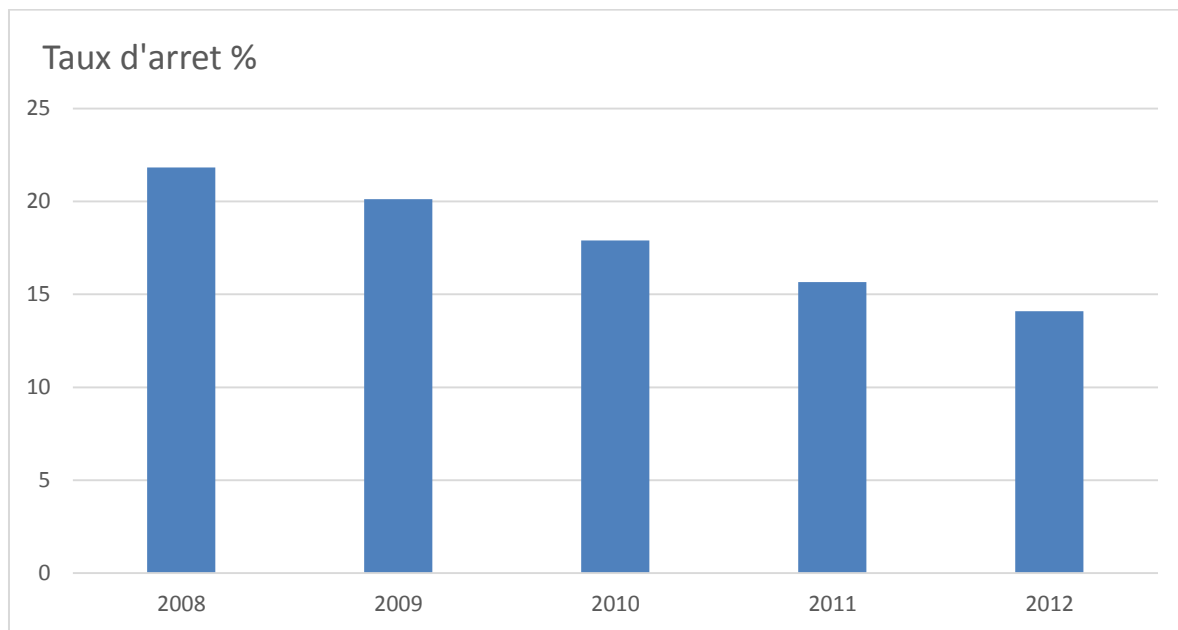
	Année	2008	2009	2010	2011	2012
Nombres d'intervention par Agrégat	Transport et stockage de la blende	53	49	29	31	27
	Chargement four	8	9	12	11	10
	Transport grille ZnO	13	8	7	5	4
	Épuration sèche	89	89	81	78	74
	Épuration humide	46	41	39	31	29
	Soufflantes	35	33	32	21	19
	Contact acide	23	19	23	20	20
	Nombres d'intervention	267	248	223	197	183

**Tableau 4.8 :** Nombre d'interventions par agrégat

Années	2008	2009	2010	2011	2012
Temps de marche théorique (Heures)	8016	8016	8016	8016	8016
Temps d'arrêt (Heures)	1750	1614	1435	1256	1123
Taux d'arrêt %	21,83	20,13	17,9	15,66	14,09

**Tableau 4.9 :** Evolution des taux d'arrêt

## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"



**Figure 4.2:** Evolution du taux d'arrêt des équipements de l'atelier « Grillage »

Les figures ci-dessus, permettent de constater, que la mise en place de TPM au sein du service « Grillage », a eu un effet sur la réduction des coûts de maintenance ainsi que sur les taux d'arrêts et le nombre d'interventions sur les équipements.

Évaluation du TRS (Taux de Rendement Synthétique)

$$\mathbf{TRS = TD \times TQ \times TP}$$

Avec :

**TD** : Taux de Disponibilité

$$TD = (\text{Temps d'ouverture} - \text{Temps d'arrêt total}) / \text{Temps d'ouverture}$$

Temps d'ouverture : Temps théorique de fonctionnement maximum

**TQ** : Taux de Qualité

$$TQ = \text{Temps utile} / \text{Temps net de fonctionnement}$$

$$= (\text{Production réelle} - \text{Production rejetée}) / \text{Production réelle}$$

Temps utile (pendant lequel on produit que des ensembles bons)

$$= \text{Temps de cycle} \times \text{Production réelle}$$

Temps net de fonctionnement (Temps brut de fonctionnement - Perte de performances)

## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"

---

**TP** : Taux de Performance

TP = Temps net de fonctionnement / Temps brut de fonctionnement

= (Temps de cycle × Production réelle) / Temps de production réelle

### 4-3-2 Taux de disponibilité

Le temps d'arrêts des années 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 est évalué d'après les fiches historiques de maintenance

Année	Taux de Disponibilité TD	TD en %
2008	$TD = \frac{8016-1750}{8016} = 0,7816$	78,16 %
2009	$TD = \frac{8016-1614}{8016} = 0,7986$	79,86 %
2010	$TD = \frac{8016-1435}{8016} = 0,8209$	82,09 %
2011	$TD = \frac{8016-1256}{8016} = 0,8433$	84.33%
2012	$TD = \frac{8016-1123}{8016} = 0,8599$	85.99%

**Tableau 4.10** : Évolution du Taux de Disponibilité des équipements

Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

---

**4-3-3 Taux de performance**

TP = (temps de cycle × Production réelle) / temps de production réel. (Formule 4.2)

Temps de cycle= 1 / capacité de production maximum [Qté / heure]

Capacité de production maximum = 260tonnes/24 heures = 10,83tonnes /heure

$$\text{Temps de cycle} = \frac{1}{10,83} = 0,092$$

Année	Taux de Performance TP	TP en %
2008	$TP = \frac{0,092 \times 58139}{8016 - 1750} = 0,8536$	85,36 %
2009	$TP = \frac{0,092 \times 60985}{8016 - 1614} = 0,8763$	87,63 %
2010	$TP = \frac{0,092 \times 59180}{8016 - 1435} = 0,8273$	82,73 %
2011	$TP = \frac{0,092 \times 53628}{8016 - 1256} = 0,7298$	72,98 %
2012	$TP = \frac{0,092 \times 51859}{8016 - 1123} = 0,6921$	69,21 %

**Tableau 4.11 :** Évolution du Taux de Performance des équipements

Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

---

**4-3-4 Taux de qualité**

TQ = (production réelle-production rejetée) / production réelle

Année	Taux de Qualité	TQ en %
	TQ	
2008	$TQ = \frac{58139-10580,01}{58139} = 0,8180$	81,80 %
2009	$TQ = \frac{60985-9737,239}{60985} = 0,8403$	84,03 %
2010	$TQ = \frac{59180-9346,188}{59180} = 0,8420$	84,20 %
2011	$TQ = \frac{53628-8546,08}{53628} = 0,8406$	84,06 %
2012	$TQ = \frac{51859-8346,482}{51859} = 0,8390$	83,90 %

**Tableau 4.12 : Évolution du Taux de Qualité des équipements**

**4-3-5 Taux de rendement synthétique :**

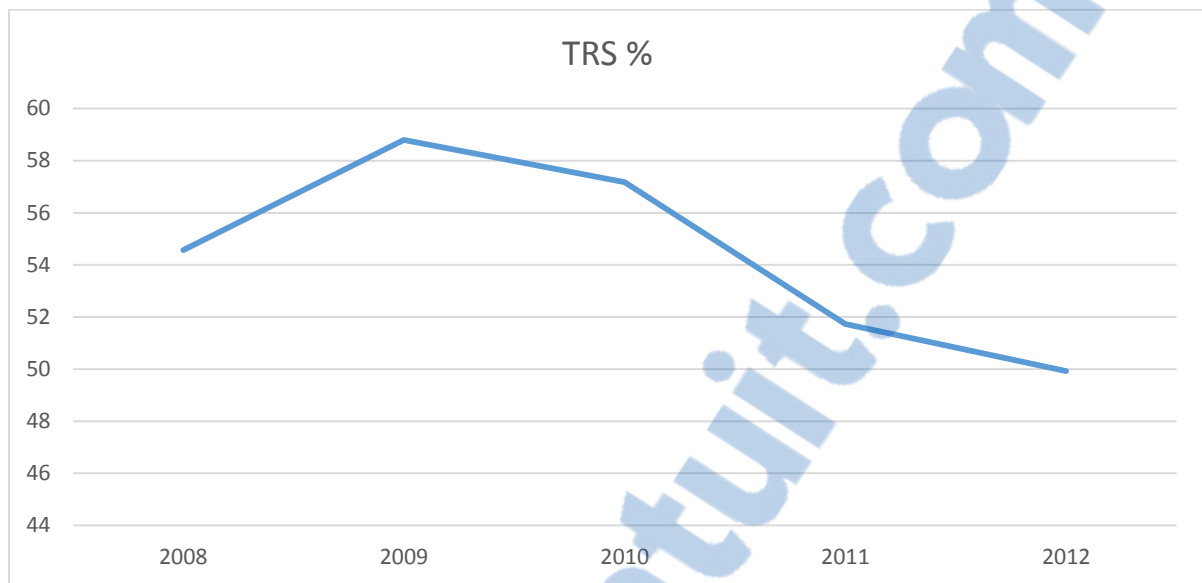
TRS = TD×TQ×TP

Année	2008	2009	2010	2011	2012
TRS %	54,57	58,80	57,18	51,73	49,93

**Tableau 4.13 : Évolution du Taux de Rendement Synthétique (TRS)  
de l'atelier « Grillage »**



## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"



**Figure 4.3 :** Evolution du TRS

Nous remarquons sur la figure que les données enregistrées augmentent graduellement pour les années 2008 et 2009, alors qu'à partir de 2010 jusqu'à 2012

Nous enregistrons une baisse du TRS, conséquence directe de la baisse de production pour cette même année. (Manque de matière première (Blende))

Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

---

**4-3-6 Perte de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Prix de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 7200 DA/tonne

Année	2008	2009	2010	2011	2012
Perte de production H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en tonne	10580,01	9737,239	9346,188	8546,08	8346,482
Perte en MDA	76,17	70,10	67,29	61.53	60.09

**Tableau 4.14** Évolution de perte de production de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

D'après le tableau précédent, nous remarquons que les pertes de production ont diminué pendant les cinq (05) derniers années, cela grâce en grande partie, à l'implantation du 2<sup>ème</sup> 4<sup>ème</sup> pilier de la TPM

MTBF : Temps Moyen de Bon Fonctionnement

$$MTBF = \sum \frac{(\text{temps de fonctionnement} - \text{temps d'intervention pour pannes})}{\text{nombre de pannes}} \quad \text{(Formule 4.3)}$$

Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM  
sur l'atelier du "Grillage"

---

Année	2008	2009	2010	2011	2012
Temps de fonctionnement	8016	8016	8016	8016	8016
Temps de pannes	1750	1614	1435	1256	1123
Nombre de pannes	267	248	223	197	183
MTBF %	23,46	25,81	32,42	34.31	37.66
MTTR %	6,55	6,50	6,43	6.37	6.13
Taux de défaillance $\lambda$	0 ,042	0,038	0,030	0.029	0.027

**Tableau 4.15 : Évolution de la MTBF et MTTR**

$$MTTR = \sum \frac{\text{temps d'intervention pour pannes}}{\text{nombres de pannes}} \quad \text{(Formule 4.4)}$$

Nous remarquons sur le tableau précédent : que les données enregistrées sur les cinq (05) années montrent une augmentation du MTBF bien que les valeurs du MTTR sont en baisse graduellement.

Année	2009	2010	2011	2012
Consommation d'énergie (KWh)	16739807	14283621	13585940	12237650
Production H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Tonnes)	60985	59180	53628	51859
Ratio (Production/ consommation d'énergie) (Tonnes/KWH)	0,36	0,41	0.39	0.42

**Tableau 4.16 : Ratio (Production/ consommation d'énergie)**

## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"

Nous remarquons sur le tableau ci-dessus que la consommation d'énergie a baissé durant les quatre (04) dernières années cela est dû principalement au changement du variateur hydraulique, autotransformateur et du moteur en un nouveau variateur électrique, autotransformateur, et un nouveau moteur électrique qui ont une consommation inférieure de 200KWH

### 4-3-7 Taux d'absentéisme et taux d'accidents

Années	Nombre d'accidents						Taux d'absentéisme %		Total accidents	
	Accidents avec arrêt de travail		Accidents sans arrêt de travail		Accidents de trajet			Grillage		Grillage
		Grillage		Grillage		Grillage				
2008		4		0		0		0,004		4
2009		2		0		0		0,03		2
2010		1		0		0		0,01		1
2011		0		0		0		0,01		0
2012		13		0		0		0,01		2

**Tableau 4.17 : Accidents de travail et taux d'absentéisme**

D'après le tableau précédent, nous remarquons que le nombre d'accidents et le taux d'absentéisme pour les trois (03) années 2008, 2009, 2010, sont en baisse pour l'atelier « Grillage ».

Une légère hausse est constatée durant les deux années 2011 et 2012 (tendance des travailleurs à s'absenter conséquence directe de l'inactivité et arrêt de production pour manque de matière première

Pour l'atelier « Grillage », ces valeurs tendent vers le zéro.

Ces résultats sont des « données d'entrées » pour la détermination et la mise en place d'action correctives, préventives, d'amélioration ou de la redéfinition des objectifs.

## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"

### 4-3-8 Indicateur de performance

	2008	2009	2010	2011	2012
Coût de traitement de NC interne de production (MDA)	32	21	10	15	18
Coût de traitement des réclamations clients (KDA)	435	400	489	100	62
Indice de satisfaction clients (%)	90	91	91.5	91	92
Coûts de maintenance électrique MDA	4.6	6.61	3.98	4.1	4.9
Coûts de maintenance instrumentation (MDA)	2	5.71	2.43	2.9	3.9
Coûts de maintenance mécanique (MDA)	32	69.56	61.5	60.8	60
Taux d'arrêt de maintenance électrique	3.8	8.34	4.54	4.23	3.8
Taux d'arrêt de maintenance Instrumentation	4.2	2.12	0.85	0.55	0.35
Taux d'arrêt de maintenance Mécanique	6.4	3	14.47	10.56	7.9

**Tableau 4.18** : Indicateurs de performance de la Société

Nous remarquons que la croissance des coûts de maintenance en 2009 est due à des arrêts de l'atelier électrolyse de cuivre et le changement de plusieurs pièces coûteuses imputées à cet atelier

### 4-3-4 Processus de distribution

Année	2008	2009	2010	2011	2012
Zinc lingot	21314	24114	21128	15611	8124
Acide sulfurique	58905	62412	60474	41419	27143
Zinc spécifique	9059	6136	8727	7282	5700
Zamak	379	613	389	686	801
Cuivre cathode	28	53	---	---	---

**Tableau 4.19**: Évolution de la production de la société « Alzinc »

#### 4-4 Recommandations pour l'application de la TPM

/	Types d'arrêts	causes	service	Moyens d'amélioration du TRS
/	Non utilisations	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maintenance préventive</li> <li>- changements de série - les essais</li> <li>- les sous charges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Maintenance</li> <li>-production</li> <li>-logistique</li> <li>-méthodes</li> <li>-production</li> <li>-méthodes</li> <li>-production</li> <li>-services</li> <li>-logistiques</li> <li>approvisionnement</li> <li>-production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>former les opérateurs sur les machines</li> <li>- les interventions hors temps d'ouverture.</li> <li>- maîtriser et insérer les durées des essais dans le planning de production.</li> <li>- sécuriser l'équipement contre les sous charges.</li> </ul>
Disponibilité	Arrêts Planifiées et de production	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pannes et maintenance corrective</li> <li>- manque personnel</li> <li>- manques matières et outils</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Maintenance</li> <li>-production</li> <li>- ressources humaines</li> <li>-production</li> <li>-méthodes</li> <li>-production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- base de données pour le suivi des pannes. - avoir un stock de pièces de rechanges.</li> <li>- être formé aux différents postes de l'usine.</li> <li>-Fiabilité des livraisons de la part des fournisseurs en heure. Mettre en place des stocks outils.</li> </ul>

## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"

<b>performance</b>	Ralentissement et Micro arrêts  Arrêts induits Arrêts propres	-moyens de production  -Causes externes aux moyens de production  -l'exploitation du moyen  - outillages  - produits	-Maintenance  -production  -services logistiques  -Maintenance  - production	-Travailler en relation avec le constructeur de la machine.  - avoir un stock de pièces de rechanges.
<b>Qualité</b>	Réglage  essais	- redémarrages  - défauts de qualité et réparation.	- ressources humaines  - Qualité  - production	-Contrôle automatique des pièces : équipées les machines de voyants ou d'alertes sonores.  -diagramme causes effets

**Tableau 4.20** Recommandations pour l'application de la TPM

### Recommandations

La clé de réussite de la TPM est dans la perception de la simplicité de son usage et de son utilité. Elle nécessite un management participatif à tous les niveaux de la pyramide de l'entreprise. Ce type de management est caractérisé par l'influence forte des groupes de travail à chaque niveau de décisions. Il priorise l'intérêt général de l'entreprise et encourage l'esprit d'initiative et de créativité de tous le personnel. La démarche TPM s'appuie obligatoirement sur cette délégation de responsabilité aux équipes autonomes capables de s'organiser pour résoudre les différents problèmes, et nécessite beaucoup de temps et d'importants investissements en formations.

## Chapitre4 Impact de l'implantation de 2eme et 4eme pilier de la TPM sur l'atelier du "Grillage"

---

<b>Equipement</b>	
<b>Code</b>	<b>Désignation</b>
M38/M39	Ridlères
M44/M45	Turbo pompe
J107 (A+B)	Pompes de transfère acide
M90/M91	Pompes de refroidissement du trommel
GEA	Vicarb (échangeur à plaque)

**Tableau 4.21** : Matériels en redondance dans l’atelier « Grillage »

### **Conclusion**

La clé de réussite de la TPM est dans la perception de la simplicité de son usage et de son utilité. Elle nécessite un management participatif à tous les niveaux de la pyramide de l'entreprise. Ce type de management est caractérisé par l'influence forte des groupes de travail à chaque niveau de décisions. Il priorise l'intérêt général de l'entreprise et encourage l'esprit d'initiative et de créativité de tout le personnel. La démarche TPM s'appuie obligatoirement sur cette délégation de responsabilité aux équipes autonomes capables de s'organiser pour résoudre les différents problèmes, et nécessite beaucoup de temps et d'importants investissements en formation, et ce qui a attirer notre attention, c'est que la Société « ALZINC » était prédisposée à la TPM.

Le changement du variateur hydraulique en variateur électrique, effectué en 2010 a considérablement agit sur les performances des équipements de l’atelier « Grillage ».



## Conclusion générale

Cette étude nous a permis de saisir la réalité et la complexité de la dynamique d'une entreprise. Au-delà de la dimension technique, nous avons constaté que la fonction humaine joue un rôle important dans la décision de mettre en place la TPM .

Beaucoup d'entreprises font un peu de la TPM sans le savoir.

La stratégie de mise en œuvre de la maintenance productive totale est propre à chaque milieu d'implantation. Il ne peut y avoir de recette miracle assurant le succès de la démarche (culture d'entreprise).

. Dans le cas présenté, l'entreprise évolue dans le domaine de production du zinc et ses dérivés. Les normes à respecter y sont sévères, restrictives et la qualité du produit fabriqué est exigée pour la satisfaction du client .

Le choix d'un atelier pilote (Grillage) a été particulièrement intéressant. Il nous a permis de comprendre les différents processus de production et de maintenance et d'établir un lien de confiance avec les différents intervenants.

Enfin, l'analyse détaillée a permis de mettre en lumière une panoplie d'actions à mettre en œuvre pour initier le projet d'amélioration et réduire les pertes.

Grâce au management de la qualité, aux différentes certifications et à l'existence des deux piliers déjà installés, l'entreprise

Par ailleurs, nous souhaiterions que ce travail puisse ouvrir de nouvelles perspectives pour généraliser l'intégration des piliers de la TPM à tous les niveaux de l'entreprise

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure1.1</b> : Organigramme de l'entreprise ALZINC.....	3
<b>Figure1.2</b> : Evolution de (la production, les chiffre d'affaire, les résultat économique).....	4
<b>Figure1.3</b> :Atelier grillage.....	5
<b>Figure1.4</b> : Four (M26) dans le service « Grillage ».....	5
<b>Figure1.5</b> : Une vue de l'atelier lixiviation.....	6
<b>Figure 1.6</b> : Une vue de l'atelier lixiviation.....	7
<b>Figure 1.7</b> : Atelier électrolyse.....	8
<b>Figure 1.8</b> : Atelier Refonte.....	9
<b>Figure 1.9</b> : Vue générale de la société "Alzinc" .....	9
<b>Figure 2.1</b> : le contenu de la fonction maintenance.....	11
<b>Figure 2.2</b> : Différents types de maintenance.....	14
<b>Figure 2.3</b> . Maintenance systématique.....	15
<b>Figure 2. 4</b> . Processus de conception.....	17
<b>Figure 2.3</b> : TPM et démarches de progrès.....	20
<b>Figure2.4</b> :Approche système de W. E. Deming.....	27
<b>Figure2.5</b> : Fiabilité intrinsèque et fiabilité opérationnelle.....	29
<b>Figure2.6</b> : Composantes du pilier 6.....	36
<b>Figure2.7</b> : Eléments clé du TRS.....	45
<b>Figure 3.1</b> : Problématique Et Déroulement Du Projet.....	48
<b>Figure 3.2</b> : les cinq principaux facteurs de succès de la démarche TPM.....	49
<b>Figure 3.3</b> : causes de perte de performance sans la TPM.....	50
<b>Figure 3.4</b> : contribution à l'amélioration du rendement avec la TPM.....	50
<b>Figure 3.5</b> : programme de développement de la TPM.....	51

<b>Figure 3.6</b> : schéma des huit (08) piliers de la TPM.....	54
<b>Figure 3.7</b> : Démarche de mise en œuvre de l'automaintenance.....	58
<b>Figure 3.8</b> : Schéma d'ensemble de la formation.....	67
<b>Figure 3.9</b> : Fiche d'automaintenance.....	69
<b>Figure 4.1</b> : Diagramme de Pareto de cumul des coûts de maintenance année 2008.....	74
<b>Figure 4.2</b> : Diagramme de Pareto de cumul des coûts de maintenance année 2009.....	75
<b>Figure 4.3</b> : Diagramme de Pareto de cumul des coûts de maintenance année 2010.....	76
<b>Figure 4.4</b> : Diagramme de Pareto de cumul des coûts de maintenance année 2011.....	77
<b>Figure 4.5</b> : Diagramme de Pareto de cumul des coûts de maintenance année 2012.....	78
<b>Figure 4.6</b> : Elements du ventilateur K102.....	79
<b>Figure 4.7</b> : Évolution des coûts de maintenance de l'atelier « Grillage ».....	82
<b>Figure 4.8</b> : Évolution des interventions sur les équipements de l'atelier « Grillage ».....	83
<b>Figure 4.9</b> : Évolution du taux d'arrêt des équipements de l'atelier « Grillage ».....	84
<b>Figure 4.10</b> : Évolution du TRS.....	87
<b>Figure 4.11</b> : Évolution des pertes.....	88
<b>Figure 4.12</b> : Évolution de la MTBF.....	89
<b>Figure 4.13</b> : Évolution de la MTTR.....	90
<b>Figure 4.14</b> : Évolution de la consommation d'énergie.....	91
<b>Figure 4.15</b> : Évolution du nombre d'accidents.....	92
<b>Figure 4.16</b> : Évolution des taux d'absentéisme.....	92
<b>Figure 4.17</b> : Évolution de la production de la société « Alzinc ».....	94
<b>Figure 4.18</b> : Évolution des produits exportés.....	94

**Figure 4.19** : Évolution des agrégats financiers.....95



## LISTE DES FORMULES

<b>Formule 2.1</b> : Disponibilité .....	16
<b>Formule2.2</b> : Disponibilité opérationnelle.....	44
<b>Formule2.3</b> : Taux de performance.....	44
<b>Formule2.4</b> : Taux de qualité.....	44
<b>Formule2.5</b> : Taux De Rendement Synthétique.....	44
<b>Formule 4.3</b> : Temps Moyen de Bon Fonctionnement.....	89
<b>Formule 4.4</b> : Temps Moyen de Réparation.....	89

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.2:</b> Evolution de la production, chiffres d'affaire et résultats économiques.....	4
<b>Tableau 2.1:</b> Types de compétence.....	32
<b>Tableau 2.2 :</b> Impact de la gestion autonome .....	39
<b>Tableau 2.3 :</b> AMDEC.....	43
<b>Tableau 3.1 :</b> logigramme de la maintenance préventive.....	53
<b>Tableau 3.2 :</b> Les 10 étapes de la démarche .....	56
<b>Tableau 3.3:</b> Fiche de cotation 5S.....	70
<b>Tableau 4.1 :</b> Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage » Année 2008.....	74
<b>Tableau 4.2 :</b> Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage » Année 2009.....	75
<b>Tableau 4.3 :</b> Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage » Année 2010.....	76
<b>Tableau 4.4 :</b> Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage » Année 2011.....	77
<b>Tableau 4.5:</b> Cumul des coûts de maintenance des équipements de l'atelier « Grillage » Année 2012.....	78
<b>Tableau 4.6 :</b> Grille de cotation .....	79
<b>Tableau 4.7 :</b> Analyse des modes de défaillance de leurs effets et leurs criticités.....	80
<b>Tableau 4.8 :</b> Évolution des coûts de maintenance de l'atelier « Grillage ».....	81
<b>Tableau 4.9 :</b> Nombre d'interventions par agrégat.....	82
<b>Tableau 4.10 :</b> Évolution des taux d'arrêt.....	83
<b>Tableau 4.11 :</b> Évolution du Taux de Disponibilité des équipements.....	85
<b>Tableau 4.12 :</b> Évolution du Taux de Performance des équipements.....	86
<b>Tableau 4.13 :</b> Évolution du Taux de Qualité des équipements.....	86
<b>Tableau 4.14 :</b> Évolution du Taux de Rendement Synthétique (TRS) de l'atelier « Grillage ».....	87

<b>Tableau 4.15</b> Évolution de perte de production de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	88
<b>Tableau 4.16</b> : Évolution de la MTBF et de la MTTR.....	89
<b>Tableau 4.17</b> : Ratio (Production/ consommation d'énergie).....	90
<b>Tableau 4.18</b> : Accidents de travail et taux d'absentéisme.....	91
<b>Tableau 4.19</b> : Indicateurs de performance de la Société.....	93
<b>Tableau 4.20</b> : Évolution de la production de la Société « Alzinc ».....	93
<b>Tableau 4.21</b> : Évolution des produits exportés.....	94
<b>Tableau 4.22</b> : Évolution des agrégats financier.....	95
<b>Tableau 4.23</b> : Recommandations pour l'application de la TPM.....	105





# Nomenclature

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticité

QQOQCCP : « Qui fait Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Combien ? et Pourquoi »

DT : Demande de Travail

OT : Ordre de Travail

BT : Bon de Travail

DA : Demande d'Achat

BSM : Bon de Sortie Magasin

BOP : Bordereau Point

AQ : Assurance Qualité

EAQF : Evaluation d'Aptitude Qualité d'un Fournisseur

TPM : Total Productive Maintenance

M26 : Ventilateur d'air de grillage

M30 : Ventilateur intermédiaire

M65 : Broyeurs a boulets

K102 : Ventilateur principale

D101 : Fourneau de démarrage

E102 A : Echangeur à froid

E102 B : Echangeur à froid

E103 : Echangeur à chaud

E105 : Echangeur à chaud

n : nombres de moles (moles)

m : masse (gramme)

M : Masse molaire (gramme/moles)

G/A : Grillage/Acide

PR : Pièces de rechanges

MDA : Million Dinars Algériens

KDA : Kilo Dinars Algériens

NC : Non-conformité

MTBF : Moyenne des Temps de Bon fonctionnement

MTTR : Moyenne des temps Techniques de réparation

TRS : Taux de Rendement Synthétiques

TD : Taux de Disponibilité

TQ : Taux de Qualité

TP : Taux de Performance

KAIZEN : Amélioration permanente par petits pas dans la durée (KAI=changer, ZEN=bien, KAIZEN=changer continuellement pour faire mieux).

*Benchmarking* : Méthode consistant à comparer dans un domaine précis (logistique, achats....) les performances de son entreprise à une ou plusieurs entreprises considérées comme référence dans le domaine retenu.

5S : Machine, Matière, Milieu, Méthodes, Main d'œuvre

JIPM : Japan Institute of Plant Maintenance

ISEC: Institut agréé Supérieur d'Enseignement Commercial

## **Bibliographie**

- [1] Bufferne Jean "le guide de la TPM total productive maintenance " Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles 61 Paris 2006.
- [2] Barbier .C, R. Dapère, C. Huber, Le zéro-panne par la topomaintenance : la TPM à la française Maxima.- [Paris] : diffusion Presses universitaires de France, 1993.
- [3] Chaib .R, La maintenance industrielle, Editions université Mentouri de Constantine, 2004.
- [4] Nakajima .S, La maintenance productive totale (TPM), nouvelle vague de la production Industrielle, AFNOR, Gestion, 1987.
- [5] Shirose Kunio, Le guide TPM de l'unité de travail Conduite et maintenance de l'installation industrielle, Traduit de l'américain par Monique Sperry -Edition DUNOD.
- [6] Tahan. A, C.Valderrama, H.Duran, Manuel : TPM – Total Productive Maintenance, 1ère édition 1998.
- [7] M. Mami.E.F Benhabib.A GhomarI.S "Les couts de non-qualité" symposium international. qualité et maintenance au service de l'entreprise ,Qualima 01U A.B.Tlemcen les 21 et 22 novembre 2004.
- [8] Cours polycop M. Mami.E.F "OSI et management de la qualité" Université Tlemcen 2012-2013.
- [9] Verzea.I, Gabriel V et Richet D., MBF globale : une étape stratégique vers la TPM, Revue Française de Gestion Industrielle, Vol.18, n°2.
- [10] E.Pierrein, Le TRG, un élément clé du TPM, Ecole supérieure de commerce, Grenoble, Wesford, Master Achats – Logistique Promotion 2004 / 2005.
- [11]-Mémoire bouanaka mohamed larbi " contribution a l'amélioration des performances operationnelles des machines industrielles" universite de constantine faculte des sciences de l'ingenieur.Constantine .2009

[12]- Dorval Valerie "stratégie d'implantation de la tpm dans une entreprise agroalimentaire"  
Mémoire de fin d'étude faculté de sciences et génie .université laval .québec .2010

[13]-Mémoire El-bachir fethi-Nebache Sidi mohamed "contribution de la certification  
ISO9000à l'amélioration de la maintenance :impact sur l'atelier "Grillage" de la  
société" Alzinc" de Ghazaouet

### **Sites web**

[14]-[http.www.utc.fr/~master\\_mq/publication/qualite\\_et\\_management](http://www.utc.fr/~master_mq/publication/qualite_et_management), consulté le:25/02/2013

[15]-[http.www.membres.lycos.fr/hcoline/maintenance/tpm\\_fr](http://www.membres.lycos.fr/hcoline/maintenance/tpm_fr), consulté le :07/03/2013

[16]- [www.lesitemsma.net/upload/trs\\_trg\\_tre.pps](http://www.lesitemsma.net/upload/trs_trg_tre.pps), consulté le :22/03/2013

[17]- [www.enviedentreprendre.com/2007/06/introduction\\_la.html](http://www.enviedentreprendre.com/2007/06/introduction_la.html),consulté le :05/04/2013

[18]- [www.ccimag.be/files/.../TPM\\_5S\\_Presentation\\_COME\\_A\\_CASA.pdf](http://www.ccimag.be/files/.../TPM_5S_Presentation_COME_A_CASA.pdf),  
consulté le :15/04/2013

[19]- [www.crt-a-avignon.com/dossiers/59\\_Maintenance\\_et\\_TPM.pdf](http://www.crt-a-avignon.com/dossiers/59_Maintenance_et_TPM.pdf), consulté le :30/062013

-

**ANNEXE A – Spécimen des listes de matériels concernés par une maintenance préventive**

Etablie par (Visa)	Vérifié par (Visa)	Approuvé par (Visa)
--------------------	--------------------	---------------------

<b>Code Inventaire</b>	<b>Dénomination</b>	<b>Nombre</b>	<b>Observations</b>

## ANNEXE B – Spécimen des Gammes de Maintenance Préventive

--	--	--

Établie par (Visa)	Vérifié par (Visa)	Approuvé par (Visa)
--------------------	--------------------	---------------------

Elément Composant	S	C	Critère d'acceptation si C	Fréquences pour les <b>S</b> = Remplacement <u>S</u> ystématique, ou pour les <b>C</b> = <u>C</u> ontrôles pour statuer sur le besoin de remplacement
Moteur Electrique		x	- Présence de jeu $\pm 0,1$ mm - Etanchéité abîmée	1000 heures
		x	- Présence de fissures - Présence de Jeu $\pm 0,5$ mm	1000 heures

FO-6.300-2 /

### ANNEXE C – Spécimen des Fiches Historiques

--	--	--

Éléments	P	C	Observations / Interventions	Nbre Hrs	Coût Estimé	Date		Observations
						Int	Ext	








**ANNEXE D – Specimen de Fiche de Gestion de Pièces de Rechange**

--	--	--

Approuvé par (Visa)	Vérifié par (Visa)	Etablie par (Visa)
---------------------	--------------------	--------------------

Moyen	Pièce de Rechange		Seuil MINI	Qté. Réappro	Observation
	Code	Désignation			
<b>Four</b>		<b>Joint</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	

## ANNEXE E – Leçon ponctuelle

	<b>Total Productive Maintenance</b> <b>Leçon ponctuelle</b>			
<b>Cas de : CONNAISSANCE DE BASE</b> Points qui doivent être connus de tous les utilisateurs		N°.MA001.....		
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 ?		Date: 25/04/2003  Préparé par : C. ARTEL		
<b>THEME : Mauvais entretien des pistolets peinture</b>				
<b>Pointeau neuf</b>				
1)				
<b>Usure normale du pointeau</b>				
1)				
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Légère usure à la pointe de l'aiguille</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Légère usure au niveau du presse-étoupe</div>		
<b>Usure anormale du pointeau</b>				
2)				
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Usure anormale de la pointe</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Dépôt de peinture</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Usure anormale de la tige</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: auto;">Déformation liée à un excès de serrage</div>
3) Grains, coulures				
4) Appliquer les consignes de réglage préconisées dans la fiche jointe				
Date				
Formateur				
Formé				

**ANNEXE F – Photos du ventilateur central K102**





**ANNEXE G** – Photos de la roue du ventilateur central K102



**ANNEX H** – Photos du variateur hydraulique du ventilateur K102





**ANNEXE I** – Photos des travaux de nettoyage au sein de l’atelier  
« Grillage »



Nettoyage de la Blende





Bac du nettoyage du Nettoyage du four





Nettoyage et vidange du compresseur et des pompes





Nettoyage de chaudière (avant et Après)

[Rapport-gratuit.com](http://Rapport-gratuit.com)

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



## **Résumé**

L'objectif de ce mémoire est de déployer une maintenance de qualité par le biais de deux piliers de la méthode "TPM" appliquée au sein de l'atelier du "Grillage" de la société "ALZINC "situé a Ghazaouet.

Cette méthode consiste à lutter contre les défauts et à améliorer le rendement des équipements, tout en leur assurant une grande fiabilité.

Une attention particulière est accordée à la maintenance autonome ainsi qu'à l'amélioration des connaissances et du savoir faire (Formation).

## **Mots- clé**

TPM - TRS - Automaintenance - Qualité - AMDEC - 5S.

## **Abstract**

The objective of this paper is to deploy a quality maintenance through two pillars of the method "TPM" applied in the workshop "Grillage" In the company "ALZINC" located in Ghazaouet.

This method consists in fighting against defects and improve equipment performance, while ensuring high reliability.

Particular attention is given to the autonomous maintenance and the improvement of knowledge and know-how (training).

## **Key words**

TPM - TRS - Automaintenance - Quality - AMDEC - 5S.

## 4-2 Optimisation de la maintenance par l'AMDEC

<b>Alzinc</b>		<b>Analyse des modes de Défaillance de leurs Effets et leurs Criticités</b>								
<b>Atelier : Grillage Équipement : Ventilateur K102</b>										
<b>Éléments</b>	<b>fonction</b>	<b>défaillances</b>	<b>effets</b>	<b>causes</b>	<b>Détections éventuelles</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>Action à engager</b>
Roue	Transmettre le mouvement au ventilateur	Usure/Cassure	Transmission difficile;	Fatigue	,	1	2	2	4	À Réparer
Moteur	Transforme l'énergie électrique en énergie mécanique	Usure	Bruits, Transmission difficile, Blocage, diminution de vitesse de Rotation	Fatigue	Mauvaise transmission, Bruits, Vibration	1	2	2	4	À Surveiller
Roue	Entraine le ventilateur	Usure	Bruits	Mauvaise lubrification	Bruit	1	1	2	2	À Réparer
Autotransformateur		Usure	Fuite d'huile	Joint d'étanchéité	visuel	1	2	1	2	À Surveiller
Variateur hydraulique	Varie la vitesse	usure	Bruits, Fuite d'huile, transmission difficile	Usure denture, Fatigue, joint d'étanchéité	Visuel, Bruit, mauvaise transmission	3	4	2	24	À Remplacer

**Tableau 4.7** : Analyse des modes de défaillance de leurs effets et leurs criticités