

Sommaire

Dédicaces	2
Remerciement.....	3
Résumé	4
Abstract	5
Liste des figures	8
Liste des tableaux	9
Liste des abréviations	10
Introduction générale.....	11
Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil	13
I. Présentation de LAFARGE.....	13
1. LAFARGE MAROC	13
2. LAFARGE CEMENTS usine de Meknès	13
2.1 Dates et chiffres clés	13
2.2 Statut juridique.....	14
2.3 Organigramme de LAFARGE Meknès	14
2.4 Équipements.....	15
2.5 Produits fabriqués	15
II. Description du procédé de fabrication du ciment	16
1. Définition	16
2. Etapes de production du ciment	16
Chapitre2 : Contexte du projet	20
I. Cahier de charge.....	20
1. Cadrage du problème	20
2. Problématique.....	20
3. Les outils de développement à utiliser	21
4. Les axes de déroulement de projet	21
5. Groupe de pilotage du projet.....	21
6. Plan d'action du projet	23
II. Présentation de l'atelier BK5 :.....	25
Chapitre 3 : Généralités sur la TPM.....	29
I. Généralité sur la TPM.....	29
1. Origine de la TPM.....	29
2. Définition et caractéristique de la TPM	29
2.1 Définition	29
2.2 Pour quoi fait-on de la TPM ?.....	30
2.3 Enjeux de la TPM	30
2.4 Objectifs de la TPM	30
II. Principes & piliers de TPM.....	31
1. Principes	31
2. Les 8 piliers de la TPM	31
Chapitre 4 : Amélioration au cas par cas.....	34

1. Mode de calcul du TRS.....	34
2. Les causes de pertes d'efficacité.....	36
3. Calcul du TRS de l'année 2014.....	38
4. Analyse du problème de la chute de performance.....	39
4.1 La méthode RCA.....	40
4.2 Application de la méthode RCA.....	40
Chapitre 5 : La maintenance autonome.....	49
I. Définition de la maintenance autonome.....	49
II. Objectifs de la maintenance autonome.....	49
III. Les axes de travail.....	50
1. État des lieux et remises en état.....	50
1.1 Nettoyage initial.....	50
1.2 Définition des 5 S.....	51
1.3 Détection des anomalies.....	51
2. Description de l'état de référence.....	57
2.1 Listing de paramètres de marche.....	57
2.2 Check-list.....	59
2.3 Mode opératoire.....	59
Chapitre 6 : La maintenance planifiée.....	60
I. La maintenance basée sur la fiabilité.....	60
1. Définition.....	60
2. Bénéfices de la MBF.....	60
3. Étapes de la MBF.....	61
4. Mise en œuvre de la MBF.....	61
4.1 Equipe de pilotage.....	61
4.2 Evaluation des équipements critiques.....	62
4.3 Analyse AMDEC.....	63
4.3.1 Introduction.....	63
4.3.2 Démarche de l'étude AMDEC sur l'atelier BK5.....	64
4.4 Elaboration de plan de maintenance.....	69
Chapitre 7 : Sécurité et conditions de travail.....	70
1. Document de sécurité.....	70
2. Mode opératoire sécurité.....	77
Conclusion générale.....	78
Références.....	80
ANNEXE.....	81

Liste des figures

Figure 1: Organigramme Lafarge Meknès	15
Figure 2 : Processus de fabrication du ciment.....	19
Figure 3: Diagramme Gant du projet.....	24
Figure 4: La ligne de broyage BK5	25
Figure 5: Broyeur Clinker	26
Figure 6: Séparateur dynamique.....	27
Figure 7: Maison de la TPM.....	32
Figure 8: Décomposition du TRS.....	35
Figure 9: Suivi du TRS.....	39
Figure 10: Suivi des indicateurs	39
Figure 11: Arbre des causes racines	41
Figure 12: Dessin du blindage releveur de la 1ère chambre.....	44
Figure 13: Les axes de travail.....	50
Figure 14: Modèle des étiquettes.....	52
Figure 15: Listing de paramètres de marche	58
Figure 16: Étapes de la MBF.....	61
Figure 17: Diagramme de définition de la criticité finale	63
Figure 18: Décomposition fonctionnelle du broyeur BK5	65
Figure 19 : Consignes de sécurité.....	71
Figure 20 : Consignes de sécurité suite	72
Figure 21 : Règles de sécurité	73
Figure 22 : Règles de sécurité suite.....	74
Figure 23 : Règles de sécurité suite.....	75
Figure 24 : Règles de sécurité suite.....	76
Figure 25: Mode opératoire sécurité.....	78
Figure A1. 1: Leçon ponctuelle	82
Figure A1. 2: Check List	83
Figure A1. 3: Modèle rapport incident	84
Figure A1. 4: Mode opératoire	85

Liste des tableaux

Tableau 1: statut juridique de LAFARGE.....	14
Tableau 2: groupe de pilotage	22
Tableau 3: planning du projet.....	23
Tableau 4: calcul du TRS sous Excel	38
Tableau 5 : Description du problème	40
Tableau 6: Mesure des jeux de lumière de cloison double.....	42
Tableau 7: Pourcentage de C ₂ S durant l'année 2014	42
Tableau 8: Taux de remplissage des chambres C1 et C2	43
Tableau 9: Mesure du cote des blindages.....	45
Tableau 10: Valeurs du d80 des différents composants du ciment	46
Tableau 11: Analyse des causes racines	47
Tableau 12: Plan d'action	48
Tableau 13: Significations et objectifs des 5S.....	51
Tableau 14: Constat d'anomalies	53
Tableau 15: Actions correctives des anomalies.....	55
Tableau 16 : Etat avant/après du milieu	56
Tableau 17: Classement de criticité des équipements	62
Tableau 18: Grille de cotation	67
Tableau 19: Résultat AMDEC du tube broyeur	68
Tableau A2. 1: Matrice de criticité des équipements	86
Tableau A2. 2: Résultat AMDEC centrale de lubrification.....	87
Tableau A2. 3: Résultat AMDEC palier fixe et palier libre	88
Tableau A2. 4: Résultat AMDEC groupe de commande	89
Tableau A2. 5: Résultat AMDEC groupe de virage.....	90
Tableau A2. 6: Résultat AMDEC groupe de commande	93
Tableau A2. 7: Résultat AMDEC partie supérieur séparateur	93
Tableau A2. 8: Résultat AMDEC partie inférieur séparateur	93
Tableau A2. 9: Résultat AMDEC centrale de lubrification séparateur	94
Tableau A2. 10: Résultat AMDEC groupe de commande élévateur.....	96
Tableau A2. 11: Résultat AMDEC accessoire élévateur.....	97
Tableau A2. 12: Résultat AMDEC tête élévateur	97
Tableau A2. 13 : Résultat AMDEC pied élévateur	98
Tableau A2. 14: Résultat AMDEC doseur	98
Tableau A2. 15: Résultat AMDEC filtre de dépoussiérage.....	100
Tableau A2. 16: Plan de maintenance de broyeur.....	101
Tableau A2. 17: Plan de maintenance séparateur.....	102
Tableau A2. 18: Plan de maintenance filtre de dépoussiérage	102
Tableau A2. 19: Plan de maintenance élévateur.....	103
Tableau A2. 20: Plan de maintenance doseur	103

Liste des abréviations

AMDEC	: Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité
BK	: Broyeur clinker
BP	: Basse Pression
BM	: Bureau de Méthode
BPE	: Béton Prêt à l'Emploi
CPJ	: Ciment Portland composé
FP	: Fonction Principale
FC	: Fonction Contrainte
MEC	: Service Mécanique
GR	: Graisseur
GV	: Grande Vitesse
HP	: Haute Pression
JMA	: Japan Management Association
JIPM	: Japan Institute of Plant Maintenance
KK	: Clinker
MBF	: Maintenance Basé sur la Fiabilité
PRO	: Service Procédé
PV	: Petite Vitesse
QOQCP	: Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?
RCA	: Root Causes Analysis
RI	: Rapport Incident
TPM	: Total Productive Maintenance
TRS	: Taux de Rendement Synthétique
VE	: Visiteur Electricien
VM	: Visiteur Mécanicien

Introduction générale

Durant les deux dernières décennies l'environnement industriel a fortement évolué. Désormais on n'est plus dans l'époque où la demande dépassait l'offre. Actuellement, l'offre est nettement supérieure à la demande, les clients, sont de plus en plus exigeants, et réclament le choix, la qualité et des délais raisonnables pour les produits qu'ils achètent.

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

Face à cette évolution des techniques de production, qui se dirigent de plus en plus vers le juste à temps, la maintenance n'a pas pu rester en arrière, et le conflit éternel entre agents de maintenance et agents de production doit être dépassé pour le bien de l'entreprise. C'est ici qu'entre en jeu la maintenance productive.

La TPM qui est une abréviation de Total Productive Maintenance c'est une démarche globale d'amélioration des ressources de production qui vise la performance économique de l'entreprise, basée sur des travaux de groupe. Elle est exécutée grâce à la participation à la fois par tous les départements et par tous les niveaux du haut en bas de la hiérarchie.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans cette perspective d'amélioration et il s'articule autour de sept chapitres:

- le chapitre 1 est consacré à une présentation générale de LAFARGE Meknès et du processus de production du ciment.
- le chapitre 2 est dédié à la présentation de la problématique, du cahier de charges et du plan d'action de projet ainsi à une description détaillée de l'atelier BK5, objet de travail.
- le chapitre 3 est un rappel des concepts généraux de la démarche TPM.
- le chapitre 4 est consacré au premier pilier de la TPM. Ce pilier est basé sur la recherche de toutes les causes capables d'augmenter les pertes en vue d'apporter des améliorations sur les équipements.
- le chapitre 5 est réservé à la maintenance autonome, qui représente le deuxième pilier de la TPM.
- le chapitre 6 développe le troisième pilier de la TPM, il est dédié à la mise à jour du plan de maintenance préventive.

- le dernier chapitre s'intéresse à la maîtrise de la sécurité et les conditions de travail, étant le huitième pilier de la TPM.

Enfin ce rapport est couronné par une conclusion et perspectives.

Rapport-Gratuit.com

Chapitre 1

Présentation de l'organisme d'accueil

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons d'une manière générale LAFARGE et plus particulièrement LAFARGE usine de Meknès en tant qu'organisme d'accueil. Nous donnons aussi un aperçu détaillé du processus de fabrication du ciment.

I. Présentation de LAFARGE

1. LAFARGE MAROC

Leader national de la fabrication des matériaux de construction, Lafarge Maroc est présent à travers ses quatre activités : le ciment, les granulats et béton, le plâtre et la chaux.

Activité et implantation :

- **Ciment:** premier cimentier Marocain avec 4 usines à Bouskoura, Meknès, Tanger et Tétouan.
- **Chaux:** une usine à Tétouan.
- **BPE:** 18 centrales à béton situées à Casablanca, Berrechid, El Jadida, Mohammedia, Rabat, Salé, Meknès, Tanger, Tanger-Med.
- **Granulats:** une carrière à Khyayta (Berrechid).
- **Plâtre:** une usine à Safi.

2. LAFARGE CIMENTS usine de Meknès

Située au nord-est de la ville, LAFARGE-CIMENTS de Meknès qui avait comme nom : CADEM (Ciment artificiel de Meknès), assure la bonne continuité et le leadership du groupe LAFARGE MAROC. Grâce à son potentiel et à son dynamisme, il réalise des ventes représentant environ 30% des ventes de Lafarge Maroc et 11.78 % du marché national.

2.1 Dates et chiffres clés

- **1953 :** Démarrage du premier four, en voie humide, 400 t/j.
- **1971 :** Extension des capacités avec l'installation d'un nouveau four de 650 t/j et augmentation de la capacité broyage ciment à 650.000 t.
- **1978 :** Nouvelle extension du broyage ciment.

- **1985** : Conversion du four 1 en voie sèche avec installation d'un mini précalcinateur.
- **1993** : Nouvelle extension avec démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1.200 t/j clinker.
- **1998** : Modification du précalcinateur du four 1.
- **2001** : Installation d'un nouveau broyeur ciment portant la capacité de l'usine à 1.750.000 t.
- **2002** : Certification ISO 14001.
- **2008** : Démarrage d'un nouveau refroidisseur four 1.
- **2014** : Fusion entre HOLCIM et LAFARGE.

2.2 Statut juridique

Tableau 1: statut juridique de LAFARGE

Nom	LAFARGE Ciments Usine de Meknès
Forme juridique	Société Anonyme
Capital social	476 430 500 DH
Capacité de production	1 750 000 tonnes/an
Pays d'origine	France
Adresse	Km 8, route de Fès – Meknès BP 33 et 233
Téléphone	0535 52 26 45
Fax	0535 54 93 07
Effectif	163
Date de création	1953
Activité	Cimenterie
Produit fabriqué	CPJ35, CPJ45, CPJ55
Site web	www.lafarge.ma

2.3 Organigramme de LAFARGE Meknès

LAFARGE présente une firme à organisation hiérarchique très organisée dont l'organigramme est comme suit:

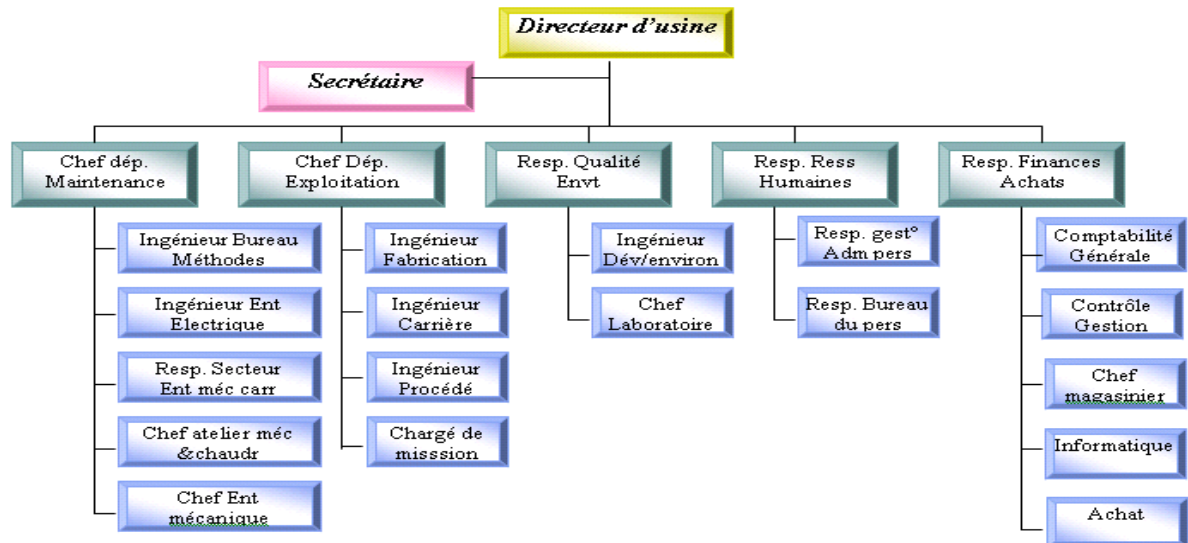


Figure 1: Organigramme Lafarge Meknès

2.4 Équipements

Il existe plusieurs équipements au sein de Lafarge ciment Meknès :

- 2 lignes de cuisson en voie sèche avec conduite entièrement automatisée pilotée par un système expert,
- Broyeurs ciment d'une capacité totale annuelle de 1.750.000 tonnes,
- Laboratoire d'analyse permettant d'assurer une logique de contrôle qualité aux différentes étapes de la fabrication,
- Stockage ciment : 7 silos d'une capacité totale de 22.000 t,
- Atelier d'expédition sac et vrac,
- Embranchement particulier à la voie ferrée.

2.5 Produits fabriqués

Les différents types de ciments fabriqués à Lafarge ciment Meknès sont les suivants :

- Ciment portland avec ajouts CPJ45 en sac et en vrac.
- Ciment portland avec ajouts CPJ35 en sac.
- Ciment portland avec ajouts CPJ55 en vrac.

II. Description du procédé de fabrication du ciment

1. Définition

Le ciment est une poudre minérale qui a la propriété de former, en présence de l'eau, une pâte capable de faire prise et de durcir progressivement, même à l'abri de l'air et notamment sous l'eau, c'est un liant hydraulique. Il est réalisé à partir du clinker, du calcaire et du gypse dosés et broyés finement. Le produit cru (farine) est obtenu par un broyage fin des matières premières composées essentiellement de calcaires et d'argiles.

La cuisson se caractérise principalement par deux grandes étapes que sont la décarbonatation des calcaires et la clinkérisation du produit.

2. Etapes de production du ciment

Etape 1 : Préparation des matières premières

Exploitation de la Carrière :

La carrière en cimenterie constitue la source en matières premières lesquelles subiront des transformations pour fabriquer le produit ciment.

L'extraction des roches se fait par abatage à l'explosif qui consiste à fragmenter le massif exploité, en procédant par :

- Le forage qui est la préparation des trous de mines destinés à recevoir l'explosif.
- La mise en place de l'explosif dans les trous. On procède par chargement de plusieurs trous à la fois selon le plan de tir de façon à provoquer l'arrachement d'un plan de rocher.
- Le sautage, opération qui consiste à faire exploser simultanément toutes les charges explosives, de façon à obtenir l'arrachement de la pierre.

Concassage :

En vue d'optimiser et de faciliter le stockage et la manutention des matières premières, les blocs extraits au niveau de la carrière sont introduits au niveau du concasseur afin de réduire leurs dimensions.

Le concassage consiste à soumettre les matières premières à des efforts d'impact, d'attrition et de cisaillement.

L'usine Lafarge de Meknès dispose de deux concasseurs à marteaux d'un débit de 800 T/h et 400T/h (HAZEMAG et FCB), consommant une puissance de 1,21 MW.

Transporteur des matières premières :

Le transport et la manutention des matières premières sont assurés par des équipements de manutention et des engins mécaniques. Ceux-ci sont très importants lors des phases d'extraction et d'alimentation du concasseur et pour le transport des ajouts.

Quant aux équipements de manutention (bandes, aéroglesseurs, élévateurs,...), ils sont utilisés après l'opération de concassage pour transporter les différentes matières entre les installations de l'usine.

Pré homogénéisation :

La pré homogénéisation des matières premières est une opération qui consiste à assurer une composition chimique régulière du mélange des matières premières. Des échantillons du mélange des matières premières sont prélevés lors de la constitution des tas dans une station d'échantillonnage, ces échantillons sont analysés au niveau du laboratoire de l'usine. Les résultats de ces analyses permettent de définir les corrections nécessaires à apporter au mélange des matières premières, qui seront dénommées en cimenterie par le cru.

Broyage de cru :

Le broyage du cru est une opération qui consiste à préparer un mélange homogène avec une bonne répartition granulométrique pour assurer les meilleures conditions de cuisson de la farine. La farine obtenue, qui est une poudre fine, est stockée dans des silos après avoir subi une opération d'homogénéisation afin d'obtenir une composition chimique régulière prête à la cuisson.

Dépoussiérage :

Le transport de la farine cru par des aéroglesseurs risque de générer des poussières. Le système de dépoussiérage consiste alors à éliminer les émissions des poussières par l'utilisation des manches ou des électro-filtres (pour une meilleure protection de l'environnement).

Etape 2 : Production du clinker

Préchauffage :

Etape incontournable dans les installations de cuisson modernes (voie sèche, semi sèche et semi-humide), le préchauffage permet essentiellement de préparer la farine du point de vue chimique et thermique. Cette préparation consiste à sécher, déshydrater et décarbonater partiellement la matière crue en réutilisant une partie de l'énergie calorifique évacuée par les gaz d'exhaure du four. Les préchauffeurs permettent d'améliorer donc le rendement thermique global de l'installation de cuisson

Four rotatif :

Pièce maîtresse de la cimenterie, le four est un tube en acier, légèrement incliné par rapport à son axe (3 à 5%) briqueté intérieurement et pouvant atteindre 200 mètres de longueur et 6 à 7 mètres de diamètre. Dans le four, la matière préparée par l'échangeur amont subit deux transformations chimiques principales :

- La décarbonatation qui commence dans la tour échangeur et qui se complète au début du four.
- La clinkérisation qui s'effectue à une température voisine de 1450°C quand la matière s'approche de la fin du four.

Refroidisseur :

Le rôle des refroidisseurs consiste à garantir la trempe du clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables. Les refroidisseurs permettent aussi de baisser la température du clinker pour faciliter la manutention et le stockage. Il existe deux type de refroidisseurs : refroidisseurs à grilles, refroidisseurs à couloirs ETA.

Étape 3 : Broyage du ciment et expédition

Silos à clinker :

Le clinker, issu du four, est stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment (étape suivante) une autonomie de marche en cas d'arrêt intempestif du four et d'autre part, prémunit le clinker d'une dégradation physico-chimique que causerait un stockage prolongé à l'air libre.

Broyage du ciment :

Le clinker et les ajouts, qui sont des matériaux grossiers par rapport à la granulométrie du ciment, sont introduits au niveau du broyeur, dans des proportions prédéfinies, pour subir des efforts mécaniques du broyage et produire ainsi le ciment qui est d'une finesse inférieure à 40 micros. L'atelier de broyage comprend le broyeur, le séparateur (qui sélectionne les particules selon leur grosseur) et le dépoussiéreur du broyeur.

Logistique :

Les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs et son chargement. C'est l'interface de l'usine avec le client.

En résumé, le processus de fabrication du ciment peut être présenté par la figure suivante :

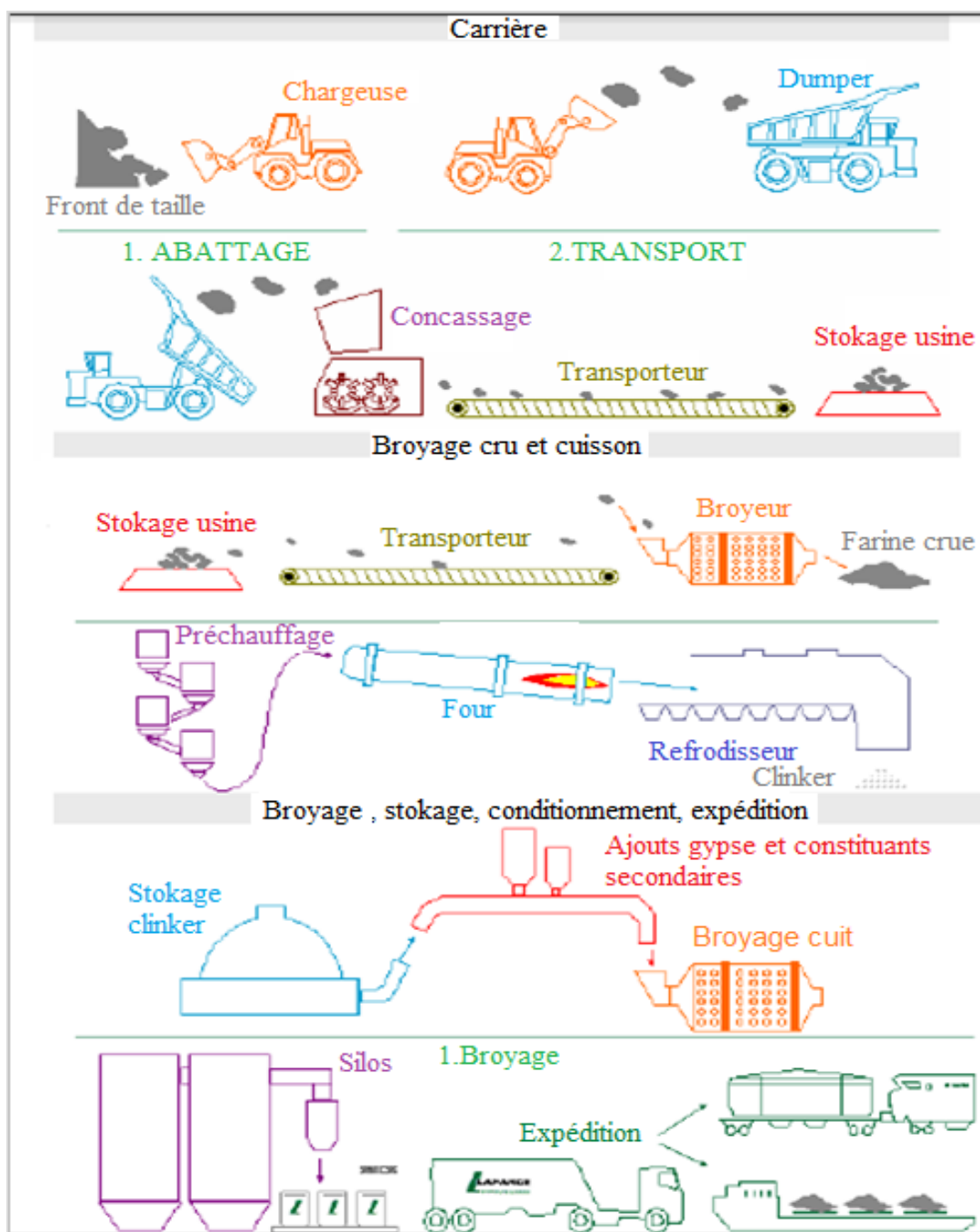


Figure 2 : Processus de fabrication du ciment

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'organisme d'accueil et le processus de fabrication de ciment, le chapitre suivant apportera une description détaillée du cahier de charges, et de la ligne BK5 qui fait l'objet de ce travail de fin d'étude.

Chapitre2

Contexte du projet

Introduction

Obtenir les résultats attendus et répondre aux exigences des responsables sont les atouts principaux de toute démarche efficace permettant d'obtenir des résultats tangibles.

Dans ce chapitre nous avons présenté le cahier des charges, la problématique du projet, la démarche suivie pour répondre au besoin de l'ensemble des parties prenantes du projet, le plan d'action ainsi une description détaillée du principe de fonctionnement des équipements de l'atelier concerné.

I. Cahier de charge

Sujet : « Implantation de la démarche TPM sur la ligne de Broyage BK5 »

1. Cadrage du problème

- ✓ **Qui :** LAFARGE Meknès représentée par son département maintenance,
- ✓ **Quoi :** Implantation de la démarche TPM (4 piliers de TPM),
- ✓ **Où :** Atelier de broyage BK5,
- ✓ **Quand :** Du 25/03/2015 au 22/05/2015,
- ✓ **Comment :** Analyser l'état actuel et mettre en place quatre piliers de la TPM,
- ✓ **Pourquoi :** Améliorer la maintenance, la productivité dans l'atelier du broyage BK5 tout en visant le ZERO ACCIDENT.

2. Problématique

La problématique de notre projet de fin d'étude peut être résumée sous forme des questions suivantes :

- Comment s'attaquer aux problèmes dus aux pertes de performance, manque de fiabilité des équipements, carences de l'organisation, méthodes et procédés utilisées ?
- Comment former le personnel de l'atelier sur le maintien des équipements et de rendre son milieu propre ?
- Comment travailler sans risques et quelles sont les préventions à prendre en compte ?

Le choix de la TPM est judicieux car cette démarche répond aux exigences de l'entreprise et permet de pallier aux problèmes indiqués par l'analyse de la problématique dans l'atelier de broyage BK5.

3. Les outils de développement à utiliser

Pour remédier à la problématique, nous proposons des méthodes de résolution et d'amélioration. Ces outils sont les suivants :

- ✓ **QOQCP** : Qui ? Quoi ? Où ? Comment ? Pourquoi ?
- ✓ **TRS** : Taux de rendement synthétique,
- ✓ **RCA** : Root Causes Analysis (arbre des causes racines),
- ✓ **MBF** : Maintenance Basée sur la Fiabilité,
- ✓ **AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leurs Criticités,
- ✓ **Leçon ponctuelle** : Outil de transmission de savoir-faire sur un point technique.

4. Les axes de déroulement de projet

- ✓ **Premier axe** : Analyse du TRS et identification des causes des problèmes détectés.
- ✓ **Deuxième axe** : Affichage des standards et amélioration du savoir-faire par une leçon ponctuelle et établissement d'un exemple de mode opératoire.
- ✓ **Troisième axe** : Mise à jour du plan de maintenance préventive en se basant sur la MBF.
- ✓ **Quatrième axe** : Discernement des risques liés à l'atelier de broyage et suggestion des préventives à tenir en compte ainsi qu'un mode opératoire concernant la sécurité.

5. Groupe de pilotage du projet

Le groupe de travail est composée de personnes qui représentent chaque fonction de l'entreprise afin d'aborder une mise à niveau selon différentes visions. Il s'agit d'impliquer les responsables de fabrication, de qualité et de bureau de méthode. Ce comité polyvalent va pouvoir évaluer l'ensemble des propositions d'améliorations présentées sous différentes approches. Le groupe de pilotage est le suivant :

Tableau 2: groupe de pilotage

Membres de l'équipe	Statut
- Mr.ATTINI Tarik	- Chef de département maintenance
- Mr.MAHFOUD Omar	- chef de bureau de méthode
- Mlles. EL BEQAL Asmae et EL BAY Hafsa	- porteuses du projet (stagiaires)
- Mr..FATIMIYouness	- visiteur Bureau de méthodes
- Mr.MOURAD Mohamed	- Chef d'équipe
- Mr.MANSOURI Khalid	- visiteur service procédé
- Mr.BOUHAMIDIMoulayrachid	- Responsable lubrification
- Mr..BOUAAYOUNEYouness	- service fabrication
- Mr. ECHCHTYTEH Said	- préparateur bureau de méthode
- Mr. NAJI Lachmi	- préparateur bureau de méthode

Rapport-Gratuit.com



6. Plan d'action du projet

Vu la durée limitée prévue pour la réalisation du projet, les 3 mois ont été répartis suivant 5 phases, le tableau suivant résume le planning du projet

Tableau 3: planning du projet

	Tâche		Durée (J)	Date début	Date fin
Phase 1	Phase d'intégration et définition du thème de projet		11	25/02	11/03
	A	Intégration dans la société	2	25/02	26/02
	B	Visite et maîtrise du processus de fabrication du ciment	8	27/02	10/03
	C	Définir le cahier de charge du projet	1	11/03	11/03
Phase 2	Phase de déploiement du premier pilier de TPM		14	12/03	31/03
	E	Recueil d'historique du broyeur BK5 et calcul du TRS de l'année 2014	7	12/03	20/03
	F	Étude des causes du problème détecté	5	23/03	27/03
	G	Élaboration des actions pour chasser les causes des pertes	2	30/03	31/03
Phase 3	Phase de déploiement du deuxième pilier de TPM		9	01/04	13/04
	H	Observation du terrain et établissement des étiquettes	1	1/04	01/04
	I	Traitement des anomalies	3	02/04	06/04
	J	Établissement d'un exemple d'affichage des standards, mode opératoire, leçon ponctuelle et check-list	5	07/04	13/04
Phase 4	Phase de déploiement du troisième pilier de TPM		23	14/04	15/05

	K	Choix des équipements critiques	2	14/04	15/04
	L	Étude AMDEC moyen	11	16/04	30/04
	M	Mise à jour du plan de maintenance préventive	10	04/05	15/05
Phase 5	Phase de déploiement du huitième pilier de TPM		5	18/05	22/05
	N	discernement des risques liés à l'atelier de broyage BK5	2	18/05	19/05
	O	Rassemblement des règles propre à l'atelier de broyage BK5	1	20/05	20/05
	P	Suggestion d'un mode opératoire concernant la sécurité	2	21/05	22/05

La figure suivante représente le diagramme Gant du projet :

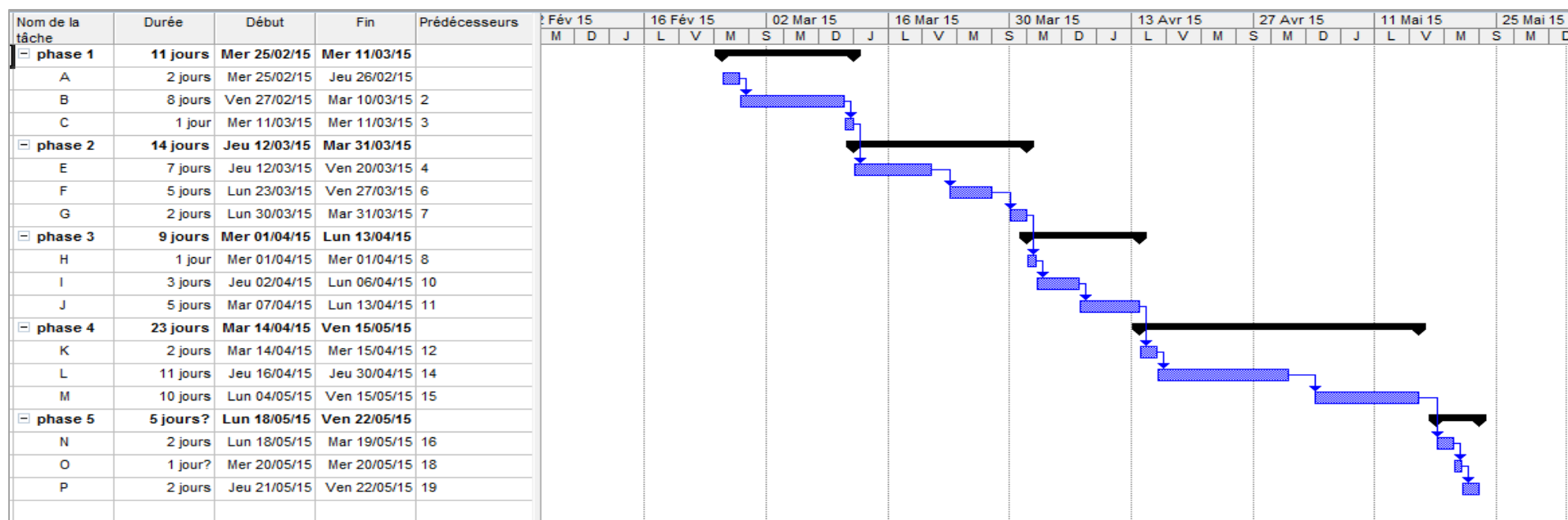


Figure 3: Diagramme Gant du projet

II. Présentation de l'atelier BK5 :

La figure ci-dessous rassemble les différents équipements présents dans l'atelier BK5 :

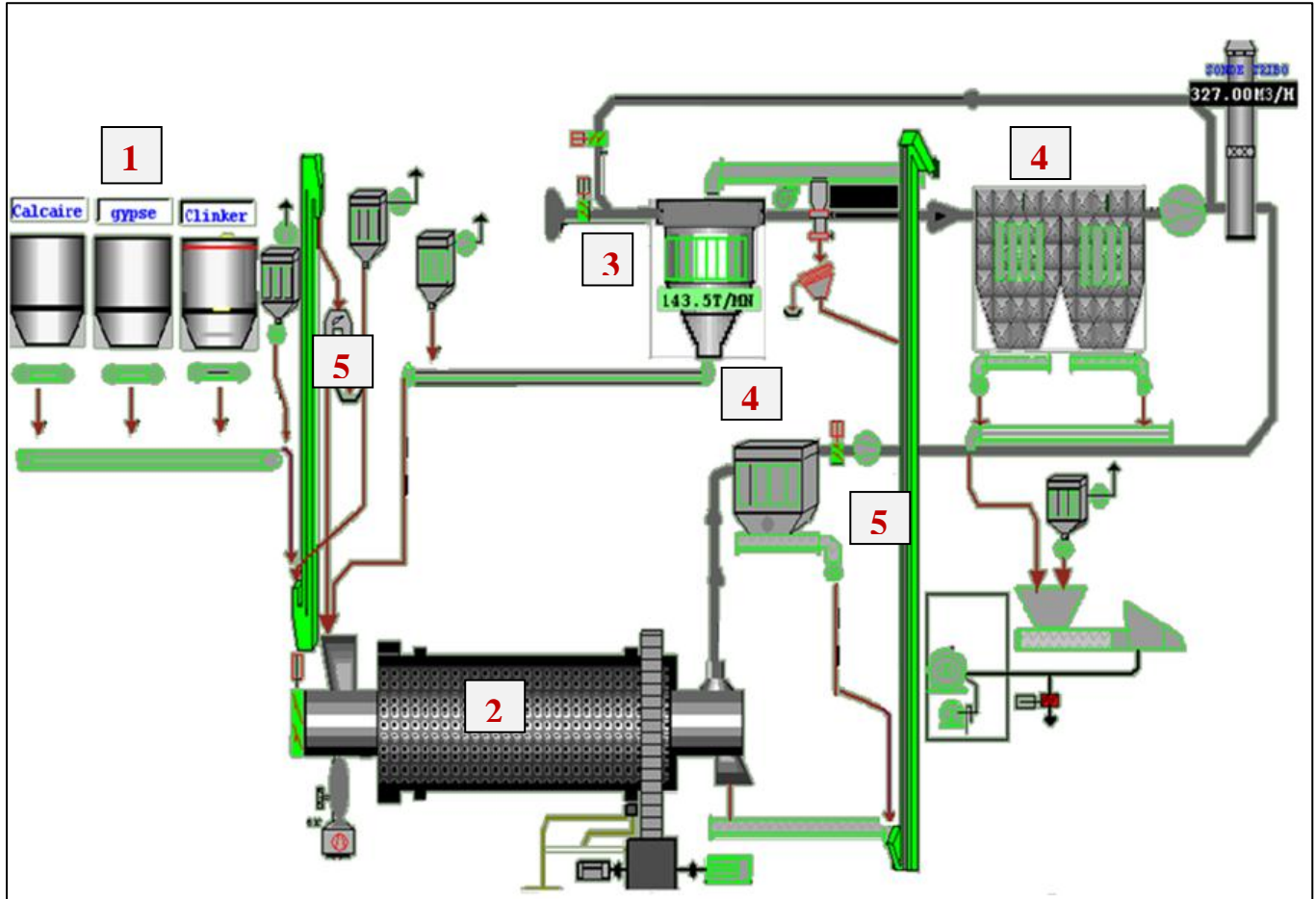


Figure 4: La ligne de broyage BK5

L'atelier BK5 représenté à la figure 5 se compose de :

➤ Doseur (1) :

Les doseurs sont des équipements d'alimentation pondéraux de la matière. Celle-ci est transportée sur une bande dont la vitesse est ajustée pour obtenir un débit de matière correspondant à une valeur de consigne. En règle générale, la bande transporteuse assure également l'extraction de la matière du silo d'alimentation.

➤ Broyeur (2) :

Le tube du broyeur est constitué de deux chambres séparées par une cloison intermédiaire.

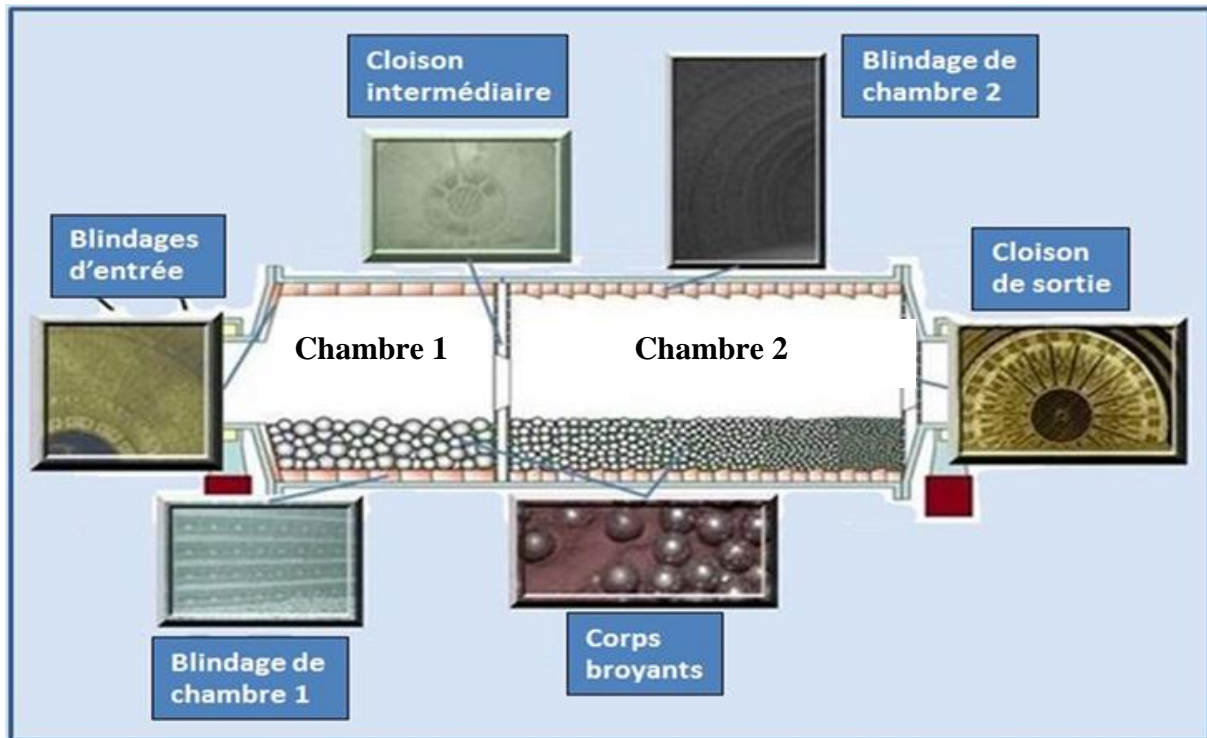


Figure 5: Broyeur Clinker

La première chambre réalise un concassage fin par choc entre les boulets, le broyage est effectué en éliminant les plus gros grains, cette chambre est relativement courte et remplie de boulets de gros diamètre.

La seconde chambre, quant à elle, réalise le broyage fin par attrition, elle est plus longue et ses boulets sont deux à trois fois plus petits que dans la première.

Entre les deux compartiments, la paroi intermédiaire, large de 500mm et avec une face avant pourvue de grilles amovibles résistant à l'usure permet le passage du produit à broyer tout en s'opposant à celui des corps broyant et en contrôlant l'écoulement de la matière grâce à la conception particulière des releveurs qui la composent. De même conception que la précédente, la paroi de sortie permet l'évacuation centrale du produit broyé.

Le broyeur à boulets tourne sur des patins qui assurent son positionnement et sa rotation, nécessaire pour le broyage de la matière. Deux paliers l'un à l'entrée du broyeur et l'autre à sa sortie supportent tout le poids à la fois du broyeur, de la charge broyant et de la matière à broyer, ces deux patins sont fabriqués en bronze pour supporter les températures élevées (90°C) conséquentes du frottement et de la température du clinker qui s'élève à 100°C, en plus des conditions difficiles créées par les poussières et le travail en continu du broyeur.

La lubrification de ces paliers est assurée par une centrale de lubrification pour faciliter la rotation du broyeur.

➤ Séparateur dynamique (3) :

Le séparateur dynamique mis en question est un séparateur de 3ème génération à haut rendement pour produits granuleux. La matière alimentée est amenée par le haut à travers la goulotte d'alimentation, avant de parvenir au centre du plateau dispersé où elle est, uniformément répartie dans la zone de séparation. La matière fine est séparée dans un filtre de dépoussiérage, alors que la matière grossière tombe vers le bas dans le collecteur de gruaux et elle est de nouveau reconduite dans le processus du broyage.

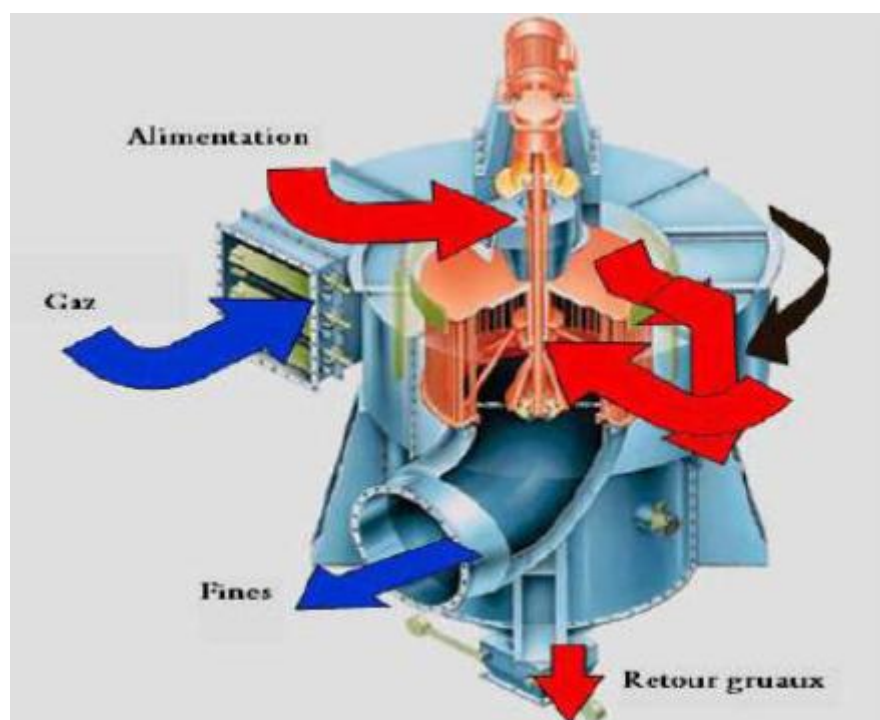


Figure 6: Séparateur dynamique

Le débit d'air nécessaire à la séparation est généré par un ventilateur de recyclage. Le produit à séparer est amené par l'alimentation matière sur le disque du rotor supérieur qui répartit la matière dans la zone de séparation. Sous l'influence des forces inertielles et d'écoulement, le produit à séparer est divisé en produits grossiers et fins. Le produit fini est convoyé par le débit d'air nécessaire à la séparation à l'aide du rotor de séparation dans des cyclones ou filtres de dépoussiérage, pour y être séparé.



La finesse du produit fini peut être réglée, sans interrompre la marche, par modification du régime du rotor de séparation (variation de la vitesse de rotation) et du volume d'air de séparation sur le ventilateur de recyclage. Par un ajustage supplémentaire de la couronne à pales en arc, des produits tout à fait différents peuvent être fabriqués.

➤ Filtre à manches (4) :

Ils sont situés en amont de séparateur dynamique, ces filtres, dits respectivement filtre broyeur et filtre séparateur, d'une capacité de 6500 m², ont pour fonction le dépoussiérage des gaz. Ils sont répartis en deux compartiments comportant chacun des manches.

Les gaz sont soit acheminés vers l'environnement extérieur, soit recyclés vers l'entrée du séparateur dynamique dans le cas du filtre séparateur. Quant aux poussières, elles peuvent être renvoyées soit au produit fini soit au pied de la boîte de sortie du broyeur.

➤ Elévateur à godet (5)

Un élévateur à godets entré est une installation assurant l'ascension de matières (calcaire, gypse, cendre volant, clinker) vers l'entrée du broyeur à l'aide des godets fixés à intervalles réguliers sur une chaîne.

Un élévateur à godet de sortie qui sert à acheminer la matière sortie broyeur vers le séparateur

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le cahier de charge de ce projet de fin d'étude et la description de l'atelier objet de l'étude, le chapitre suivant présentera des généralités sur la TPM, démarche à suivre pour l'amélioration continue de cet atelier.

Chapitre 3

Généralités sur la TPM

Introduction

Avant de présenter le travail effectué sur terrain, il s'avère nécessaire de mettre le point sur la TPM, ses objectifs et ses principaux piliers, tels sont les objets de ce chapitre.

I. Généralité sur la TPM

1. Origine de la TPM

La TPM a été mise en place dans les années 1970 par la société Nippon Denso, avec l'aide du cabinet JMA (Japan Management Association) au Japon.

Cette démarche était centrée sur l'amélioration du fonctionnement des équipements par l'amélioration de la fiabilité et de la disponibilité des machines, d'où sa connotation « maintenance ». Au fur et à mesure de l'extension de cette démarche au Japon et dans le reste du monde industrialisé, le succès aidant, le concept s'est élargi pour finalement, de nos jours, considérer la TPM comme une démarche de management performante que certains dénomment « terotechnologie¹ » [7].

2. Définition et caractéristique de la TPM

2.1 Définition

La TPM est un système global de maintenance productive dont le but est de réaliser le rendement maximum. Elle optimise la notion de durée de vie total/coût des installations en incluant l'ensemble des services de l'entreprise et plus particulièrement les études, la maintenance et la production. De même elle fait appel aux cercles pour une meilleure mobilisation sur le terrain. La hiérarchie se doit être totalement impliquée dans un tel projet [1].

Cette définition renferme au moins quatre idées fondamentales :

- Aspect culturel.
- Aspect participatif.
- Aspect auto-maintenance.

¹ Terotechnologie : terme utilisé par Denis Parker (expert en ingénierie de maintenance) pour qualifier une technologie synthétique comprenant le management, les finances, les techniques et méthodes opérationnelles, afin d'optimiser la gestion des biens « matériel ».

- Aspect économique.

2.2 Pour quoi fait-on de la TPM ?

Ces dernières années, les équipements sont devenus de plus en plus automatisés et sophistiqués. On peut même dire que se sont plus les équipements qui fabriquent les produits, que les hommes. On ne tolère plus ni les pannes ni les produits défectueux.

Le rôle des hommes est de mettre en œuvre une maintenance qui permet aux équipements de fonctionner normalement sans tomber en panne, ni générer des défauts.

Pour cela, il est indispensable que tout le monde y participe, tant le personnel des départements de production que celui chargé du développement des machines et des produits.

Les activités habituelles d'entretiens exercés principalement par le service de maintenance ne permettent plus de répondre à ces exigences.

Tous ceux qui s'occupent du fonctionnement des machines doivent penser à les protéger eux-mêmes, pour éviter les pannes et les défauts.

2.3 Enjeux de la TPM

La TPM permet de renforcer la culture d'entreprise par la double amélioration des performances des ressources humaines et des équipements.

➤ Améliorations des ressources humaines

- **Opérateurs** : capacité à réaliser la maintenance en groupe (auto-maintenance),
- **Homme de maintenance** : capacité à réaliser une maintenance de type productive maintenance.
- **Responsable d'exploitation** : capacité à réaliser un programme pour conduire des équipements sans pertes.

➤ Amélioration des équipements

Obtenir la performance par la remise en état et l'optimisation des équipements existants Concevoir des nouveaux équipements basés sur la durée de vie totale et augmentation de leur temps de fonctionnement [1].

2.4 Objectifs de la TPM

La TPM vise la performance des ressources de production et la création de valeur partagée. Elle a pour objectifs :

- 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.

II. Principes & piliers de TPM

1. Principes

La TPM est structurée autour de 5 principes [1] :

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 TRS 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 œuvre dans le pilier n°7 : application de la TPM dans les services fonctionnels.

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

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

2. Les 8 piliers de la TPM

Les 5 principes précédents expliquent les 8 piliers sur lesquels s'appuie la démarche TPM. Chaque pilier a sa propre stratégie qui implique une démarche spécifique ainsi que l'utilisation d'outils particuliers [1].

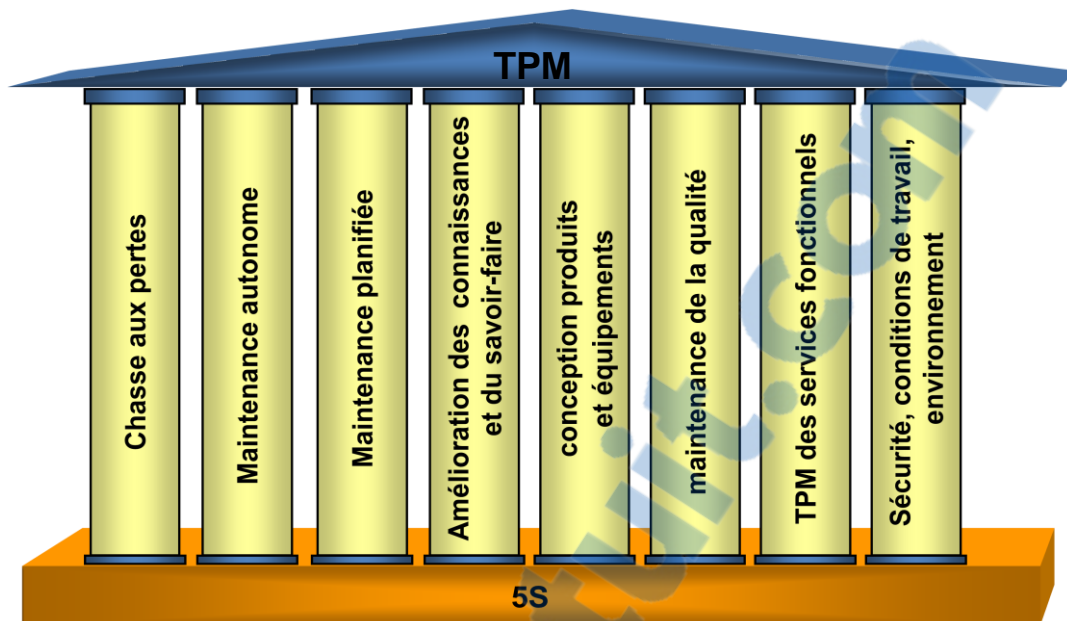


Figure 7: Maison de la TPM

Pilier n° 1 : la chasse aux pertes

Le premier pilier consiste à améliorer les équipements existants pour éliminer les pertes et favoriser la maintenabilité.

Il s'agit de créer des équipes de projet ou des groupes de travail qui analyseront toutes ces pertes, les qualifier puis mettre en place des objectifs, un plan d'actions et des indicateurs.

Pilier n° 2 : la maintenance autonome

Elle vise à **responsabiliser tous les acteurs de la production** et à les faire participer aux activités de maintenance de l'outil qu'ils ont la charge de piloter car grâce à leur contact étroit avec les équipements, ils peuvent détecter des anomalies, les corriger eux-mêmes ou les signaler au personnel de maintenance. Ainsi, ils **protègeront eux-mêmes leur propre machine**.

Pilier n° 3 : la maintenance planifiée

Elle comprend les activités menées selon un programme précis et assurées par le personnel de maintenance. Le but étant de réaliser les opérations qui conviennent afin de permettre à l'équipement de fonctionner sans problèmes pendant une période déterminée

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

L'application de la TPM requiert un personnel compétent. Par-dessus tout, le personnel de la production doit être formé à découvrir les anomalies. Ce qui veut dire qu'il doit apprendre à vérifier la qualité des produits et à surveiller le fonctionnement des équipements.



En outre, le personnel de maintenance doit être capable de réagir rapidement à des situations complexes.

Pilier n° 5 : conception produits et équipements

Ce pilier consiste à améliorer la conception des équipements nouveaux ou existants afin de réduire les pertes de rendement et les besoins de maintenance.

De plus, le personnel apprend beaucoup sur la qualité de conception des équipements en participant à leur correction et à leur amélioration.

Pilier n° 6: maintenance de la qualité

La maîtrise de la qualité permet d'assurer le **Zéro défaut** par la prévention. Elle consiste à maintenir la perfection des équipements pour obtenir la qualité des caractéristiques critiques des produits.

Les paramètres influençant la qualité sont identifiés et mesurés systématiquement pour vérifier que leurs variations restent à l'intérieur des plages autorisées évitant ainsi l'apparition de défauts.

Pilier n° 7 : TPM des services fonctionnels

La TPM est un processus qui doit être **piloté en relation avec les autres processus** du Système de Management de la Qualité (Ressources Humaines, Pilotage, Amélioration, Contrôle de gestion, Logistiques...). Elle permet d'élargir le champ d'étude de la problématique de maintenance à l'ensemble des processus administratifs de l'entreprise afin de maintenir et d'améliorer leur efficacité.

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

Ce dernier pilier vise le **Zéro accident**. Il consiste à établir un système de management de la santé et de la sécurité au travail pour éliminer ou réduire au minimum les risques pour le personnel et les autres parties intéressées.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons définis la démarche utilisée, ses objectifs, ses principes, et ses piliers. Le chapitre suivant, portera sur une analyse d'ensemble des pertes intervenant lors de la production, qui seront mesurées à partir de l'indicateur TRS.

Chapitre 4

Pilier 1 : amélioration au cas par cas

Introduction

Ce pilier est appelé par le JIPM « Amélioration au cas par cas » ou « Chasse aux pertes », il consiste principalement à identifier les pertes, à savoir leurs sources et à mettre en œuvre des actions afin d'atteindre l'efficacité maximale des équipements.

La TPM propose un outil pertinent permettant de suivre et de lister de manière détaillée l'ensemble des pertes intervenant lors de la production : le TRS ou Taux de Rendement Synthétique.

Dans ce chapitre, nous avons exploité l'historique de l'année 2014 pour calculer le TRS à partir des taux de qualité, performance et disponibilité de chaque mois, puis on a identifié le TRS minimal, ensuite nous avons appliqué une méthode d'amélioration continue pour l'identification et la résolution des problèmes racines en proposant un plan d'action adéquat.

1. Mode de calcul du TRS

Le TRS est le seul indicateur qui tient compte de tous les paramètres qui affectent la productivité d'un équipement.

La méthode de calcul la plus courante est la suivante [3]:

$$\text{TRS} = \text{Taux de disponibilité} \times \text{Taux de performance} \times \text{Taux de qualité}$$

Avec :

➤ **Le taux de disponibilité TD** : il évalue la disponibilité réelle de la machine au cours d'un cycle de production et traduit ainsi le taux d'occupation de la machine, sa formule de calcul est la suivante :

$$\text{TD} = \frac{\text{temps brut de fonctionnement}}{\text{temps requis}}$$

Pour notre cas le **temps d'ouverture = temps totale = 24h/j**

Temps requis A = temps d'ouverture – arrêts programmés

Temps brut de fonctionnement B = temps requis – arrêts non programmés

➤ **Le taux de performance TP** : il permet de comparer les cadences réelles constatées en atelier, par rapport aux cadences théoriques machines fournis par le constructeur. la formule de calcul est la suivante :

$$TP = \frac{\text{temps net de fonctionnement}}{\text{temps brut de fonctionnement}}$$

Temps net de fonctionnement C = production × Cycle théorique

➤ **Le taux de qualité TQ** : il permet d'évaluer la qualité de production de la machine.

$$TQ = \frac{\text{production} - \text{production non conforme}}{\text{production}}$$

Ou

$$TQ = \frac{\text{temps utile}}{\text{temps net de fonctionnement}}$$

Temps utile D = temps net de fonctionnement - non qualité

Finalement, le TRS se calcule par :

$$TRS = \frac{\text{temps utile}}{\text{temps requis}}$$

La figure suivante présente les différents composants de TRS :

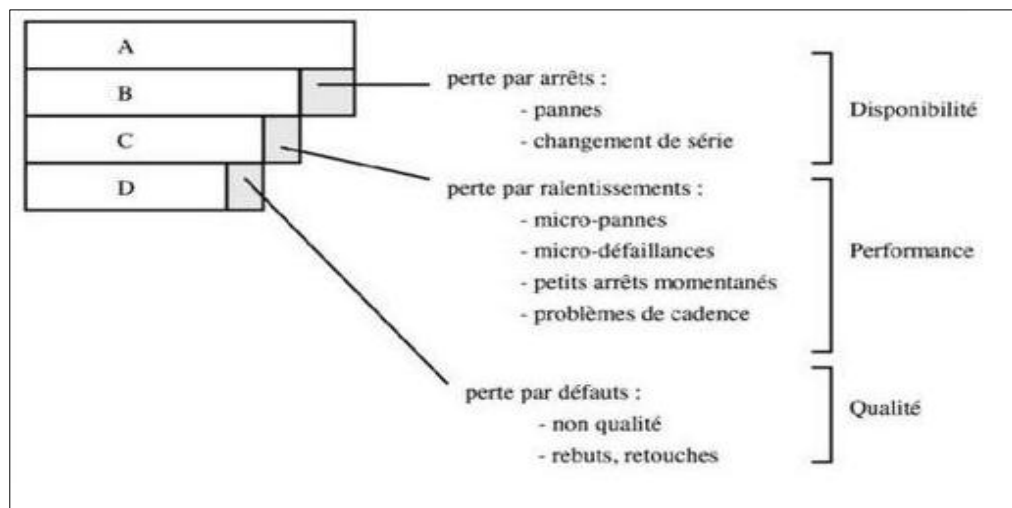


Figure 8: Décomposition du TRS

2. Les causes de pertes d'efficacité

L'écart entre la production réalisée et la production planifiée est dû à un ensemble de pertes d'efficacité du système de production.

La TPM dénombre 16 causes de ces pertes [1]. Elles concernent la performance :

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

Elles ont pour origines :

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

➤ Pertes dues au manque de fiabilité

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

Ces pertes concernent les arrêts dus aux :

- Arrêts programmés : il s'agit des arrêts incontournables pour une bonne utilisation des équipements tel que les opérations de :
 - nettoyage
 - maintenance préventive
 - maintenance 1^{er} niveau exécutée par les opérateurs,
 - modification des équipements et essai suite modification
- Pannes : elles correspondent à la disparition ou la dégradation de la fonction attendue. On assimile aux pannes, les dépassements des temps programmés de maintenance préventive, dépassement des temps alloués ou réalisation d'interventions urgentes ou planifiées
- Réglages : Le temps où la machine ne produit pas suite à un réglage des paramètres à cause de non-respect des paramètres standards ou si la machine n'est pas «capable» (ne garde pas les paramètres standards).
- Démarrages : le démarrage ou le redémarrage d'une installation peut demander un temps de chauffe, de marche à vide et parfois même la fabrication de pièces non-



conformes, ces pertes donc correspondent donc à des minutes perdues, la matière perdue devra être valorisée dans l'inventaire de pertes

- Marche à vide : la marche à vide peut être due à un manque d'alimentation de la machine
- Micro arrêt : ils peuvent être, soit des arrêts visibles mais volontairement non enregistrés soit des défauts de cycle de durée très faible mais répétitifs
- Sous vitesse : à la suite de problèmes de qualité ou de fiabilité la machine peut être réglée volontairement à une vitesse inférieure à sa cadence nominale
- Non qualité : les rebuts peuvent représenter des temps machine perdus mais aussi des pertes matière

➤ **Pertes dues aux carences de l'organisation**

- Changement de fabrication : c'est le temps perdu de la dernière pièce bonne fabriquée de l'ordre de fabrication qui se termine jusqu'à la première pièce d'un nouvel ordre de fabrication.
- Activité de l'opérateur : des écarts entre temps réel de production et temps standard existent du fait :
 - l'habileté de l'opérateur
 - sa formation et son savoir faire
 - la qualité des modes opératoires
 - l'assiduité de l'opérateur
- Déplacement-manutention : le choix d'un emplacement de stockage des matières premières ou des pièces fabriquées peut créer une manutention ou manipulation supplémentaire et donc une perte de temps opérateur et/ou machine.
- Organisation du poste : il arrive assez fréquemment qu'un opérateur ait à conduire plusieurs machines. Dans ce cas lorsqu'une machine nécessite une intervention particulière de sa part la ou les autres machines peuvent être en attente d'une intervention.
- Défaut logistique : il s'agit de toutes les pertes créées par les attentes de :
 - matières premières, fournitures
 - outillages
 - moyens de manutention
 - main d'œuvre (retard à la prise de poste)
- Excès de mesures :

- mauvaise organisation du contrôle
- contrôles rapprochés dus au manque de confiance dans le procédé
- attente feu vert qualité
- Manque de charge – blocage amont ou aval

➤ **Pertes dues aux méthodes et procédés**

Ces pertes ne peuvent pas toujours entrer directement dans le calcul du TRS; elles correspondent aux :

- Rendement matériaux : ce sont les pertes de matière qui s’expriment par le rapport :
Quantité matières achetées/Quantité matières vendues dans le produit fini
- Rendement énergétique : exprimé soit par rapport à une valeur théorique, soit par comparaison avec d’autres procédés ou d’autres ateliers.
- Surconsommations d’outillages et de fournitures :
 - casses ou usures prématurées des outillages,
 - consommations excessives d’huile de coupe ou de lubrifiants
 - surcoût des outillages : le mauvais état ou le non-respect des conditions normales d’utilisation de l’équipement oblige l’entreprise à utiliser des outils ou outillages de caractéristiques plus élevées que nécessaire.

3. Calcul du TRS de l’année 2014

Le tableau suivant représente les données de TRS d’atelier de broyage BK5 pour l’année 2014 [4] :

Tableau 4: calcul du TRS sous Excel

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Temps d'ouverture (h)	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
Total des arrêts non programmés (h)	14,75	10,84	11,51	7,42	14,42	7,41	4	6,92	9,66	10,16	10,49	5,83
Total des arrêts programmés (h)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Production (t)	47211	31409	55408	57796	56783	51753	23903	52528	57772	44740	49691	49025
Débit théorique (t/h)	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Débit réel (t/h)	80,49	84,81	90,56	86,59	88,85	88,55	88,53	86,8	86,51	86,59	83,55	86,9
nbre de non-conformité	8	14	3	0	0	0	0	0	2	4	6	12
Equivalent de non-conformité en (h)	8	14	3	0	0	0	0	0	2	4	6	12
Temps requis(h)	716	644	716	692	716	692	716	716	692	716	692	716
Temps brut de fonctionnement (h)	701,25	633,16	704,49	684,58	701,58	684,59	712	709,08	682,34	705,84	681,51	710,17
Temps net de fonctionnement (h)	513,16	341,40	602,26	628,22	617,21	562,53	259,82	570,96	627,96	486,30	540,12	532,88
Taux de disponibilité	0,9794	0,9832	0,9839	0,9893	0,9799	0,9893	0,9944	0,9903	0,9860	0,9858	0,9848	0,9919
Taux de performance	0,7318	0,5392	0,8549	0,9177	0,8797	0,8217	0,3649	0,8052	0,9203	0,6890	0,7925	0,7504
Taux de qualité	0,9844	0,9590	0,9950	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9968	0,9918	0,9889	0,9775
TRS	0,7055	0,5084	0,8370	0,9078	0,8620	0,8129	0,3629	0,7974	0,9046	0,6736	0,7718	0,7275

Les figures 10 et 11 illustrent l'évolution du TRS et ses trois composants pendant l'année 2014 :

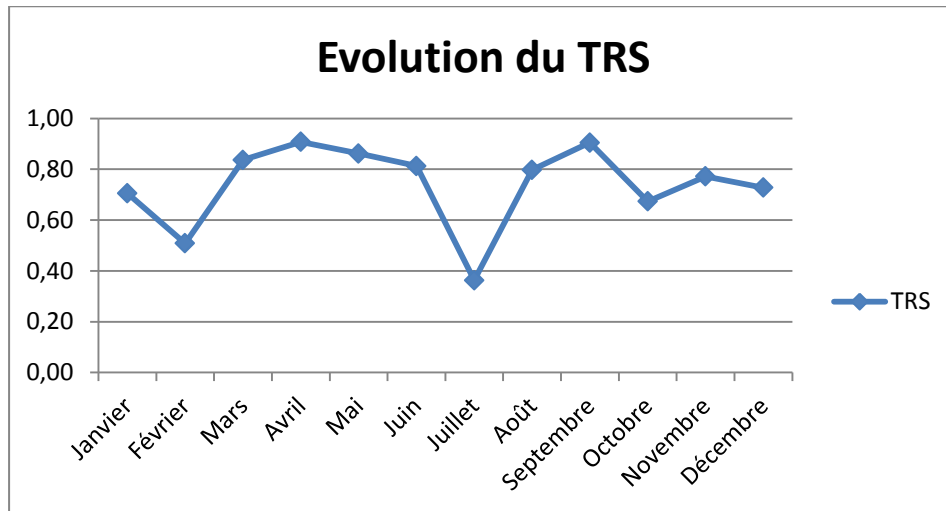


Figure 9: Suivi du TRS

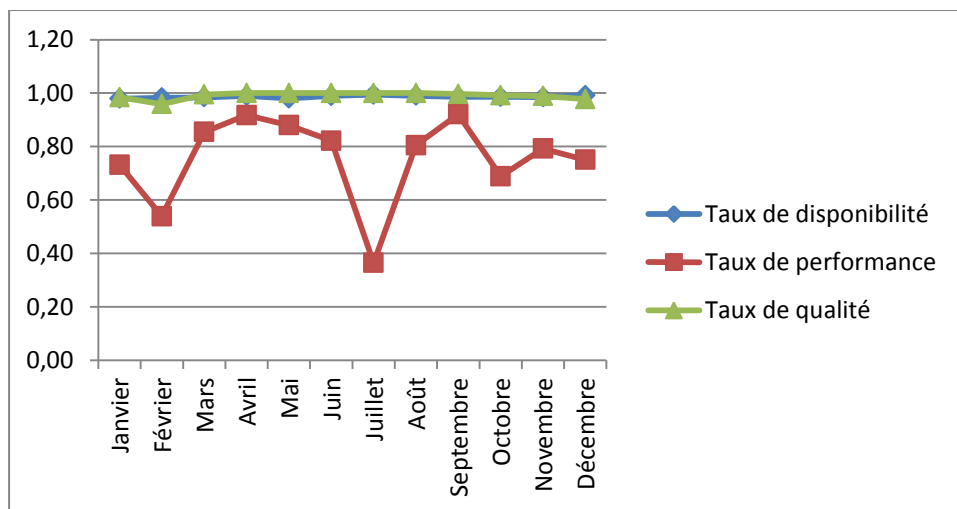


Figure 10: Suivi des indicateurs

→ D'après les graphes ci-dessus on constate une baisse de TRS durant le mois 7, et à partir de l'analyse de ses trois composants on peut voir que cette baisse est due à une diminution du taux de performance ce qui se traduit par une chute de débit dans l'atelier BK5.

4. Analyse du problème de la chute de performance

Vu la nature du projet visant l'amélioration continue de l'usine, la démarche RCA s'est apparue plus adéquate pour traiter ce genre du problème.



4.1 La méthode RCA

La méthode de l'arbre des causes racines est une technique déductive dite descendante (top-down), qui part d'un phénomène (ou un événement critique) pour en comprendre les causes et qui s'appuie sur un certain nombre de principes et de règles.

La puissance de cette technique réside dans sa capacité de décomposer un phénomène (Top event) en une séquence de causes élémentaires, ce qui permet à l'analyste de faire adopter des mesures préventives en rapport avec ces causes et ainsi de réduire la probabilité de réapparition de ce phénomène.

Les objectifs de la méthode sont doubles :

- Définir les combinaisons d'événements qui peuvent conduire à une situation indésirable,
- Représenter graphiquement ces diverses combinaisons au moyen d'un graphe arborescent.

Cette démarche est composée de 4 étapes ordonnancées :

- ✓ Définir le problème,
- ✓ Créer l'arbre des causes,
- ✓ Analyser les causes racines,
- ✓ Chercher des solutions pour assurer l'efficacité.

4.2 Application de la méthode RCA

Définir le problème

Pour bien guider la recherche d'informations relatives au problème détecté, nous avons répondu aux questions regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Description du problème

USINE CIMENT LAFARGE MKS	Chute de performance de la ligne	Le 05/03/2014
Quoi	Chute de débit	
Quand	Juillet de l'année 2014	
Qui	Equipe de travail	
Comment	Calcul TRS	
où	Ligne de broyage 5	

Créer l'arbre des causes

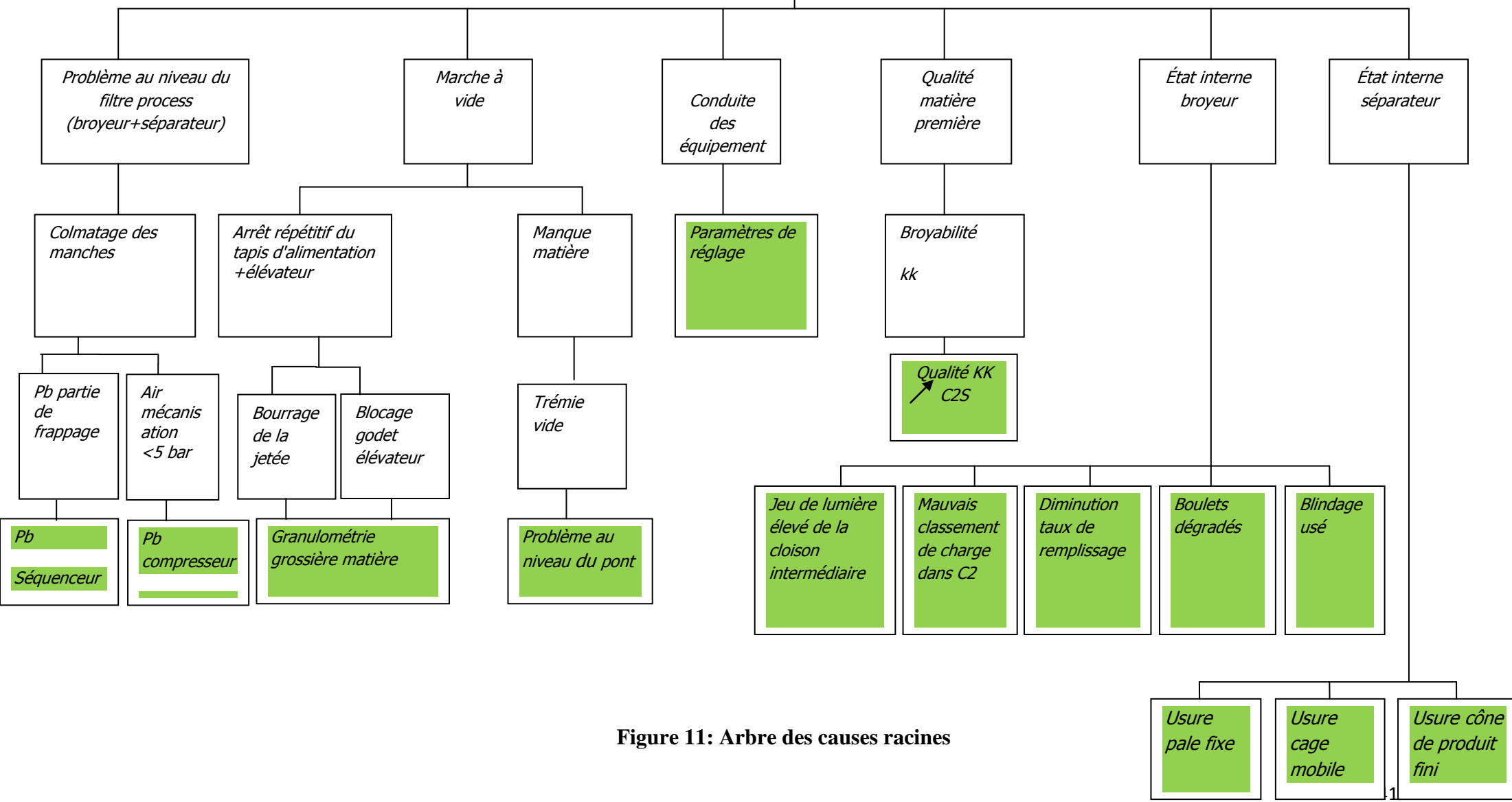


Figure 11: Arbre des causes racines

Analyse des causes racines

➤ **Jeu de lumière de cloison double**

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs mesurées du jeu de lumière dans les grilles centrales et internes de la cloison double [4] :

Tableau 6: Mesure des jeux de lumière de cloison double

Année 2014		grille centrale	Grille interne	Valeur préconisé : 6-8mm
	03/03/2014	8,5-9mm	6,5mm	
	28/03/2014	8,5-10mm	6-6,5mm	
	17/04/2014	9-9,5mm	6,5-7mm	
	02/05/2014	9-9,5mm	6,5-7mm	
	10/06/2014	9-9,5mm	6,5-7mm	
	18/07/2014	10mm	7mm	
	02/09/2014	10mm	7mm	
	01/10/2014	10mm	7mm	
	13/10/2014	10mm	7mm	
	17/12/2014	11,5mm	8,5-9mm	

En analysant les jeux de lumière des cloisons doubles on constate que les valeurs mesurées pour la grille centrale sont largement supérieures à la valeur préconisée à partir du mois 7 ce qui favorise un passage rapide de la matière de grande granulométrie dans le second compartiment conduit à un bourrage du broyeur.

➤ **Broyabilité de clinker**

C₂S (silicate bicalcite) est le composant principal influençant la broyabilité du clinker, d'après le service procédé le pourcentage de C₂S doit être limité entre 16% et 27%, si son pourcentage n'est pas inclus dans cet intervalle, le clinker sera difficile à broyer.

Le tableau ci-dessous illustre le pourcentage de C₂S durant l'année 2014 :

Tableau 7: Pourcentage de C₂S durant l'année 2014

Mois	%C ₂ S
Janvier	15,67
Février	16,47
Mars	12,75
Avril	18,22
Mai	17,62
Juin	17,64
Juillet	16,01
Août	16,89
Septembre	16,55
Octobre	18,19
Novembre	16,51
Décembre	18,66

Selon le tableau précédent, le clinker était facile à broyer durant toute l'année, car le pourcentage de C₂S n'a pas dépassé 27%.

➤ **Taux de remplissage**

Le tableau suivant présente les taux de remplissage des boulets du premier et second compartiment pour le mois Juillet.

Tableau 8: Taux de remplissage des chambres C1 et C2

Chambre	Ø BOULETS	TONNAGE	Taux de remplissage :	Valeur cible :
	Chambre C1	90,0 mm		
80,0 mm		13,00 t		
70,0 mm		10,00 t		
60,0 mm		9,00 t		
Chambre C2	50,0 mm	5,00 t	32,1 %	28,0 %
	40,0 mm	7,00 t		
	30,0 mm	15,00 t		
	25,0 mm	34,00 t		
	20,0 mm	68,00 t		

On constate que le taux de remplissage du C1 au mois de juillet est inférieur à la cible ce qui provoque un mauvais broyage et par conséquent blocage de la matière dans le 1^{er} compartiment. Tandis que dans C2 le taux de remplissage est plus élevé que la cible ce qui entrainera des chocs boulets/boulets sans apporter de broyage tout en favorisant la détérioration du matériel.

➤ **Analyse état séparateur**

D'après le rapport visite séparateur BK5 le 30/06/2014 [4], nous avons constaté ces anomalies :



La cage mobile en bon état



Un trou dans la gaine intérieure de produit fini



➤ **Etat des blindages (mesure de l'usure du blindage releveur de la 1ère chambre)**

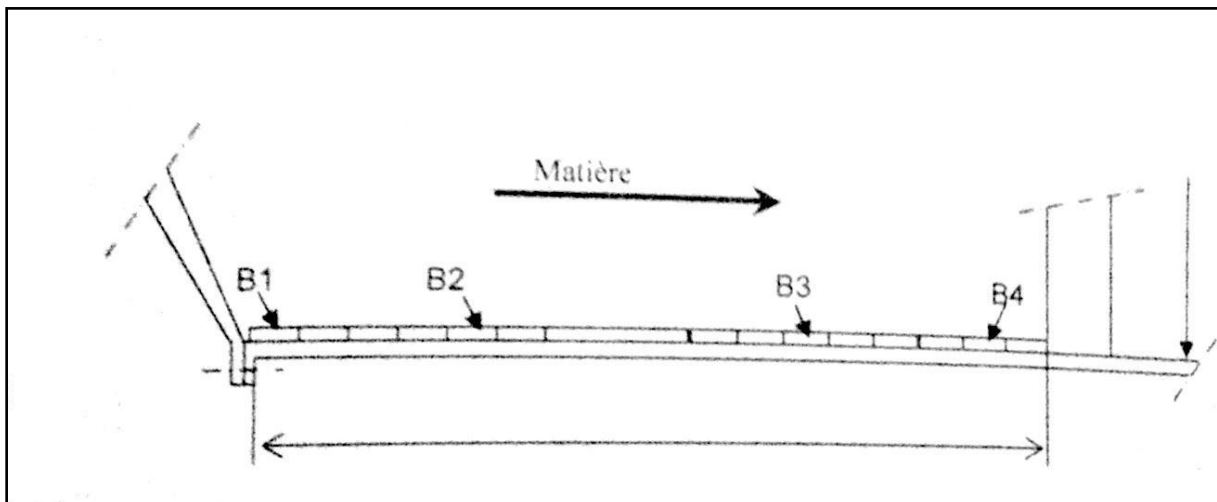


Figure 12: Dessin du blindage releveur de la 1ère chambre

Pour évaluer l'état du blindage, nous avons comparé l'état des cotes de référence avec celui actuel sur des différents points de mesure.

Le tableau suivant présente les mesures du cote des blindages [4] :

Tableau 9: Mesure du cote des blindages

Point de mesure	B1	B2	B3	B4	B5	commentaires
cote de référence (mm)	70	70	70	70	70	Valeur initiale de la cote blindage
Valeur d'alarme (mm)	35	35	35	35	35	Valeur de remplacement du blindage
05/02/2014	38	61	62	62	62	Présence des blindages dont la cote aux points de mesure B1, B2, B3, B4 et B5 sont supérieure à la valeur d'alarme
17/04/2014	37	57	60	60	60	Présence des blindages dont la cote aux points de mesure B1, B2, B3, B4 et B5 sont supérieure à la valeur d'alarme
15/06/2014	37	56	59	60	60	Présence des blindages dont la cote aux points de mesure B1, B2, B3, B4 et B5 sont supérieure à la valeur d'alarme
18/07/2014	32	54	59	60	60	Présence des blindages dont la cote au point de mesure B1 est inférieure à la valeur d'alarme
27/09/2014	20	53	58	58	60	Présence des blindages dont la cote au point de mesure B1 est inférieure à la valeur d'alarme
01/11/2014	19	52	56	56	58	Présence des blindages dont la cote au point de mesure B1 est inférieure à la valeur d'alarme

➔ D'après le tableau, nous constatons qu'à partir du mois juillet l'état du blindage s'est dégradé au point de mesure B1.

➤ **Etat des boulets :**

D'après le rapport visite broyeur BK5 le 30/06/2014 [4], nous avons constaté l'état usé des boulets dans C1 et l'état très dégradé de la charge du C2.

Cet état dégradé des boulets influence directement sur la broyabilité de la matière donc bourrage des deux compartiments et par conséquence une chute de débit.



Mauvais état de la charge C1 (usure)

Présence des boulets dont Ø varie entre 12mm et 14mm

➤ **Granulométrie**

Le tableau suivant présente les valeurs du d_{80}^2 des différents composants du ciment [4] :

Tableau 10: Valeurs du d_{80} des différents composants du ciment

Composant ciment	Clinker	Calcaire	Gypse
Valeurs standards	$d_{80} < 15 \text{ mm}$	$d_{80} < 25 \text{ mm}$	$d_{80} < 45 \text{ mm}$
d_{80} calculé	3,74 mm	12,11 mm	39,28 mm

➔ La vérification du d_{80} du clinker, calcaire et gypse a montré que les valeurs de ce dernier sont largement inférieure par rapport aux valeurs standards c'est-à-dire que l'alimentation du broyeur est très fine ce qui peut gêner la broyabilité de la matière dans le 1^{er} compartiment à cause de circulation de cette dernière entre les boulets seulement sans avoir la possibilité de passer au 2^{ème} compartiment à l'aide des blindages releveurs existants dans C1.

➤ **Synthèse**

Après avoir analysé les causes de la chute de débit, il est nécessaire d'identifier celles responsable de ce problème par la détection de l'écart entre la condition cible et l'état existant.

Le tableau suivant présente la synthèse de cette analyse :

² d_{80} : la dimension d'une maille carrée laissant passer 80 % de la masse des particules.

Tableau 11: Analyse des causes racines

Causes racines	Condition cible	Conformité	Méthode	Anomalie à traiter
Jeu de lumière de cloison double	6-8mm	Non OK	Mesure des grilles	×
compresseur	Bon état	OK	visuelle	
Clinker dur à broyer	$16 \leq C2S \leq 22$	OK	Analyse chimique	
Taux de remplissage	C1 : 28% C2 : 28%	Non OK	Mesure des boulets	×
Séquenceur	Bon état	OK	visuelle	
Etat séparateur	Bon état	Non OK	visuelle	×
Etat des blindages	cote de référence =70mm	Non Ok	Mesure des cotes	×
Granulométrie	d80 KK < 15mm d80 calcaire < 25mm d80 gypse < 45mm	Non OK	Analyse granulo alimentation	×
Etat des boulets	Ø BOULETS C2 : 50mm 40mm 30mm 25mm 20mm	Non OK	visuelle	×
Paramètre de réglage	Consigne respectée	Ok	Visuelle (pilote par le logiciel Lucie)	
Classement de charge dans C2	Bon état de blindage classant	OK	Visuelle	

Chercher les solutions

➤ **Plan d'action**

Afin de remédier aux anomalies décelées, il est nécessaire de mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre la chute de débit.

Tableau 12: Plan d'action

Action	Responsabilité	Délai
Remplacer les grilles centrales de la cloison double	BM	Prochain arrêt programmé
Optimiser le taux de remplissage des boulets selon la cible	BM	Prochain arrêt programmé
- Réparation gaine produit fini -Remise en état de la pale fixe	Service procédé	1mois
Remplacer les blindages de la 1 ^{ère} chambre avant de dépasser la valeur d'alarme (Valeur d'alarme=35mm)	Service mécanique	1 jour
Revoir les paramètres de cuisson avec les responsables du four	Service procédé	1 jour
Une étude approfondie des causes d'arrêt d'alimentation broyeur	BM	2 jours
Tri de la charge et remplacement des boulets usés	FAB	Prochain arrêt programmé

Conclusion

A la lumière de calcul du TRS de l'année 2014, nous avons pu mettre le point sur les causes racines du problème détecté et établir un plan d'action à mettre en place lors de l'apparition de ce même problème.

Le chapitre suivant aura pour objet la contribution à la construction du pilier 2 de la démarche TPM.

Chapitre 5

Pilier 2 : maintenance autonome

Introduction

On ne peut dire qu'une entreprise applique la TPM si l'auto-maintenance n'y apparaît pas. La réussite de la politique TPM passe nécessairement par une bonne acceptation de l'auto-maintenance par le personnel.

A ce propos, nous allons aborder la notion d'auto-maintenance, basée sur la méthode 5S, par la description de l'état actuel du milieu et de définir des standards de maintenance afin de faire participer les opérateurs eux même à la suppression des dégradations forcées.

I. Définition de la maintenance autonome

L'auto-maintenance consiste à confier aux opérateurs, en plus de leurs tâches de production une partie de la maintenance de leurs machines. Cette maintenance est surtout de type nettoyage, surveillance et réglages de la machine. L'opérateur se voit confier de nouvelles responsabilités et devra être formé à ses nouvelles tâches de maintenance [1].

L'enjeu d'une telle démarche est double. Elle va permettre, d'une part, d'augmenter la disponibilité de l'outil, d'autre part de valoriser le travail des opérateurs.

II. Objectifs de la maintenance autonome

Ce pilier a pour objectifs de :

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

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

- ✓ Respecter strictement les conditions de base et les conditions opératoires.
- ✓ Verrouiller complètement et définitivement les causes de dégradations forcées des équipements
- ✓ Découvrir les dégradations en surveillant l'aspect de leur machine et en détectant les changements dans son comportement,
- ✓ Comprendre la relation entre l'état de l'équipement et la qualité obtenue,
- ✓ Participer au KAIZEN des ressources de production,

- ✓ Améliorer leurs compétences et leur savoir-faire relatifs aux modes opératoires, aux techniques d'inspection, de montage et de réglage,
- ✓ Réaliser des opérations simples de maintenance.

III. Les axes de travail

Pour la mise en place de ce pilier nous avons travaillé sur 2 axes, dont chacun comporte des étapes à suivre.

La figure suivante illustre les 2 axes abordés :

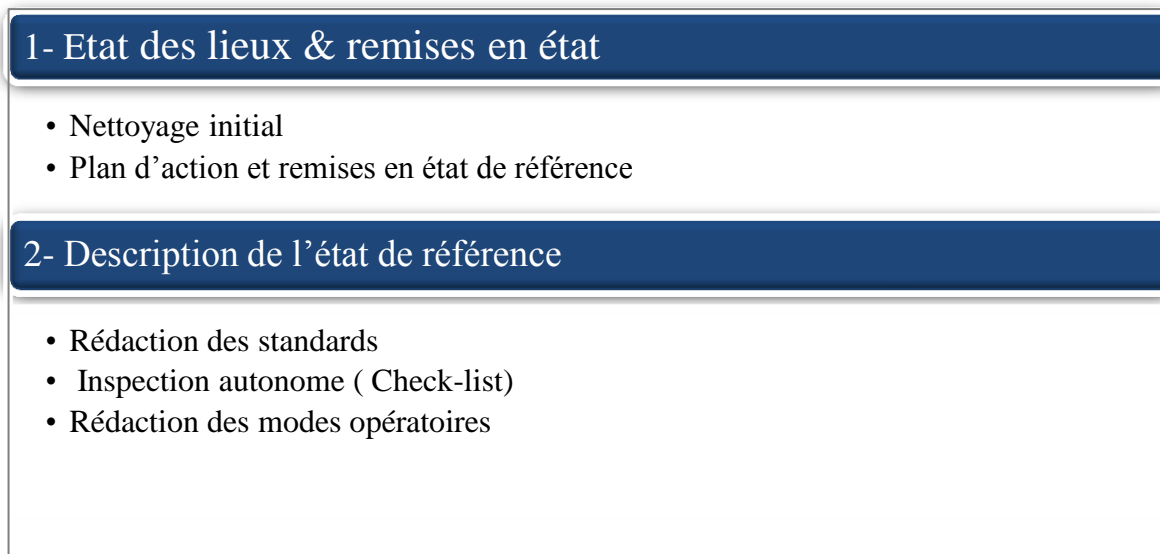


Figure 13: Les axes de travail

1. État des lieux et remises en état

1.1 Nettoyage initial

Le nettoyage initial c'est l'inspection générale et le nettoyage de l'équipement, c'est une action essentielle du lancement de la maintenance autonome. Elle a pour but de détecter les anomalies, les sources de salissures et les zones difficiles d'accès.

L'application du nettoyage initial correspond à l'application de la démarche 5S dont nous avons poursuivi ses trois premières étapes (se débarrasser, ranger, nettoyer) et en repérant les anomalies détectées par des étiquettes.

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



1.2 Définition des 5 S

La démarche 5S est le point de départ et la base de la TPM. C'est de sa réussite dont dépend le développement de l'amélioration continue et le succès de l'activité sur le résultat de l'usine [2].

Tableau 13: Significations et objectifs des 5S

Etape		Signification	Objectif
Seiri	Débarrasser	Séparer le nécessaire de l'inutile	Pour avoir un regard plus clair sur l'environnement de travail
Seiton	Ranger	Disposer les objets de façon à pouvoir trouver ce qu'il faut quand il faut.	Améliorer l'efficacité et Augmenter la productivité en éliminant le temps perdu.
Seiso	Nettoyer	Eliminer les déchets et les sources de salissures pour une propreté irréprochable	Comprendre que nettoyer c'est détecter plus rapidement les dysfonctionnements.
Seiketsu	Standardiser	Définir des règles communes au secteur 5S, à partir des résultats acquis.	Mettre en place des règles de management pour que les 5S deviennent une habitude.
shitshuke	Contrôler	Faire participer tout le monde par l'exemplarité	Changer les comportements de chacun en recherchant l'amélioration permanente.

1.3 Détection des anomalies

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

Utilisation d'étiquettes

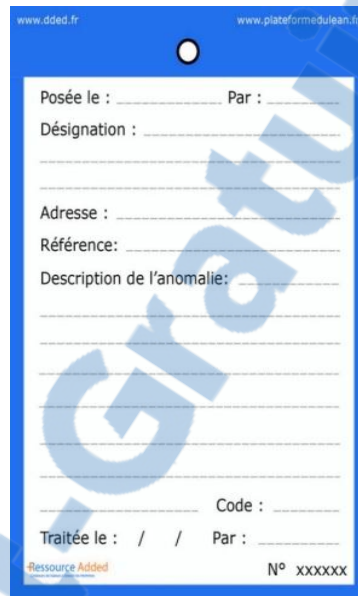
Nous avons adopté dans cette partie un outil visuel simple et efficace pour l'identification des anomalies, c'est l'étiquette.

Cette méthode :

- fait prendre conscience à tous (opérateurs, techniciens maintenance mais aussi encadrement et direction) de l'écart entre l'état actuel de l'équipement et son état normal,

- démontre que si l'on veut voir les vrais problèmes il faut commencer par retrouver cet état normal.
- rend immédiatement visibles par tous les anomalies détectées, en particulier par les opérateurs des différentes équipes postées,
- définit ce que l'on attend de l'équipement et donc une première approche de sa normalité.

La figure suivante illustre un modèle d'étiquette :



www.dded.fr www.plateformedullean.fr

Posée le : _____ Par : _____

Désignation : _____

Adresse : _____

Référence: _____

Description de l'anomalie: _____

Code : _____

Traitée le : / / Par : _____









Ressource Added N° XXXXXX





Figure 14: Modèle des étiquettes

1.3.1 Observation terrain et recueil d'anomalies

Lors de la visite du chantier, on a mis des étiquettes sur tout ce qui paraît anormal, le constat d'anomalies trouvées sur les différents équipements de l'atelier est comme suit :

Tableau 14: Constat d'anomalies

			
<p>1-Accumulation de la poussière sur le manomètre</p>	<p>2-Matière accumulée sur le palier d'entrée à cause d'un blindage mal serré</p>	<p>3-Présence de la matière sur le caillebotis</p>	<p>4-Collage de la matière sur le thermomètre</p>
			
<p>5-Présence d'outils inutiles</p>	<p>6-Position inadéquate du manomètre donc difficulté de lire la valeur exacte</p>	<p>7-Conduite d'huile et d'eau ne sont pas différenciées par des couleurs(vert pour l'eau, jaune pour l'huile)</p>	<p>8-Accumulation de la matière humide sur la porte d'élévateur</p>

			
<p>9-Les câbles sont mal rangés et poussiéreux difficile à distinguer les couleurs de chaque câble</p>	<p>10-Accumulation de la poussière sur le moteur d'entraînement</p>	<p>11-Fuite d'huile (pompe haute pression)</p>	<p>12-conduite d'huile alimentation patin émergée dans la matière</p>



1.3.2 Plan d'action et remise en état

a. Plan d'action

En exploitant les différents constats d'anomalies trouvés précédemment, nous proposons les actions correctives à mettre en place.

Le tableau suivant présente les actions correctives à mener :





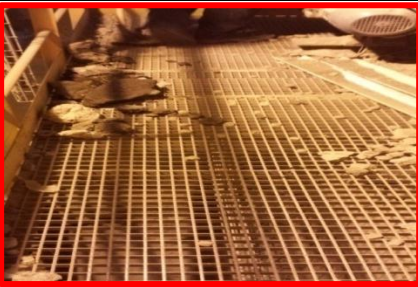







Tableau 15: Actions correctives des anomalies

N°	Action corrective	Responsabilité	Délai
1	Nettoyage régulier des thermomètres	BM	Chaque 2 jours
2	Nettoyage régulier des manomètres	BM	Chaque 2 jours
3	Se débarrasser des outils inutiles	FAB	1 jour
4	Nettoyer le milieu et chercher la cause de la fuite	FAB	1 jour
5	Peindre les conduites d'eau avec une couleur verte	MEC	1 jour
6	Rendre le manomètre dans une position perpendiculaire avec l'opérateur	BM	1 jour
7	Nettoyer le caillebotis	FAB	1 jour
8	Se débarrasser de la matière collée sur la porte d'élévateur	MEC	1 jour
9	serrer le boulon de fixation du blindage au niveau du broyeur	MEC	Prochain arrêt programmé
10	Nettoyer la matière présente aux alentours du patin de sortie	FAB	1 jour
11	Ranger et nettoyer les câbles	FAB	1 jour
12	Nettoyer le moteur	FAB	1 jour

b. Remise en état par l'application des 3S premiers

Après la mise en place de quelques actions citées précédemment, Le tableau ci-dessous met le point sur les différents résultats obtenus :

Tableau 16 : Etat avant/après du milieu

Avant	Après	Avant	Après
			
Nettoyage du débitmètre par un produit nettoyant		Serrage de boulon de fixation de blindage et nettoyage des alentours du broyeur	
			
Enlèvement de la matière gisante sur le caillebotis		Nettoyage de thermomètre par un produit nettoyant	
Avant	Après	Avant	Après
			
Débarrassage des outils inutiles		Réparation de la fuite d'huile et nettoyage des alentours	



c. Leçon ponctuelle

La leçon ponctuelle est une formation qui dure de 5 min à 10 min et qui traite une problématique, un sujet ou des connaissances de base.

Suite à une anomalie détectée précédemment concernant la fuite de matière à cause d'un mauvais serrage de boulon de fixation du blindage, nous avons conçu un exemplaire de la leçon ponctuelle (Voir annexe 1, page 76).

2. Description de l'état de référence

La mise en place des standards est nécessaire afin de faciliter à l'opérateur l'inspection du premier niveau et la détection des écarts par rapport à l'état de référence.

Dans ce cadre nous avons rédigé des exemplaires des standards:

- Des paramètres de marche,
- Une fiche d'inspection autonome (check-list),
- Un mode opératoire.

2.1 Listing de paramètres de marche

La figure suivante illustre l'exemplaire du standard des paramètres de marche permettant aux opérateurs le contrôle du débit, pression et température de la centrale de lubrification de l'inspection autonome :

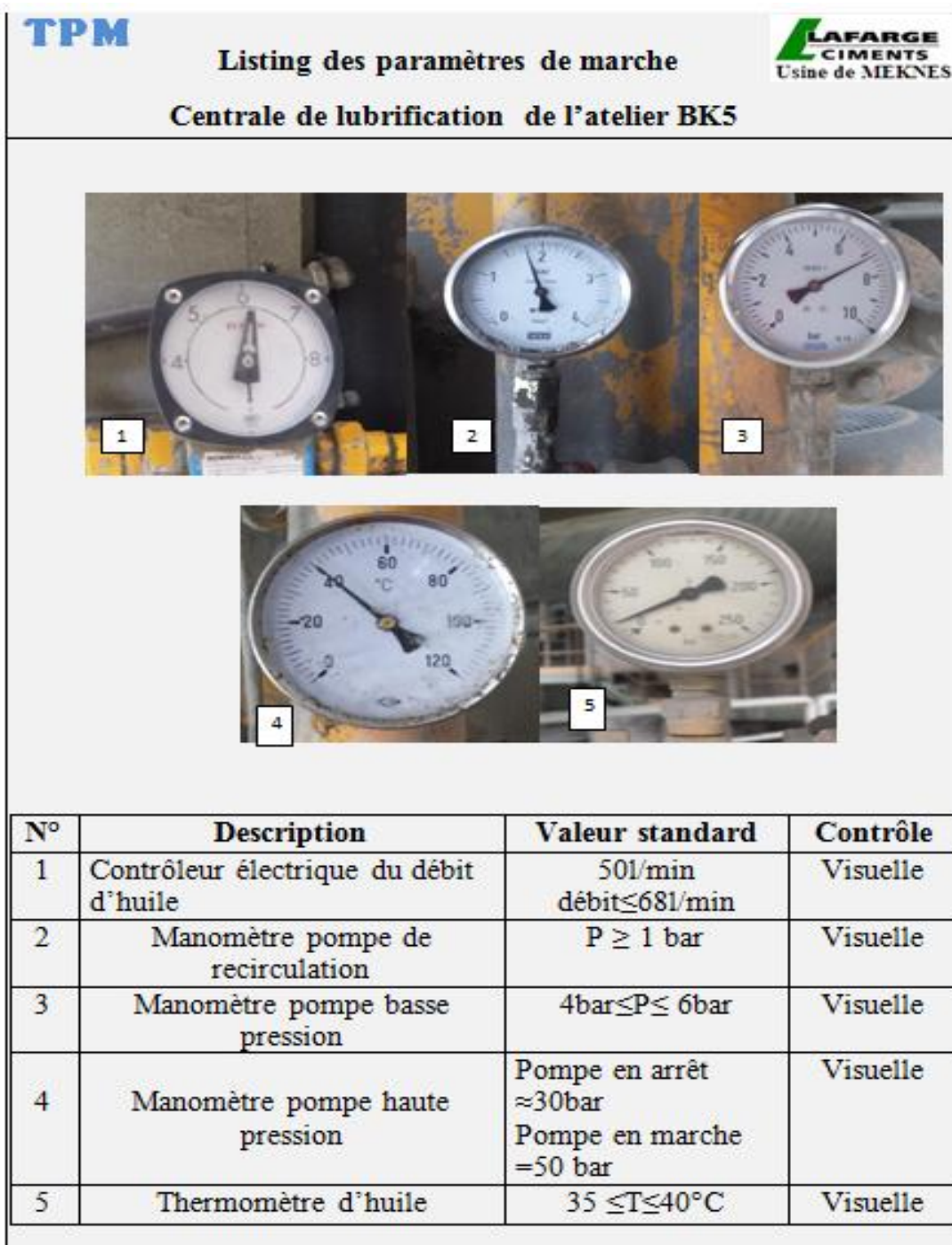


Figure 15: Listing de paramètres de marche



2.2 Check-list

Check-list est une fiche d'inspection comprenant les tâches à réaliser, les contrôles à effectuer quotidiennement en toute autonomie par l'opérateur en vue de détecter le plus tôt possible les anomalies.

Nous avons définis dans ce standard :

- Les tâches à réaliser,
- Une case d'observation dont l'opérateur note l'anomalie constatée,
- Une case RI (Rapport Incident) cochée par l'opérateur dans le cas où l'anomalie nécessite l'intervention d'un agent de maintenance. (voir modèle RI en annexe 1 page 78).

La check-list réalisée, effectuée par un opérateur, est détaillée en annexe 1 page 77.

2.3 Mode opératoire

La démarche TPM prévoit de faire réaliser des opérations simples par les opérateurs sans erreur. Pour atteindre ce niveau d'habilité, l'utilisation des modes opératoires est nécessaire.

Un mode opératoire c'est la chronologie des étapes à effectuer afin de réaliser une tâche spécifique à une activité [6].

Un exemple de mode opératoire du remplacement du joint d'arrêt d'huile sur la pompe HP est détaillé en annexe 1 page 79.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mis le point sur le deuxième pilier de la TPM « La maintenance autonome ». Les opérateurs de l'atelier BK5 peuvent participer eux même à la suppression des dégradations forcées par l'inspection autonome, à l'aide des standards et des modes opératoires.

Le chapitre suivant fera l'objet de l'établissement d'un plan de maintenance préventive en vue de la prévention des défaillances naturelles.

Chapitre 6

Pilier 3 : maintenance planifiée

Introduction

La maintenance planifiée est le troisième pilier de la TPM, il consiste à passer d'une maintenance où l'on subit les pannes à une maintenance où on les anticipe. Cela demande autant d'effort en termes d'outils et de méthodes qu'en termes de changement de culture de l'entreprise.

L'objectif de ce chapitre vise à réduire et à éliminer la survenue des pannes, pour l'augmentation du Taux de disponibilité de la ligne BK5 en se basant sur la méthode de la maintenance basée sur la fiabilité MBF. Ce travail a permis à une contribution importante dans la mise à jour des plans de maintenance des équipements critiques.

I. La maintenance basée sur la fiabilité

1. Définition

La MBF est une méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive permettant d'améliorer progressivement le niveau de disponibilité des équipements critiques. La méthode repose essentiellement sur la connaissance précise du comportement fonctionnel et dysfonctionnel des systèmes [2].

2. Bénéfices de la MBF

Les résultats d'une analyse de MBF sont une meilleure connaissance des fonctions, une compréhension de comment un équipement peut défaillir et quelles en sont les causes premières pour converger sur une liste de tâches proposées qui soient applicables et efficaces. L'effet global d'une telle approche est de développer un travail d'équipe rigoureux et motivant [2].

Les bénéfices pour l'entreprise comprendront plusieurs des effets suivants :

- Plus grande sécurité et intégrité environnementales,
- Meilleure performance opérationnelle,
- Plus grande efficacité économique de la maintenance,
- Durée de vie prolongée d'équipement coûteux,

- Plus grande motivation du personnel.

3. Étapes de la MBF

La figure suivante regroupe les différentes étapes suivies pour l'application de la MBF [2] :

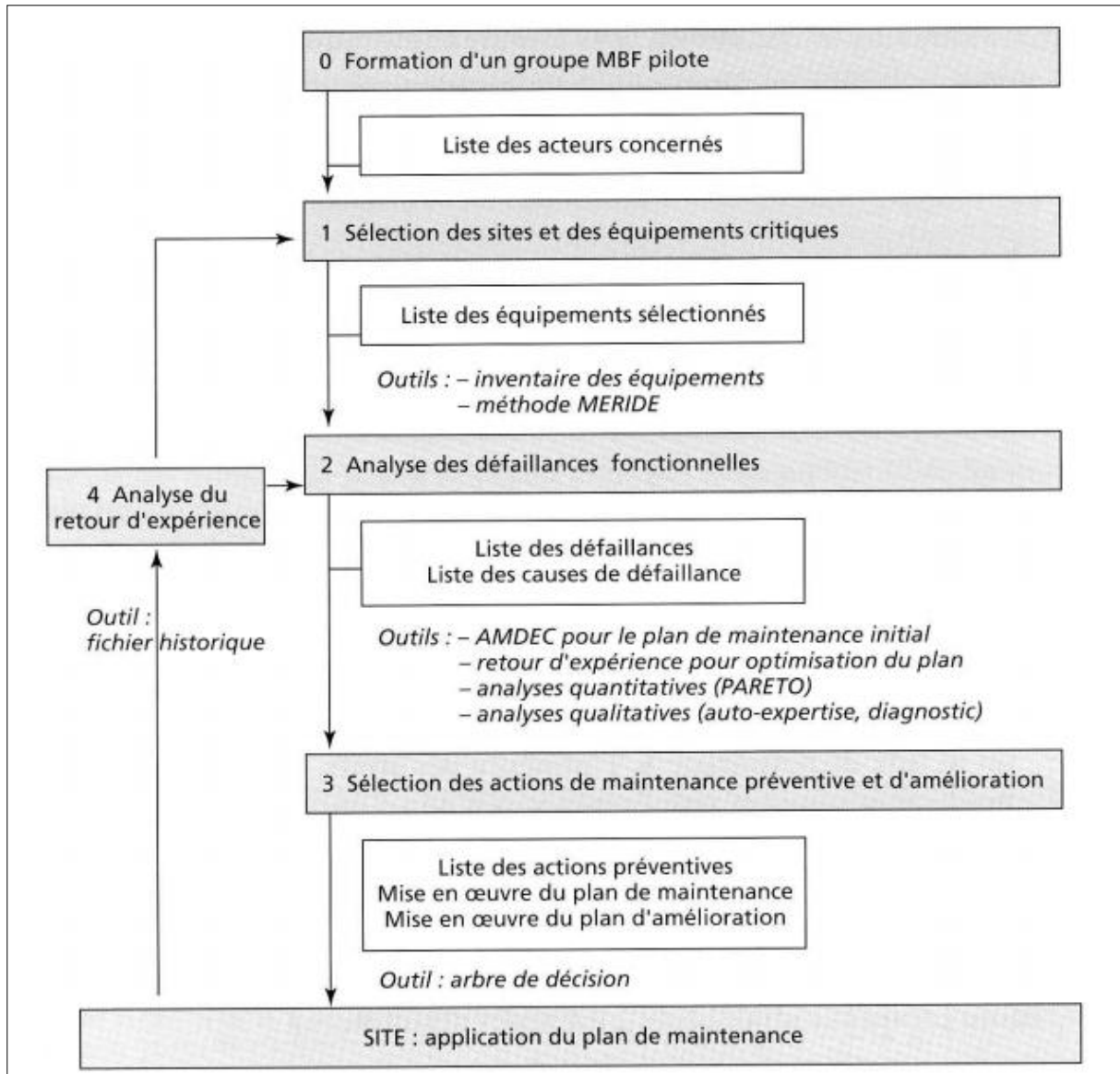


Figure 16: Étapes de la MBF

4. Mise en œuvre de la MBF

4.1 Equipe de pilotage

L'équipe de pilotage est construite des membres du groupe TPM.



4.2 Evaluation des équipements critiques

Pour identifier les équipements critiques dans l'atelier de broyage BK5, l'établissement d'une matrice de criticité est nécessaire, elle est basée sur un tableau de classification et un diagramme de criticité finale.

Les critères à prendre en compte sont la sécurité, la qualité, le taux d'utilisation, le délai de livraison, la fréquence de panne et la maintenabilité. Les informations sur ces paramètres sont collectées à partir d'une discussion profonde avec le groupe de pilotage.

Le tableau suivant regroupe les trois niveaux de classe d'influence des équipements sur les paramètres pris en compte [4].

Tableau 17: Classement de criticité des équipements

Classe	A	B	C
Influence			
Sécurité & environnement	Conséquence grave sur la sécurité des personnes et de l'environnement	Conséquence localisé sur l'environnement ou risque de sécurité accru	Pas de conséquences
Qualité	Conséquence important sur la qualité	Influence modéré	Pas de conséquences
Taux d'utilisation	100%	Modéré	Occasionnelle
Délai de livraison	L'usine s'arrête	La ligne s'arrête	Stock suffisant
Fréquence de panne	Panne fréquents	Panne occasionnelle	Panne rare
Maintenabilité	Panne >4heures Cout de réparation >15000DH	Panne de 1 à 4heures Cout de réparation entre 3000 à 15000 DH	Panne <1heure Cout réparation <3000 DH

Pour révéler la criticité finale de chaque équipement de l'atelier, on a respecté la démarche schématisée par le diagramme ci-dessous [4].

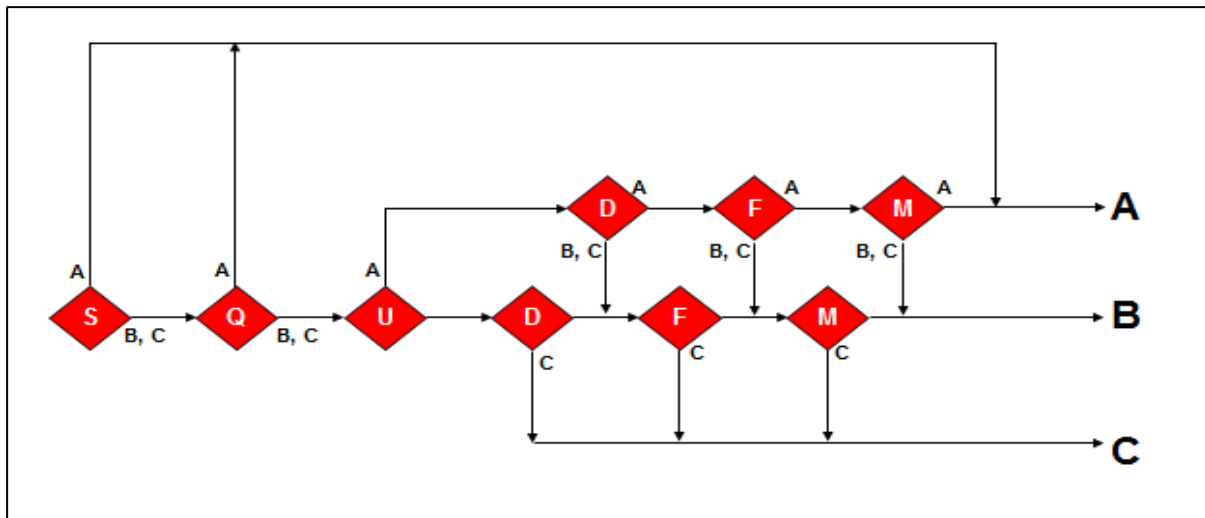


Figure 17: Diagramme de définition de la criticité finale

Avec :

S : Sécurité et environnement,

Q : Qualité,

U : Taux d'utilisation,

D : Délai de livraison,

F : Fréquence de panne,

M : Maintenabilité.

L'étude de la criticité finale nous a menés à bien identifier les équipements les plus critiques de l'atelier BK5. (Voir détails en annexe 2 page 80)

Ces équipements sont les suivants :

- Broyeur,
- Séparateur,
- Elévateur,
- Doseur,
- Filtre de dépoussiérage.

4.3 Analyse AMDEC

4.3.1 Introduction

"AMDEC" est l'abréviation de : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité. C'est une méthode de réflexion créative qui repose essentiellement sur la décomposition systématique d'équipement en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires. Cela consiste à faire une analyse systématique et exhaustive



des défauts possibles de chacun de ces éléments, et de les hiérarchiser par le biais de leur criticité à travers :

- La fréquence d'apparition des défaillances appelée aussi probabilité d'occurrence ;
- La gravité des conséquences ou gravité des effets ;
- La probabilité de ne pas découvrir l'effet ou probabilité de non détection.

L'AMDEC repose sur l'évaluation de la criticité à partir de la probabilité d'occurrence de la défaillance, de sa gravité et de la probabilité de non détection du défaut. Elle permet de hiérarchiser les actions correctives à entreprendre, et sert de critère pour le suivi de la fiabilité prévisionnelle de l'équipement [4].

4.3.2 Démarche de l'étude AMDEC sur l'atelier BK5

Les équipements de l'atelier de broyage BK5 posent actuellement des sérieux problèmes au niveau de la maintenance. Dans le but d'analyser tous les modes de défaillance possibles de ces équipements et de remonter aux sources d'anomalies susceptibles de conduire à ces modes de défaillances, ainsi pour faciliter le diagnostic et aider par la suite à définir un plan d'action, nous proposons de faire une étude AMDEC moyens.

La démarche générale retenue dans ce rapport pour cette étude comporte les étapes suivantes :

- Initialisation,
- Analyse fonctionnelle,
- Analyse des défaillances,
- Analyse AMDEC,
- Actions correctives menées.

a. Initialisation

Les équipements critiques trouvés précédemment font l'objet de l'étude de l'analyse AMDEC.

L'objectif de cette étude est d'aboutir aux différents modes de défaillance des constituants des équipements critiques de l'atelier de broyage BK5, afin d'évaluer leurs criticités et proposer des actions correctives et préventives permettant d'améliorer la disponibilité et le rendement de cette dernière dont la phase d'étude est la marche normale.

Les personnes qui sont impliquées dans l'analyse AMDEC sont les membres du groupe TPM.

b. Analyse fonctionnelle

- **Décomposition arborescente**

Exemple de l'arborescence du broyeur BK5 :

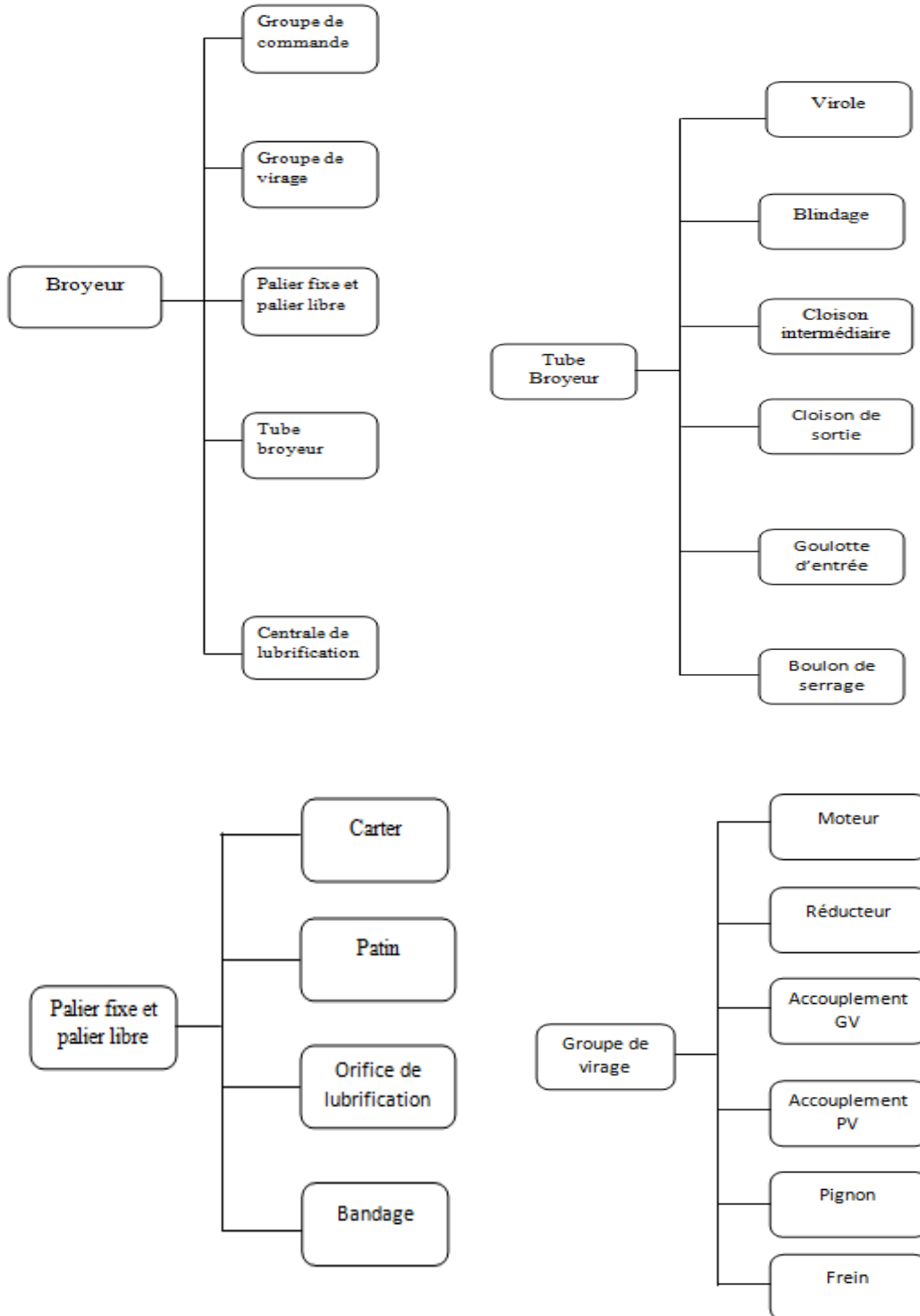


Figure 18: Décomposition fonctionnelle du broyeur BK5

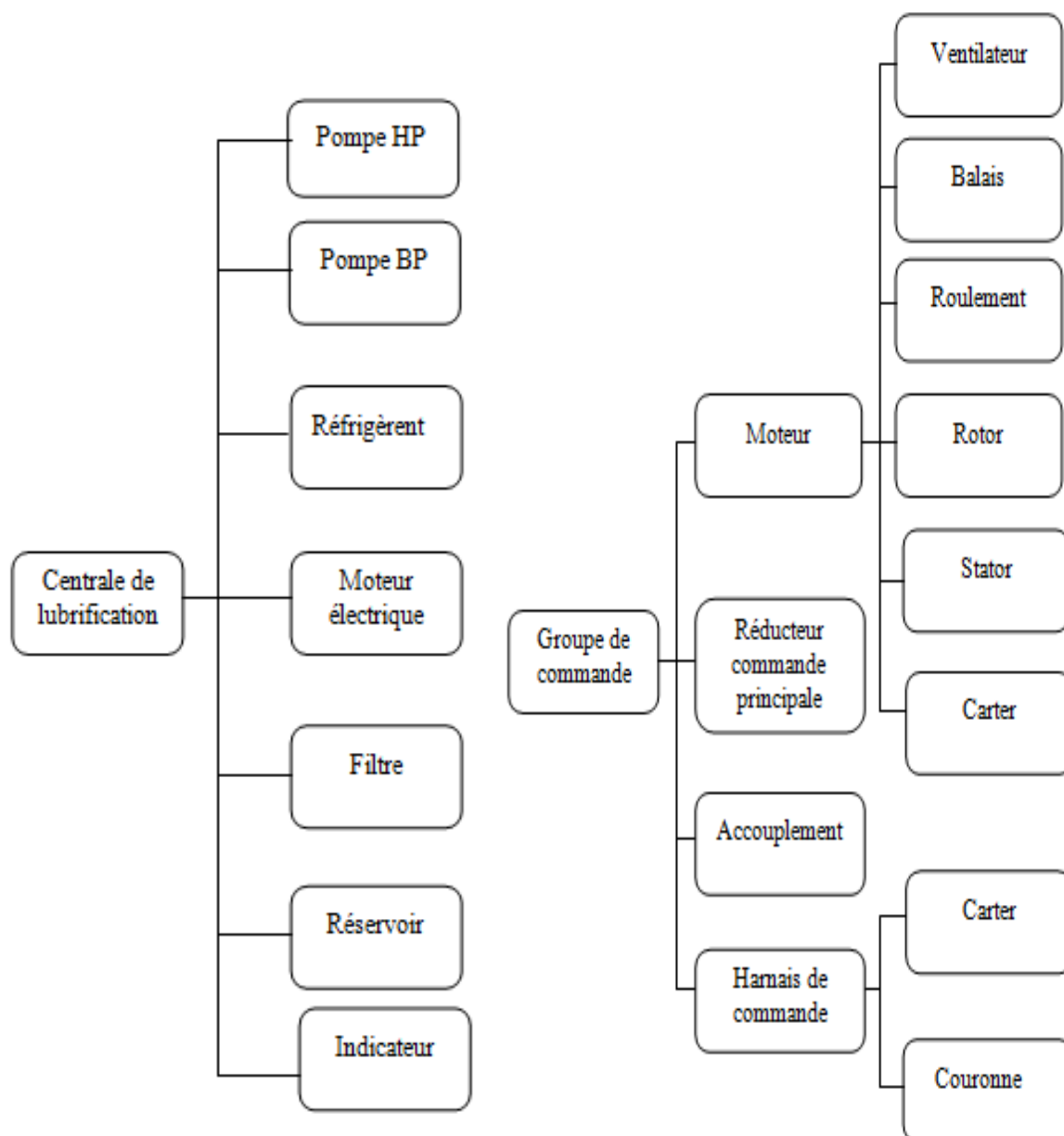


Figure 19: Décomposition fonctionnelle du broyeur BK5 suite



c. Analyse des défaillances

L'indice de criticité est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison de trois critères, par la multiplication de leurs notes respectives :

$$C = G \times F \times D$$

Avec :

- ✓ Indice F : La fréquence d'apparition de la défaillance;
- ✓ Indice G : La gravité des conséquences que la défaillance génère sur la production ;
- ✓ Indice D : La non-détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière ne produise les conséquences non désirées.

Chacun de ces critères sera évalué avec une cotation établie sur 4 niveaux, pour le critère de fréquence et de non-détection et 5 niveaux pour le critère de gravité. Le tableau ci-dessous présente le barème de cotation de la criticité utilisée :

Tableau 18: Grille de cotation

Fréquence défaillance (F)		Non Détectabilité défaillance(D)		Gravité défaillance(G)	
Défaillance rare : Moins d'une défaillance par an	1	Visuelle à coup	1	Défaillance mineure : -Arrêt de production inférieur à 2 minutes.	1
Défaillance possible : Moins d'une défaillance par trimestre	2	Visuelle après l'action de l'opérateur	2	Défaillance significative : -Arrêt de production de 2 à 20 minutes, au report possible d'intervention.	2
Défaillance fréquente : Moins d'une défaillance par semaine	3	Difficilement détectable	3	Défaillance moyenne : -Arrêt de production de 20 à 60 minutes.	3
Défaillance très fréquente : Plusieurs défaillances par semaine	4	Détection impossible	4	Défaillance majeure : -Arrêt de production de 1 à 2 heures	4
				Défaillance catastrophique : -Arrêt de production supérieur à 2 heures	5

d. Analyse AMDEC

Exemple de l'analyse AMDEC de l'unité de broyage :

Tableau 19: Résultat AMDEC du tube broyeur

AMDEC										Préparé par : El BayHafsa El beqalAsmae
Système : unité de broyage Sous système : tube broyeur			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 17/04/2015			action	
Organe	fonction	Mode de défaillance	Cause	effet	détection	criticité				
						G	F	D	C	
Virole	Fixation des pièces d'usure	Fissure/déformation/ Boulons desserrés	Fatigue/ usure blindage	Fuite matière	visuelle	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevé
blindage	Protéger la virole contre l'abrasion	Usure par fatigue	Fatigue/ marche à vide	Fuite matière	Mesure du redent	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Cloison intermédiaire	Servir le passage de la matière issue de C1	-Usure des blindages -Grille bouchée	-Choc boulet -marche à vide -fatigue	- Mauvais broyage - bourrage du C1	visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence très élevée
Cloison de sortie	Evacuer le produit broyé vers le séparateur	-Usure des blindages -Grille bouchée	-Choc boulet -marche à vide -fatigue	- beaucoup de refus - production réduite	visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence très élevée
Goulotte d'entrée	Acheminer le mélange clinker, ajout et gypse vers le broyeur	Usé/Endommagé/Fuite/Fissuré	- Abrasivité matière -Qualité matériau	Fuite de matière	visuelle	4	3	1	12	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Boulon de serrage	Assurer la fixation du blindage	desserrage	Mauvais serrage	Fuite matière	visuelle	1	3	1	3	Maintenance corrective



Remarque : les autres résultats AMDEC des équipements critiques sont détaillés en annexe 2 (de la page 81 à la page 97).

e. Actions correctives menées

A partir des tableaux ci-dessus, on a pu hiérarchiser les modes de défaillances des pannes pertinentes selon leurs criticités. En concertation avec le groupe AMDEC constitué, nous avons fixé des niveaux de criticité indiquant l'action corrective à adopter :

- $C < 6$: Maintenance corrective.
- $6 \leq C < 12$: Maintenance préventive de niveau bas.
- $12 \leq C \leq 18$: Maintenance préventive de niveau élevé.
- $18 < C$: Maintenance préventive de niveau très élevé.

Ces actions correctives ont pour but de dresser un plan de maintenance détaillé visant le développement de la maintenance planifiée.

4.4 Elaboration de plan de maintenance

Le plan de maintenance est parmi les fruits de l'étude critique de la maintenance de l'atelier de broyage BK5 et de l'analyse AMDEC réalisée précédemment.

Ce plan contient les éléments les plus critiques des équipements de l'atelier, en indiquant les actions à mener, leurs fréquences ainsi l'intervenant approprié.

À ce propos nous avons réalisé un plan de maintenance en se basant sur : Les documents techniques de constructeur, les recommandations de constructeur, l'expérience des gens de terrain, les historiques de machines et l'étude AMDEC. (Voir annexe 2 de la page 98 à la page 100).

Conclusion

Après avoir fixé les formes de défaillance les plus critiques pour chaque équipement de l'atelier de broyage, nous avons établi un plan de maintenance permettant d'améliorer la qualité des interventions et l'efficacité du contrôle, il permet également d'agir d'une façon organisée, et avec plus d'efficacité.

Le chapitre suivant présentera des documents de sécurité contribuant à atteindre le **ZERO ACCIDENT**.

Chapitre 7

Pilier 8 : sécurité et conditions de travail

Introduction

L'accident se produit quand un état d'insécurité se combine à un comportement à risque. En supprimant l'imprévu et le hasard dans les activités de production et en standardisant les méthodes de travail la TPM permet d'obtenir le **ZERO ACCIDENT**.

Dans le but de sentir le personnel de l'atelier de broyage BK5 sécurisé, nous avons établi et mis en place dans ce chapitre des moyens de sécurité tels qu' un document de sécurité et un mode opératoire.

1. Document de sécurité

Ce document définit les différents points et genres de risques ainsi que des préventions à prendre en compte par les opérateurs et les agents maintenance, sur les équipements de l'atelier BK5.

La figure suivante illustre l'exemplaire que nous avons conçu.


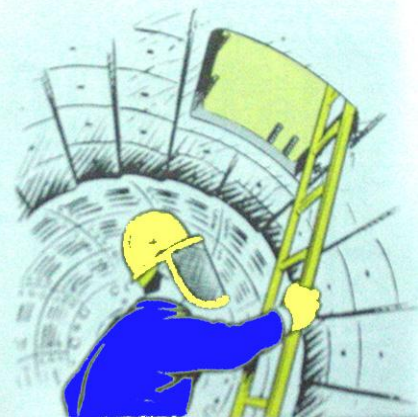
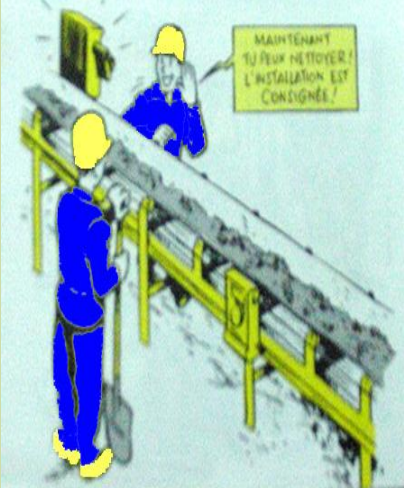
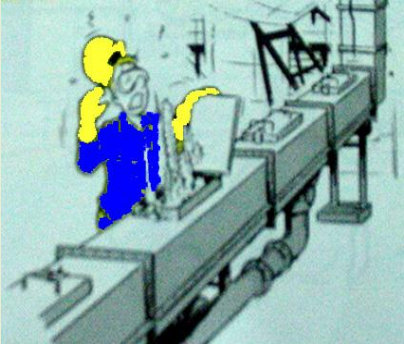
<p>TPM</p>	<p>Atelier : Unité de broyage BK5 Personnes concernées : opérateurs de l'atelier</p>	<p>Consignes de sécurité</p>	<p>Réalisé le : 15 /05/2015 Par : EL-BAY Hafsa EL BEQAL Asmae</p> 
<p style="text-align: center;">Broyeur</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="671 371 954 831"> <p>Risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asphyxie, • Dévirage, • Chute des corps broyants ou de blindage, • Bruit. </div> <div data-bbox="986 371 1485 831"> <p>Préventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionnez, immobilisez, condamnez et consignez l'appareil, • Ventilez et aérez le broyeur, • Portez les équipements de protection individuelle, • Évitez toute source de flamme ou étincelle. </div> </div>			
<p style="text-align: center;">Convoyeur à bandes</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="671 831 954 1402"> <p>Risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entraînement d'une partie du corps, • Chute d'objets. </div> <div data-bbox="986 831 1485 1402"> <p>Préventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ne pas monter sur un convoyeur même à l'arrêt, • Ne pas toucher les organes tournant même à l'aide d'un outil, • Consigner avant toute intervention: changer un rouleau, nettoyage... • Ne pas coincer la bande ou tambour... • Remettre les grillages et carters avant de déconsigner. </div> </div>			
<p style="text-align: center;">Aéroglossière</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="671 1402 954 1785"> <p>Risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projection de la matière, • Projection du matériel sous grande pression, <p>Brûlures par la matière chaude.</p> </div> <div data-bbox="986 1402 1485 1785"> <p>Préventions :</p> <p>Avant d'intervenir s'assurer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que la pression est bien à zéro, • Qu'il n'y a pas de retour d'air possible par une autre tuyauterie, • Porter les équipements de protection adaptés : gants, lunettes, visières... </div> </div>			

Figure 19 : Consignes de sécurité


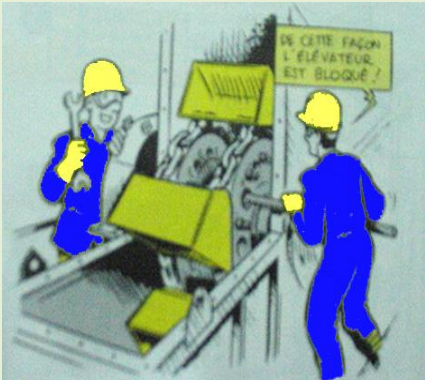


<p>TPM</p>	<p>Atelier : Unité de broyage BK5 Personnes concernées : opérateurs de l'atelier</p>	<p>Consignes de sécurité</p>	<p>Réalisé le : 15 /05/2015 Par : EL-BAY Hafsa EL BEQAL Asmae</p> 
<p style="text-align: center;">Elévateur</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="678 398 943 651"> <p>Risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projection et chute de la matière, • Ensevelissement au pied d'élévateur </div> <div data-bbox="991 398 1528 584"> <p>Préventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condamner l'appareil et vérifier cette condamnation, • Pour les élévateurs, bloquer la chaîne par un dispositif efficace et visible. </div> </div>			
<p style="text-align: center;">Silos et trémies</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="678 853 943 1003"> <p>Risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enlèvement et ensevelissement, </div> <div data-bbox="991 853 1528 1330"> <p>Préventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autorisation de pénétration, • Condamner à l'arrêt les systèmes d'alimentation et de distribution, • Contrôler l'atmosphère : aérer et ventiler, • Les protections individuelles. • Accéder par le haut, • Rester au-dessus du niveau le plus élevé de la matière, • Ne pas reposer sur la matière stockée, • Attention lors de circulation à proximité des trémies et silos. </div> </div>			
<p style="text-align: center;">Filtre à manche</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="678 1435 943 1727"> <p>Risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Électrisation électrocution, • Asphyxie, • Chute de hauteur, • Chute de personnes. </div> <div data-bbox="991 1435 1528 1765"> <p>Préventions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consigner en amont et en aval avant toute intervention, • Procéder à la mise à la terre, • Isoler l'appareil du circuit du gaz, • Assurer une ventilation et aération convenables, • Protections individuelle: lunettes, masques... </div> </div>			

Figure 20 : Consignes de sécurité suite

Ce dernier est accompagné d'une fiche où nous avons rassemblé toutes les règles de sécurité liées à l'atelier de broyage à partir de code sécurité de Lafarge.

La figure suivante présente ces règles :

RÈGLES SÉCURITÉ

Règle 1 : propreté et rangement

Le chargé de travaux Lafarge est responsable :

- De la propreté et du rangement de déchets son chantier et de celui de ses sous-traitants pendant les travaux
- Du nettoyage définitif et du tri des dès la fin de chantier.

Règle 2 : balisage

- Délimiter toute la zone concernée par une chaîne sécurité ou un balisage en dur en ménageant les accès courants.
- Ne pas franchir la zone sauf autorisation du chargé de travaux ou de son délégué
- Sécuriser le chantier et ôter le balisage dès la fin des travaux
- Toute personne identifiant une zone à risque non balisée doit informer le service sécurité qui s'assurera de la mise en place du balisage

Règle 3 : Equipements de protection individuelle







E.P.I	Lafarge	Sous-traitant	Visiteur	chauffeur
 Casque	OK	OK	OK	OK (hors engin avec cabine fermée)
 Chaussure de sécurité	OK	OK	OK	OK (hors engin avec cabine fermée)
 Lunettes de sécurité	OK	OK	OK	OK (hors engin avec cabine fermée, chauffeurs clients et livraison magasin)
 Tenue de travail (haute visibilité)	OK	OK	OK	OK
 Gants	Selon travaux	Selon travaux	Selon travaux	
 Anti-poussières	Selon travaux	Selon travaux	Selon travaux	

Figure 21 : Règles de sécurité

E.P.I	Lafarge	Sous-traitant	Visiteur	chauffeur
	Selon travaux	Selon travaux	Selon travaux	
Autres EPI(s): harnais, visière...	Selon travaux	Selon travaux		

Règle 4 : travaux en hauteur

- L'établissement du permis de travail est obligatoire lorsqu'il est impossible de réaliser un travail au sol ou sur une plateforme fixe et sécurisée et qu'il y a risque de chute d'une hauteur supérieure à 1.80 m.
- Ne jamais effectuer un travail en hauteur sans être accompagné.
- Tout travail en hauteur doit être effectué par des personnes habilitées (personnes formées et aptes physiquement).
- Les EPI doivent être adaptées à la situation de travail en hauteur.
- Installation et vérification des points d'ancrage avant chaque intervention
- Lors d'un travail en hauteur (y compris sur une plate-forme fixe) : un balisage adéquat au sol doit être mis en place.
- Tout travail en hauteur est interdit en cas de
 - Vent fort
 - Manque de visibilité dû à l'obscurité ou au brouillard.

Règle 5 : consignation

Consigner un équipement, c'est l'isoler de toute sorte d'énergie (état énergétique Zéro).

Figure 22 : Règles de sécurité suite

1. LA MISE A DISPOSITION : Le chargé de conduite arrête et met à disposition du chargé de travaux l'équipement concerné pour consignation.

2. LA SEPARATION : est obtenue en utilisant les dispositifs d'isolation énergétiques (ICV, vanne, cale, ...) et non les commandes de fonctionnement (Bouton arrêt, AU, clé de démarrage...).

3. LA CONDAMNATION : Le(s) chargé(s) de travaux et l'(les) exécutant(s) posent leurs cadenas sur l'élément de coupure en présence du chargé de consignation.

4. L'EXECUTION : L'exécutant réalise le travail pour lequel la consignation est établie.

5. LA DECONSIGNATION : A la fin des travaux, le chargé de travaux déconsigne dans le PC de consignation.

6. LA DECONDAMNATION : Le chargé de travaux accompagné du chargé de consignation récupère le (les) cadenas.

7. LA REALIMENTATION : Le chargé de consignation remet l'appareil en état de marche.

Règle 6 : convoyeurs

- Il est **interdit** d'intervenir sur un transporteur en marche ou même à l'arrêt sans avoir au préalable appliqué la procédure de consignation.
- Il est **interdit** de se déplacer ou déposer du matériel sur la bande.
- Pour toute intervention nécessitant obligatoirement d'intervenir sur le convoyeur en marche (centrage, réglages spécifiques), il est **obligatoire** d'appliquer la procédure de consignation en régime essai.
- L'opération doit être supervisée par un chargé des travaux qualifié superviseur.
- Les alentours d'un transporteur ne peuvent être nettoyés en marche que si ce dernier est muni d'une protection complète (brin inférieur/supérieur et tambours) et en place, qui empêche le contact direct de la personne et des outils de nettoyage avec la bande.

Figure 23 : Règles de sécurité suite

Règle 7 : milieu confiné

Un milieu confiné est un espace fermé ou partiellement fermé, accessible par des personnes, mais qui n'est pas prévu pour la contenance humaine et qui présente un risque **d'asphyxie, de chute de matière ou d'ensevelissement**.

- Ne recourir à l'entrée dans un milieu confiné qu'en cas d'**impossibilité** d'effectuer le travail à l'extérieur.
- Il est **strictement interdit** d'accéder à un milieu confiné sans autorisation écrite (Permis de travail). La visite sur le lieu de l'intervention de l'animateur sécurité est obligatoire pour la signature du permis.
- Une fois signé, il est obligatoire de faire trois copies du permis : **une pour l'intervenant qui la garde avec lui, une qui doit être affichée à l'entrée de l'équipement**, une à laisser chez l'animateur sécurité,
- Ne **jamais** laisser la personne **seule** dans un milieu confiné (surveillance et moyens de communication tels que le **talkie-walkie**, le **téléphone** le plus proche et l'avertissement de la **salle centrale**).

Figure 24 : Règles de sécurité suite



2. Mode opératoire sécurité

Au sein de Lafarge toute intervention de réparation est anticipée par une préparation d'un mode opératoire décrivant les tâches à effectuer, tout en négligeant une préparation préalable au niveau de sécurité.

A ce stade nous avons proposé un mode opératoire sécurité comme moyen de prévention, contenant des étapes à suivre pour mettre la sécurité en priorité pendant les différentes phases de la réalisation d'une opération. La figure suivante montre le mode opératoire établi.


<p>TPM</p> <p>Personnes concernées : Personnel Lafarge</p>	<p>Mode opératoire sécurité</p> 	<p>Réalisé le : 21 /05/2015 Par : EL-BAY Hafsa EL BEQAL Asmae</p>
<p>Les étapes suivantes doivent être respectées par les participants pendant les différentes phases de la réalisation d'une opération :</p>		
<p>1 La préparation sécurité de l'intervention</p> <p>Durant cette étape le chef d'équipe doit répondre aux questions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comment vais-je procéder à cette opération(séquences des tâches)? • Le mode opératoire établi respecte t-il les standards sécurités? • Quelles sont les risques auxquels mon équipe de travail sera exposée pendant cette opération ? • Est-ce que toute l'équipe possède l'ensemble des moyens de prévention? • Y a-t-il un besoin de coordination avec d'autres interventions ou d'autres services? • Le personnel est-il qualifié pour réaliser cette opération? • Est-ce que l'établissement des permis nécessaires à cette opération est fait? <p>➤ En aucun cas, il ne faut pas exposer l'équipe à un risque sous prétexte de gagner du temps.</p>	<p>2 Discussion sur la sécurité</p> <p>Après avoir préparé correctement tous les aspects liés à la sécurité, et analysé l'ensemble des risques pendant chaque phase du déroulement de l'opération,</p> <p><u>Au début de chaque opération le chef d'équipe doit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Communiquer à l'ensemble de son équipe le déroulement de l'opération et partager avec eux les risques associés ainsi que les moyens de prévention qu'il a mis en place, • Assurer que son équipe a bien compris la sensibilisation sécurité, • Rester à l'écoute de toute éventuelle remarque de chaque membre de son équipe et apporter les réponses à leurs interrogations. 	
<p>3 Auditer le chantier</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Repasser sur les chantiers dans la journée, au cours de la tâche, ▪ Visiter le chantier avec un « œil sécurité » <ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage • Balisage • Respect des règles par les intervenants • Circulation • Risques potentiels • Respect du mode opératoire préalablement définis (tout changement de mode opératoire doit faire l'objet d'une nouvelle analyse de risques), ▪ Mesures correctives sur place ▪ Encourager les bons comportements ▪ Sanctionner sévèrement les dysfonctionnements 	<p>4 Sécurité après opération</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier que le chantier une fois libéré (de manière provisoire jusqu'au lendemain, ou définitive), ne présente aucun risque ou gêne pour les autres <ul style="list-style-type: none"> • Les déconsignations sont faites • Balisages sécurité • Les protections remises • Propreté, ... 	

Figure 25: Mode opératoire sécurité

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, la fonction humaine joue un rôle important dans la décision de mettre en place la TPM. La stratégie d'implantation de la maintenance productive totale est propre à chaque milieu d'implantation. Il ne peut y avoir de recette suivie à la lettre assurant le succès de la démarche. Il est donc primordial de bien comprendre le contexte propre à chaque entreprise.

Le premier volet de ce projet a été consacré au déploiement du premier pilier, « amélioration cas par cas », de la démarche TPM, Nous avons contribué à l'évaluation du TRS (Taux de Rendement Synthétique) qui donne une quantification du triptyque (qualité, performance, disponibilité). Cette évaluation nous a permis d'approfondir l'analyse du problème de la chute de performance en se basant sur la méthode RCA. Aussi nous sommes arrivées à proposer un plan d'actions d'amélioration pour diminuer l'impact de ces pertes sur les performances des équipements.

La deuxième partie concerne la mise en place du deuxième pilier, « maintenance autonome », nous avons élaboré à ce niveau des exemplaires de listing des paramètres de marche, check-list d'inspection autonome et mode Opérateur.

La troisième partie c'est de mettre le point sur la maintenance planifiée, pour ce faire nous avons mené une étude AMDEC sur les équipements critiques de l'atelier de broyage BK5 dans le but de mettre à jour le plan de maintenance préventive qui vise à diminuer la criticité et à éliminer les modes de défaillance de ces équipements.

Au niveau de la quatrième partie nous avons élaboré des documents concernant la sécurité visant à obtenir le ZERO ACCIDENT.

En perspective, nous pouvons dire qu'il est temps d'implanter les quatre piliers restants au niveau de l'atelier de broyage BK5 et généraliser la démarche TPM dans toutes les lignes de production, afin d'obtenir ZERO PANNES, ZERO DEFAUTS et ZERO ACCIDENTS.

Références

Bibliographie :

[1] : Jean BUFFERNE

Le guide de la TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE).

Livre outils performance, édition d'organisation.

[2] : Christian Hohmann

Guide pratique des 5S pour les managers et les encadrants

L'outil de base de la performance

[3] : Pr. El Hammoumi

Cours Maintenance industrielle. Méthodes et outils.

[4] : **Documentation privé de LAFARGE.**

Manuel de constructeur

[5] : Gérard Landy

AMDEC guide pratique

Édition AFNOR

Webographie :

[6] **La TPM et ses piliers** : <http://tpmattitude.fr/index.html>

[7] **Généralité sur la maintenance préventive** : <http://www.techniques-ingenieur.fr/>

ANNEXE

Annexe 1

TPM

Total Productive Maintenance

LAFARGE
CIMENTS
Usine de MEKNES

Leçon ponctuelle

Cas de : connaissance de base

Points qui doivent être connus de tous les opérateurs

Date : 05/04/2015

Préparé par :

El bayHafsa

El beqalAsmae

- 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 ?

Thème : Mauvais serrage de boulons de fixation blindages

- 1) - Poser le boulon dans le trou de blindage,
- Poser le joint d'étanchéité (rondelle feutre),
- Placer la rondelle,
- Monter l'écrou et le contre écrou.
- 2) - Usure de joint d'étanchéité
- Insertion d'un boulon non convenable au blindage
- 3) Fuite de la matière
- 4) -S'assurer du bon montage de la rondelle
- Effectuer un 2^{ème} serrage après 48h de l'essai du broyeur

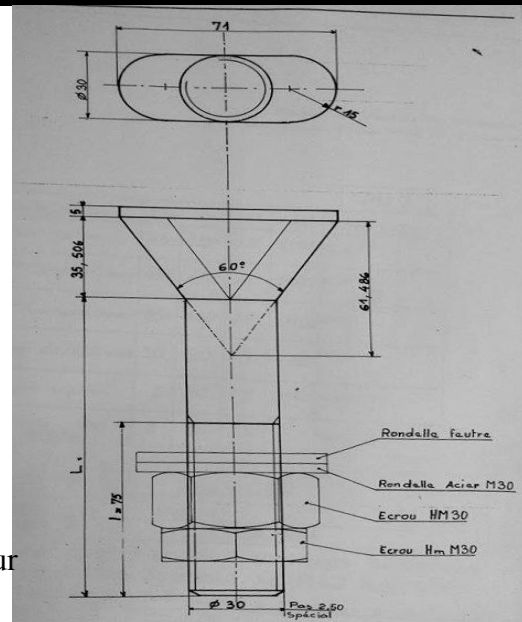


Figure A1. 1: Leçon ponctuelle


TPM	Nom :	Date : ... /... /....	
	Ligne : Atelier de broyage BK5	Heure de début : Heure de fin :	
CHECK LIST AUTOMAINTEANCE			
	tâches	Observations	RI
Alimentation broyeur	Contrôle des doseurs et des bandes (centrage, bavettes, charge, absence des fissures)		
	Vérification du bon écoulement de la matière dans les goulottes		
	Contrôle de l'élévateur alimentation broyeur		
	Contrôle état anneau ventilation entrée broyeur		
	Contrôle des fuites (matière, air)		
	Contrôle niveau trémie purge		
	Contrôle fonctionnement du dépoussiérage doseurs alimentation		
Broyeur	contrôle de l'état de la commande principale (température, lubrification et graissage)		
	Vérification de la lubrification et refroidissement patin fixe et patin mobile (Pression, débit, ...)		
	Ecouter état de remplissage du broyeur		
	Vérification fixation des boulons des blindages		
	Vérification du bon fonctionnement du filtre dépoussiérage broyeur (caisson, pression d'air de fluidisation)		
Séparateur statique et dynamique	Vérification du bon fonctionnement du ventilateur de tirage (bruit anormal, vibration, ...).		
	Vérification de l'aéro- glissière sortie broyeur (Fuite, caisson, bruit anormal et vibration ventilateur, ...)		
	Vérification de l'état de l'élévateur sortie broyeur (bruit anormal et l'état du moteur réducteur)		
	Contrôle de l'état du séparateur dynamique (bruit anormal, vibration)		
	Contrôle du bon fonctionnement des filtres à manche (pression, secouage, vis et sas)		
	Vérification du bon fonctionnement du ventilateur de tirage filtre (vibration et bruit anormal)		
	Contrôle transporteur des rejets (Centrage bande, présence déchirure, ...)		
Produit fini	Contrôle de boîte à grain rejets séparateur		
	Vérification de l'aero-alimentation pompe (Caisson, Bruit anormal et vibration ventilateur, ...)		
	Vérification dépoussiérage transporteur ciment		
	Vérification de l'état compresseur d'expédition		
	Vérification de la pompe de transport ciment		

Figure A1. 2: Check List


	<h2>Rapport incident</h2>	Ligne : atelier de broyage BK5
<input type="text" value="Constaté par :"/>		<input type="text" value="Le : / /"/>
Anomalie N° :	Equipement	Description

Figure A1. 3: Modèle rapport incident

<p>Mode opératoire Remplacement du joint d'arrêt d'huile au niveau de la pompe HP Etat de l'installation : Arrêt</p>	<p>Atelier : BK5 Equipement : pompe HP Fonction : Assurer le levage de bandage sur les patins</p>	<p>Date : 06/04/2015 Rédacteur : Hafsa El bay Asmae El beqal Vérificateur : YounessFatimi</p>
--	--	---

Matériel nécessaire :

- Pièce de rechange : joint d'arrêt d'huile
- Caisse à outils (burin, marteau, clés, ...)
- Bac de nettoyage
- Chiffon

Mode opératoire :

- 1) Consignation et condamnation de la pompe,
- 2) Débranchement des câbles électriques.
- 3) Dépose du moteur.
- 4) Démontage du demi-accouplement.
- 5) Démontage du joint d'arrêt d'huile.
- 6) Remplacement du joint d'arrêt d'huile.
- 7) Montage du demi-accouplement.
- 8) Remise en place du moteur.
- 9) Branchement des câbles électriques.
- 10) Déconsignation et décondamnation.
- 11) Essaie.



Moyens de sécurité



Figure A1. 4: Mode opératoire

Annexe 2

➤ Matrice de criticité des équipements

Tableau A2. 1: Matrice de criticité des équipements

Équipement BK5	S	Q	U	D	F	M	Résultat
Tube broyeur	B	A	A	B	B	A	A
Trémie (clinker, gypse, calcaire)	C	C	A	C	C	C	C
Doseur	B	A	B	B	C	B	A
Transporteur vers élévateur d'alimentation	C	C	A	B	B	B	B
Élévateur	C	A	A	B	C	A	A
Filtre de dépoussiérage	A	C	A	C	B	B	A
Aéroglossière	C	C	A	B	B	B	B
Séparateur dynamique	C	A	A	B	B	A	A

➤ **AMDEC broyeur**

Tableau A2. 2: Résultat AMDEC centrale de lubrification

AMDEC									Préparé : El BayHafsa El beqalAsmae	
Système : unité de broyage Sous système : centrale de lubrification			Phase de fonctionnement : en cours de production		Date : 17/04/2015					
organe	fonction	Mode de défaillance	Cause	effet	détection	criticité				action
						G	F	D	C	
Pompe HP	Assurer le levage de bandage sur les patins	débit insuffisant	-Usure de garniture - Usure d'engrenage	Usure de palier ou de bandage	Indicateur (affichage débitmètre)	5	3	2	30	Maintenance préventive à fréquence très élevée
Pompe BP	Assurer la lubrification du broyeur + le réducteur	Débit insuffisant	-Usure engrenage -Fuite au niveau de canaux d'alimentation -Usure de garniture	échauffement de la pompe	Indicateur (affichage débitmètre)	5	3	2	30	Maintenance préventive à fréquence très élevée
Réfrigèrent	Refroidir l'huile	Débit d'eau à la sortie réfrigèrentestfaible	colmatage	Température élevée	Indicateur débitmètre	4	3	2	24	Maintenance préventive à fréquence très élevée
moteur électrique	Entrainer la pompe	-Pas de rotation	-pas d'alimentation -absence de commande	Le broyeur ne démarre pas	Visuelle	4	1	3	12	Maintenance préventive à fréquence moyenne
		-rotation inversée	Erreur de câblage							
filtre	Filtrer le circuit contre l'impureté	-encrassement -mauvais filtrage	-Présence d'impuretés diverses - Détérioration du filtre	colmatage	Visuelle	3	3	2	18	Maintenance préventive à fréquence élevée
Vanne	Fermeture et ouverture du circuit de refroidissement	coincement	Fatigue	Pas de circulation du lubrifiant	Thermomètre	2	1	2	4	Maintenance corrective

	ent d'huile									
Réservoir	Stock d'huile	fuite	Corrosion	Perte d'huile	Visuelle	2	1	5	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
indicateur	Visualiser l'information	Saleté	Manque de nettoyage	Mauvaise information	visuelle	1	4	2	8	Maintenance préventive à fréquence moyenne

Tableau A2. 3: Résultat AMDEC palier fixe et palier libre

AMDEC										Préparé :
Système : unité de broyage Sous système : palier fixe et palier libre			Phase de fonctionnement : en cours de production		Date : 18/04/2015				El BayHafsa El beqalAsmae	
organe	fonction	Mode de défaillance	Cause	effet	détection	criticité				action
Carter	Protéger bandage +patin	-Usure -Etanchéité plan de joint	-Boulon desserré -fissure	Fuite d'huile	visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
patin	Guidage tube broyeur	Usure	frottement	Elévation Température	Sonde T	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée
Orifice de lubrification	Injection d'huile	Bouchage	Mauvaise filtration	Elévation Température	Sonde / élévation P	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée
bandage	Support de tube broyeur	Usure	Absence film d'huile	Elévation Température	Sonde / élévation P	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne

Tableau A2. 4: Résultat AMDEC groupe de commande

AMDEC											Préparé par : El BayHafsa EL BeqalAsmae
Système : unité de broyage Sous-système : groupe de commande				Phase de fonctionnement : en cours de production		Date : 19/04/2015					
équipement	organe	fonction	Mode de défaillance	Cause	effet	détection	criticité				action
							G	F	D	C	
Moteur	ventilateur	refroidissement	-Usure	fatigue	-vibration	Suivie vibratoire	4	1	3	12	Maintenance préventive à fréquence moyenne
	balais	assurer le passage du courant entre le stator et le rotor	Usure	coincement des balais dans leur gaine par les poussières	Echauffement /court circuit	Mesure de la hauteur	5	3	2	30	Maintenance préventive à fréquence très élevée
	roulement	Guider l'arbre en rotation	Usure /cassure	Manque d'étanchéité /fatigue	Arbre bloqué/bruit	suivie vibratoire	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
	Rotor	Assurer le mouvement de rotation	Portée d'arbre/Flasque palier usée/ Défaillance de la cage	Surcharge fatigue	arrêt de compresseur	Mesure des vibrations	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
	stator	Créer un champs tournant	-Grillage - d'enroulement -Défaillance de phase -Défaillance d'isolement	Surcharge fatigue	arrêt de compresseur	visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
	carter	Protéger le moteur	Vibration excessive	Boulons desserrés	Séparation des parties du carter	Visuelle	2	1	2	4	Maintenance corrective
	Réducteur commande principal	Palier arbre GV	Guidage en rotation du pignon d'attaque	Mauvais guidage	Roulements endommagés	vibration	Mesure vibratoire	5	1	2	10
Accouplement		Transmission de couple moteur/réducteur	Défaillance de système d'accouplement	Désalignement	Vibration/ bruit	Mesure vibratoire	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée
Harnais de	couronne	Entraînement	Usure dent	Mauvaise	Vibration	Mesure	5	1	2	10	Maintenance

commande		t tube broyeur	Détérioration du pignon et couronne	lubrification	Echauffement /Bruit	vibratoire					préventive à fréquence moyenne
	Carter	Protéger le harnais	Vibration excessive	Boulons desserrés	Séparation des parties du carter	Visuelle	2	1	2	4	Maintenance corrective

Tableau A2. 5: Résultat AMDEC groupe de virage

AMDEC										Préparé par :	
Système : unité de broyage			Phase de fonctionnement :		Date : 20/04/2015			El BayHafsa			
Sous-système : groupe de virage			arrêt et positionnement					EL BeqalAsmae			
élément	fonction	Mode de défaillance	Cause	effet	détection	criticité				action	
						G	F	D	C		
Moteur	Entrainement du tube broyeur	Cramage moteur	Pas d'alimentation	Difficulté de positionnement de broyeur	visuelle	2	1	2	4	Maintenance corrective	
			Absence de commande								
			Moteur H.S								
réducteur	Réduire la vitesse et transmettre la puissance	-détérioration des dents -endommagement des roulements	-Fatigue -vibration -manque de lubrifiant	-vibration -mauvais fonctionnement	-Bruit -échauffement	2	1	2	4	Maintenance corrective	
Accouplement GV	Transmettre la puissance au réducteur	Usure des tampons	-défaut d'alignement -usure des paliers lisse du réducteur -fatigue	-Usure des logements de tampons, -contact métal/métal -vibrations	Mesure vibratoire	2	1	2	4	Maintenance corrective	
		Rupture des axes	désalignement	Vibration/arrêt réducteur	Mesure vibratoire	2	1	2	4	Maintenance corrective	

Accouplement PV	Transmettre la puissance au broyeur	Défaillance de système d'accouplement	-Desserrage des vis d'assemblage -Surcharge -fatigue - désalignement	-Mauvaise transmission -usure des paliers		2	1	2	4	Maintenance corrective
pignon	Transmettre le couple PV à la couronne	Usure/cassure des dents	Mauvais graissage/mauvais montage/fatigue	Mauvais engrènement avec couronne	analyse vibratoire	2	1	2	4	Maintenance corrective
frein	Arrêter la transmission	Retard freinage	Usure garniture	Glissement/échauffement	visuelle	2	1	2	4	Maintenance corrective

➤ séparateur

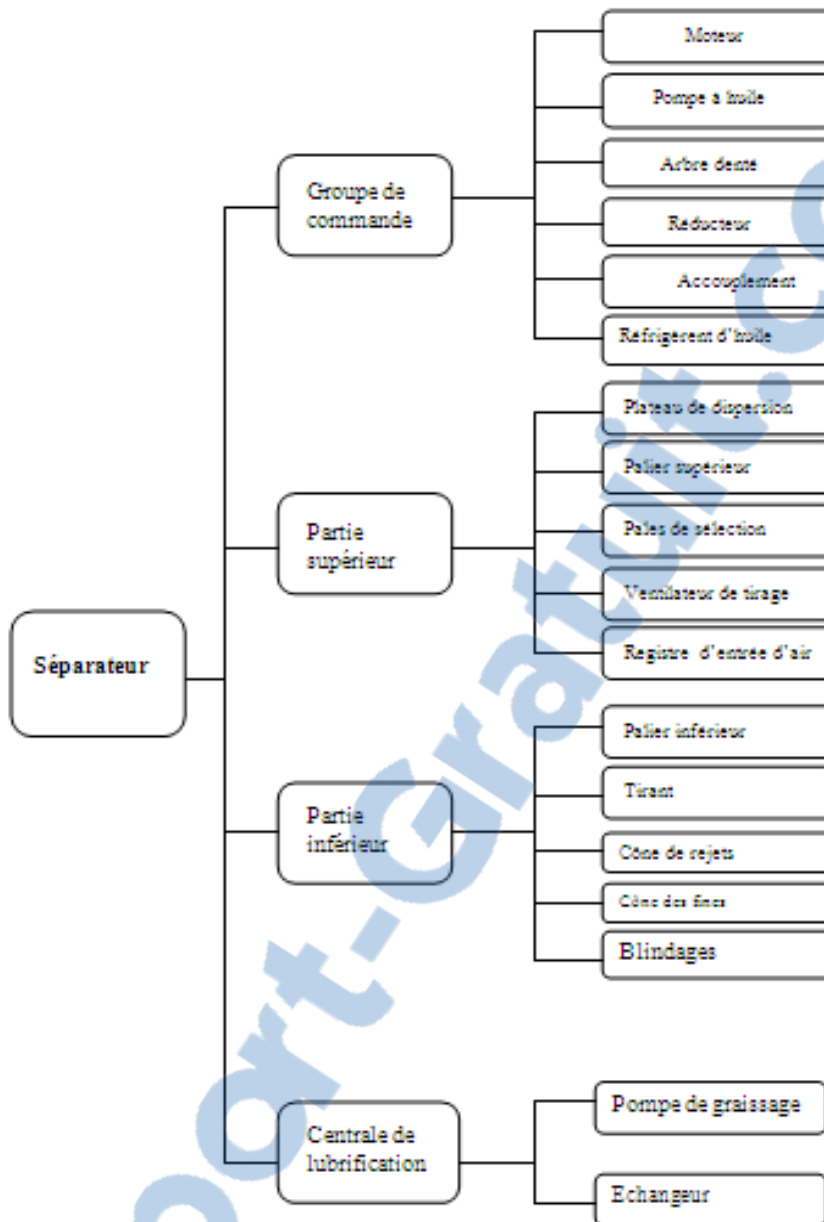


Figure A2. 1: décomposition fonctionnelle séparateur

Tableau A2. 6: Résultat AMDEC groupe de commande

AMDEC Moyen										Préparé par : El BayHafsa EL BeqalAsmae
Système : séparateur Sous-système : groupe de commande			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 21/04/2015				
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action
						G	F	D	C	
Moteur	Entraînement de séparateur	Pas de rotation	Pas d'alimentation	Le séparateur ne démarre pas ou s'immobilise pendant le service	Visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée
			Absence de commande							
			Moteur hors service							
Accouplement	Transmission de couple moteur/réducteur	Défaillance de système d'accouplement	Désalignement	Vibration/bruit	Mesure vibratoire	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée
Réducteur	Modification de rapport de vitesse	Echauffement trop	Le système d'alimentation en eau est défectueux	Elévation T	Sonde	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée
			Mauvais graissage							
Pompe à huile	Assure le transport d'huile au réducteur	Défaut débit	Joints défectueux/ Roulement usés/ fuite	Echauffement huile réducteur/ Echauffement pompe	Sonde	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Arbre denté	Entrainer le plateau de dispersion	Usure des portés paliers	Usure de roulement/ Manchon de roulement desserré	Mauvaise transmission	visuelle	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevée
		Cassure	Qualité matériau/ Surcharge/mauvais montage	Pas de transmission	visuelle					
Réfrigèrent d'huile	Refroidir l'huile	Débit d'eau à la sortie réfrigèrent faible	colmatage	Température élevé	Indicateur débitmètre	4	3	2	24	Maintenance préventive à fréquence très élevée

Tableau A2. 7: Résultat AMDEC partie supérieur séparateur

AMDEC Moyen										Préparé par :	
Système : séparateur			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 22/04/2015				El BayHafsa EL BeqalAsmae	
Sous-système : Partie supérieur											
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action	
						G	F	D	C		
Plateau de dispersion	Dispersion de la matière	Usure/déformation	Abrasion	Balourd dans le séparateur	Mesure/vibration	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne	
Palier supérieur	Guidage en rotation de rotor	Usure	Mauvaise lubrification	Elévation de T/vibration	Mesure/Vibration/thermographique	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne	
Pales de sélection	La sélection des granulométries	Usure	Abrasion	bouchage du cône séparateur	Augmentation de la charge circulante	5	2	3	30	Maintenance préventive à fréquence très élevée	
Ventilateur de tirage	Créer la dépression dans la chambre de sélection	Usure/fissure roue à aube	Sédimentation	Mauvaise dépression dans la chambre de sélection	Visuelle	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevée	
Registre d'entrée d'air	Régulation de débit d'air de turbulence	Fuite	Fatigue	Impact sur la finesse de produit fini	Augmentation de la charge circulante	2	1	2	4	Maintenance corrective	

AMDEC Moyen										Préparé par :	
Système : séparateur			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 23/04/2015				El BayHafsa EL BeqalAsmae	
Sous-système : Partie inférieur											
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action	
						G	F	D	C		
Palier inférieur	Guidage en rotation de rotor	Usure/ bruit	Mauvaise lubrification/alimentation insuffisante en lubrifiant	Elévation T/vibration		5	2	3	30	Maintenance préventive à fréquence très élevée	
Tirant	Fixation de palier inférieur	Desserrage	Mauvais serrage	Désalignement de rotor/bruit	Visuelle	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevée	
Cône de rejets	Sépare les rejets aux fines	Usure	Usure de revêtement/matière abrasif	Fuite	Visuelle	3	1	2	6	Maintenance corrective	
Cône des fines	Sépare les fines aux rejets	Usure	Usure de revêtement	Fuite	Visuelle	3	1	2	6	Maintenance corrective	
Blindages	Protection des conduites	Usure	Usure par fatigue /par frottement	Usure des conduites	Visuelle	3	1	2	6	Maintenance corrective	

Tableau A2. 9: Résultat AMDEC centrale de lubrification séparateur

AMDEC Moyen							Préparé par :			
Système : séparateur			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 24/04/2015				
Sous-système : Centrale de lubrification						EL BayHafsa EL BeqalAsmae				
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action
						G	F	D	C	
Pompe de graissage	Graissage de réducteur et palier	Défaut débit	Joints défectueux/ Bouchage canaux/ fuite	Mauvaise lubrification/ Echauffement pompe	Indicateur	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevée
Echangeur	Refroidir l'huile	Débit d'eau à la sortie réfrigèrent faible	colmatage	Température élevé	Indicateur débitmètre	4	3	2	24	Maintenance préventive à fréquence très élevée

➤ **Elévateur**

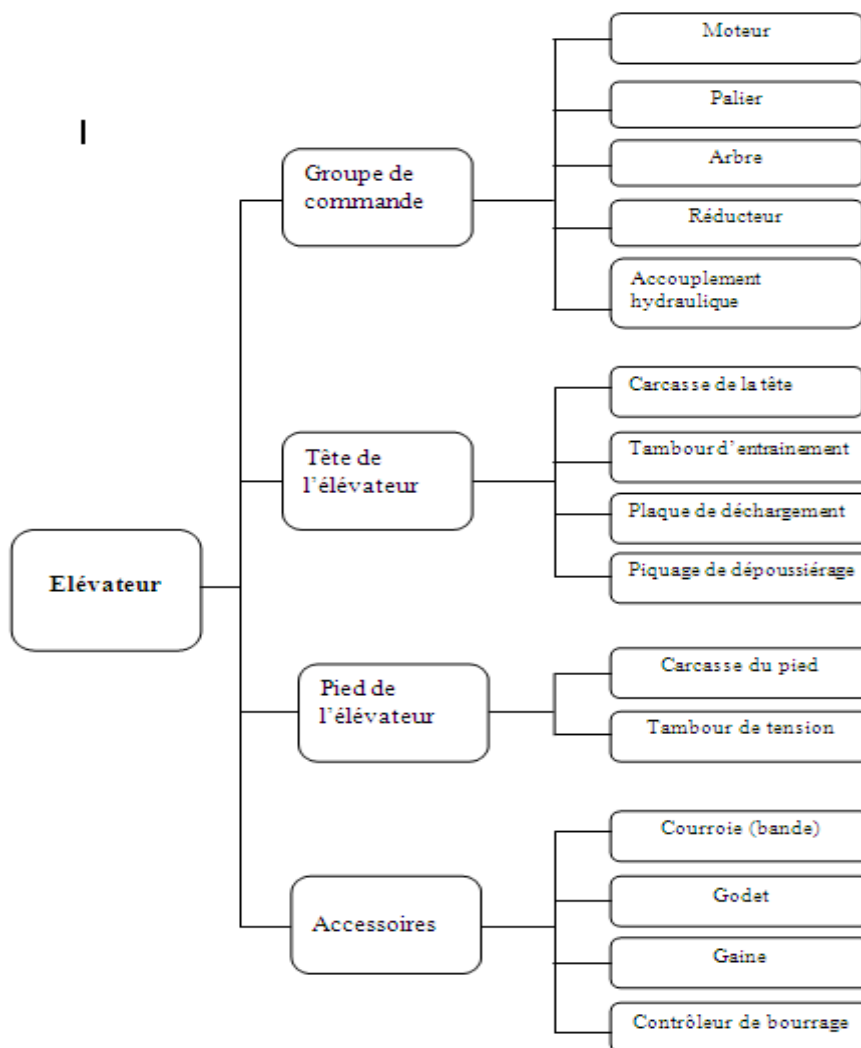


Figure A2. 2: Décomposition fonctionnelle élévateur

Tableau A2. 10: Résultat AMDEC groupe de commande élévateur

AMDEC Moyen										Préparé par : El BayHafsa EL BeqalAsmae	
Système : Elévateur à godets sur courroie Sous-système : groupe de commande			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 25/04/2015					
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action	
						G	F	D	C		
Moteur	Entrainer le tambour	Pas de rotation	Pas d'alimentation	L'élévateur ne démarre pas ou s'immobilise pendant le service	Visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée	
			Absence de commande								
			Moteur hors service								
Palier	Guidage en rotation de l'arbre de tambour	Usure /cassure	Mauvais montage/Problème de graissage / fatigue / manque d'étanchéité	Arbre bloquée/ bruit/ température élevé	Visuelle	1	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne	
Réducteur	Modification de rapport de vitesse	Grippage	Manque de lubrifiant/ Lubrifiant inadapté	Usure	Visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée	
		Fuite d'huile	Etanchéité insuffisante du couvercle du réducteur ou des plans de joint	Chute de niveaux d'huile							
		Roulements endommagés	Désalignement	Vibration							
Accouplement hydraulique	Transmettre des couples de moteur au réducteur / protection	Usure des tocs en bois	Surcharge / Défaut d'alignement	Vibration	Visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée	
		Etat de liaison avec la clavette	Rainure usée/ Clavette matée ou délogée/ Mauvais emmanchement	Battement							
Arbre	Transmettre le mouvement de rotation au tambour	Cassure	Mauvais montage/ qualité matériau	Pas de transmission	Visuelle	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevée	

Tableau A2. 11: Résultat AMDEC accessoire élévateur

AMDEC Moyen										Préparé par :	
Système : Elévateur à godets sur courroie			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 25/04/2015			El BayHafsa EL BeqalAsmae		
Sous-système : Accessoires											
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action	
						G	F	N	C		
Courroie (bande)	Fixation des godets	Usure	Frottement élevé	Transmission difficile	Visuelle	5	1	3	15	Maintenance préventive à fréquence élevée	
		désalignement	Usure de tambour de tension / Forte adhérence de matière dans le pied d'élévateur								
		Allongement courroie	Mal fonctionnement des tirants								
Godet	Recevoir la matière et la transporter	Déformation godet	Granulométrie de la matière	Chute de débit	Visuelle	3	1	3	9	Maintenance préventive à fréquence moyenne	
		Godet manquant	Boulons manquants ou mal serrés								
Gaine	Reforme l'élévateur	Colmatage	Humidité élevé		Visuelle	3	1	2	6	Maintenance préventive à fréquence moyenne	
Contrôleur de bourrage	Control la hauteur de matière transportée dans le pied d'élévateur	Pas de réaction	Fatigue	Pied de l'élévateur à godets surchargé	visuelle	3	1	2	6	Maintenance préventive à fréquence moyenne	

Tableau A2. 12: Résultat AMDEC tête élévateur

AMDEC Moyen										Préparé par :	
Système : Elévateur à godets sur courroie			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 26/04/2015			El BayHafsa EL BeqalAsmae		
Sous-système : Tête de l'élévateur											
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action	
						G	F	N	C		
Carcasse de la tête	protection	Usure / corrosion	humidité	Mauvaise fonctionnement	visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne	
Tambour d'entraînement	Entrainer la bande	Présence de méplats /fissures	Absence de revêtement/frottement	Déport de bande/ usure bande	visuelle	5	2	2	20	Maintenance préventive à fréquence élevée	
		Usure revêtement	Présence de la matière entre bande et tambour	Réduction vitesse bande/ Déport de bande							
Plaque de déchargement	Réception de la matière vidée par les	Mal alignée	Boulons de fixation manquants ou	l'élévateur transporte trop peu	Visuelle	3	1	2	6	Maintenance corrective	

	godets		mal serrés							
		Usure	Surcharge contact avec les godets							
Piquage de dépolssiéragé	Aération d'élévateur	Bouchage	humidité	Carcasse sous pression	visuelle	3	2	2	12	Maintenance préventive à fréquence moyenne

Tableau A2. 13 : Résultat AMDEC pied élévateur

➤ **Doseur**

Tableau A2. 14: Résultat AMDEC doseur

AMDEC Moyen										Préparé par :
Système : Doseur (Clinker, Gypse, calcaire)			Phase de fonctionnement : en cours de production			Date : 28/04/2015				El BayHafsa
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action
						G	F	D	C	
Moteur d'entraînement	Entrainement de tambour de commande	Pas de rotation	Pas d'alimentation	Arrêt de la bande transporteuse	Visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
			Absence de commande							
			Moteur hors service							
Réducteur	Modification de rapport de vitesse	Grippage	Manque de lubrifiant/ Lubrifiant inadapté	Usure	Visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
			Fuite d'huile	Chute de niveaux d'huile						
			Roulements endommagés	Vibration						
Générateur d'impulsion	Mesurer la vitesse de la bande mesurée directement sur l'arbre de moteur	Casse	Fatigue	Arrêt du doseur		5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Trémie d'alimentation	Stockage de la matière	Usure/Endommagement/Fuite/Fissure	-Abrasiveité matière -Qualité matériau	Influence sur la qualité de matière	visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Pont de pesage	Mesure la charge de la matière sur une longueur de bande définie	Blocage /crammge	Surtension	Incident qualité	Mauvais indication à partir de salle de controle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne

Tambour de commande	Entrainer la bande	Fissures	Absence de revêtement	Frottement élevé/ usure bande	Visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Tambour de queue	Assurer la tension de la bande	Usure /bombement	Surcharge	Défaut d'alignement de la bande, en bas	Visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Bande	Transport de la matière / assure l'extraction de la matière du silo d'aliment°	déchirure / usure	Granulométrie de la matière/ Température élevée	Déport de la bande / Bande trouée	Visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne

➤ **Filtre de dépoussiérage**

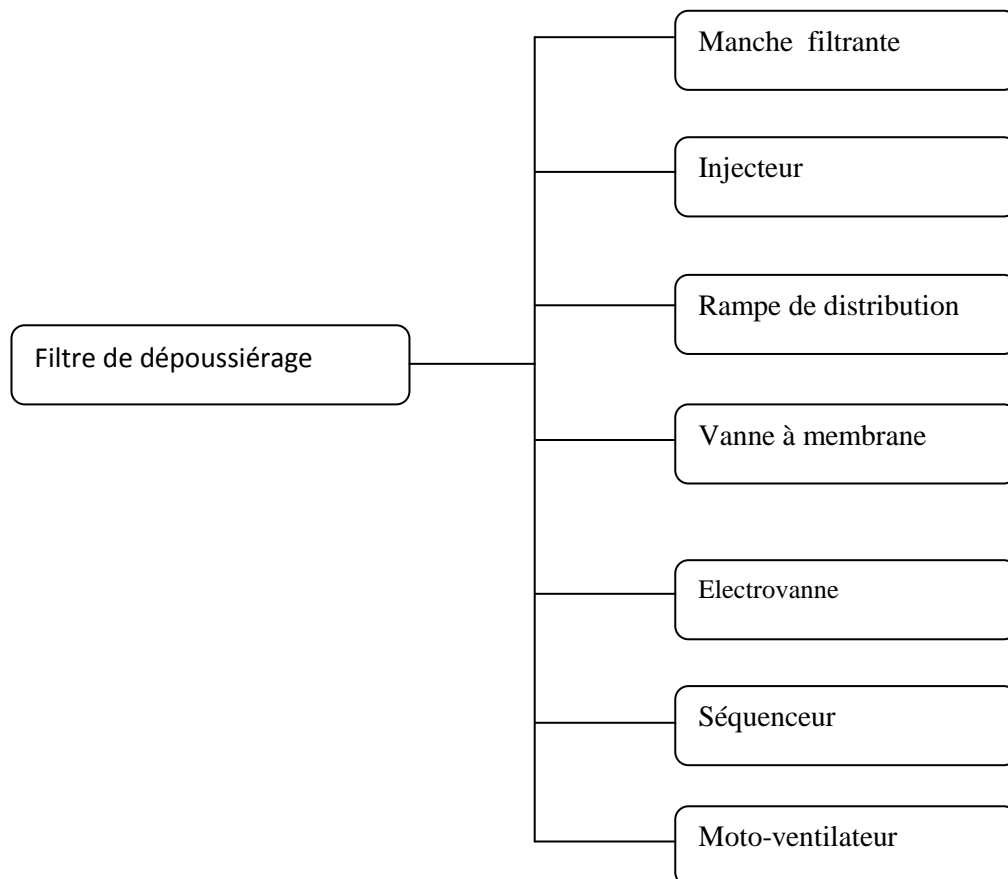


Figure A2. 3: Décomposition fonctionnelle filtre de dépoussiérage

AMDEC										Préparé par : El BayHafsa EL BeqalAsmae
système : filtre de dépolluissage			Phase de fonctionnement : arrêt et positionnement		Date : 30/04/2015				Action corrective	
composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				
						G	F	N	C	
Manche filtrante	Assurer le collage de la poussière sur sa surface extérieur	Usure Perçage	Température élevée Manque de frappage	Formation de croûtes de poussière	Visuelle	5	2	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
injecteur	Injecter l'air comprimé sur les manches	Usure				3	1	2	6	Maintenance corrective
Rampe de distribution	Alimenter les injecteurs avec l'air comprimé	Cassure	Fatigue	Pas de frappage Colmatage des manches	Visuelle	3	1	2	6	Maintenance corrective
Vanne à membrane	Commander l'injection d'air comprimé dans les manches filtrantes	Usure Coincement	Fatigue	Pas de secouage	Visuelle	2	3	2	12	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Electrovanne	Commander la vanne à membrane	Coincement	Fatigue	Pas de secouage	Visuelle	2	3	2	12	Maintenance préventive à fréquence moyenne
séquenceur	Actionner les vannes à membrane	Endommagement des cartes électronique	Surtension	Pas de frappage automatique	Visuelle	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne
Moto-ventilateur	Tirer les gaz de la chambre propre	Usure des pâles	Fatigue Abrasion des pâles	Déséquilibre du ventilateur/ vibration	Vibration	5	1	2	10	Maintenance préventive à fréquence moyenne

Tableau A2. 15: Résultat AMDEC filtre de dépolluissage

➤ Plan de maintenance

Tableau A2. 16: Plan de maintenance de broyeur

		Plan de maintenance preventive		unité de production: BK5		
Equipement :	composant	action	Marche/Arrêt	intervenant	Périodicité	
broyeur	Virole	Faire un contrôle au ressuage sur les soudures des portes de visite	A	VM	T	
		Faire un contrôle au ressuage sur les soudures sur un échantillon des brides du broyeur	A	VM		
	Blindage	Contrôler état et relever l'usure des blindages du 1er compartiment	A	VM	S	
		Contrôler état et relever l'usure des blindages du 2ème compartiment	A	VM	S	
		Contrôler le coating des blindages	A	VM	S	
	cloison intermédiaire et de sortie	Contrôler état et relever l'usure des grilles de la cloison	A	VM	M	
		Contrôler état et relever l'usure des plaques arrières de la cloison	A	VM	M	
		Nettoyer les lumières des grilles de la cloison	A	VM	M	
		Contrôler l'usure des boulons de fixation des grilles et plaques	A	VM	M	
	Goulotte d'entrée	Contrôler état d'usure, fixation, fuites de matière et déformation de la goulotte et de la porte de visite	A	VM	T	
centrale de lubrification	Pompe BP	Contrôler température, fixation, bruit anormal sur la pompe BP	M	VM	J	
		Contrôler fuite d'huile sur la tuyauterie et clapet de refoulement	M	VM	J	
		Contrôler la pression de refoulement P = 8 bar	M	VM	J	
		Contrôler fuite d'huile sur le filtre	M	VM	J	
		Contrôler fuite d'huile sur l'échangeur	M	VM	J	
		Contrôler température entrée sortie échangeur T sortie < T entrée	M	VM	J	
		Contrôler fuite d'huile sur le circuit de graissage réducteur	M	VM	J	
		Contrôler la pression de lubrification réducteur P = 1.2 bar	M	VM	J	
		Contrôler le débit de graissage réducteur Q = 5.8 L / mn	M	VM	J	
		Contrôler le débit de graissage patins Q = 7.5 L / mn	M	VM	J	
	Pompe HP	Contrôler fuite d'huile sur le circuit de graissage patins	M	VM	J	
		Contrôler la pression sur le circuit de graissage patins	M	VM	J	
	moteur électrique	Contrôler fuites d'huile sur la tuyauterie de retour	M	VM	J	
		Contrôler trace de fuite d'huile sur la tuyauterie HP	M	VM	J	
	filtre à huile	Contrôler trace de fuite d'huile sur le distributeur de répartition	M	VM	J	
		Graisser avec une pompe manuelle les 2 points du moteur	M	VM	M	
		Démonter le filtre à huile	A	VM	T	
		Contrôler la présence des impuretés sur la cartouche filtrante	A	VM	T	
		Nettoyer la cartouche filtrante avec du gasoil + air comprimé	A	VM	T	
		Remplacer la cartouche si nécessaire	A	VM	T	

Palier fixe et palier libre	patin	Contrôler état externe et fixation des patins	M	VM	H
		Contrôler état et fixation des flexibles de graissage des patins	A	VM	M
		Contrôler état et fixation des sondes de température	A	VM	M
		Mettre la pompe HP sur régime essai et contrôler la lubrification des patins	A	VM	M
	bandage	Contrôler état du bandage	A	VM	A
groupe de commande	moteur	Contrôler fixation, échauffement, vibration et bruit anormal du moteur	M	VE	J
		Contrôler l'état des sondes de température des paliers	M	VE	J
		Contrôler les fuites de graisse des paliers	M	VE	J
		Contrôler la fixation de la boîte à bornes	M	VE	M
		Contrôler l'étanchéité de la plaque à bornes	M	VE	M
		Contrôler la fixation du cache ventilateur	M	VE	M
		Contrôler la fixation du câble de mise à la terre	M	VE	M
		Contrôler la fixation et l'état des chemins de câbles	M	VE	M
		Contrôler l'état des câbles électrique d'alimentation	M	VE	M
	Contrôler le manque d'étincelles sur les bagues vu à travers la vitre	M	VE	M	
	Réducteur commande	Contrôler l'état des balais	M	VE	M
		Contrôler l'échauffement, le bruit et la vibration anormal du réducteur	M	VE	J
		Contrôler l'état des boîtiers des résistances de chauffage d'huile	M	VE	J
		Contrôler état des engrenages et des roulements du réducteur	A	VM	A
	Harnais de commande	Contrôler état et fixation des tuyauteries de lubrification	A	VM	A
		Démonter les portes de visites du carter couronne, pignons flottants	A	VM	A
		Contrôler état des pignons flottants et couronne	A	VM	A
		Relever le jeu du fond des dents (pignon - couronne)	A	VM	A
Accouplement	Relever le jeu du flanc de dents	A	VM	A	
	Contrôler état et alignement de l'accouplement	A	VM	A	
		Contrôler état des tampons en caoutchouc de l'accouplement	A	VM	A

Tableau A2. 17: Plan de maintenance séparateur

LAFARGE CEMENTS USINE DE MEKNES		Plan de maintenance preventive		unité de production: BK5	
Equipement : Séparateur	composant	action	Marche/Arrêt	intervenant	
groupe de commande	Moteur	Graisser les roulements du moteur	M	GR	
		Contrôler température , vibration , fixation et bruit anormal du moteur	M	VE	
	Accouplement	Contrôler l'alignement de l'accouplement	A	VM	
		Contrôler l'état des éléments élastiques d'accouplement	A	VM	
	Réducteur	Faire une mesure vibratoire	M	VM	
		Prendre un échantillon d'huile et l'analyser	M	VM	
		Contrôler fuites d'huile sur réducteur	M	VM	
		Vérifier l'état des roulements	A	VM	
	Pompe à huile	Contrôler température , vibration , fixation et bruit anormal du moto-pompe	M	VM	
		Contrôler fuite d'huile sur la pompe	M	VM	
Controler le débit d'huile		M	VM		
Arbre denté	vérifier l'état de l'arbre	A	VM		
Réfrigèrent d'huile	Nettoyage réfrigérant	A	VM		
partie sup	Plateau de dispersion	Contrôler fuite de matière et usure du plateau	M	VM	
	Palier supérieur	Controler l'état de palier (température,vibration)	A	VM	
		vidanger et remplir à nouveau le carter de palier supérieur avec l'huile	A	GR	
	Pales de sélection	Contrôler l'état d'usure et fixation des pâles	A	VM	
Ventilateur de tirage	Controler l'état de ventilateur (bruit, vibration)	M	VM		
partie inf	Palier inférieur	Graisser les paliers inférieurs du séparateur	M	GR	
		Controler l'état de palier	A	VM	
	Tirant	Controler fixation des tirants	M	VM	
	Cône de rejets	Contrôler fixation et usure cône de rejets	A	VM	
	Cône des fines	Contrôler fixation et usure cône des fines	A	VM	
Central de lub	Pompe de graissage	Contrôler fixation et usure blindage	A	VM	
		Contrôler température , vibration , fixation et bruit anormal du moto-pompe	M	VM	
		Contrôler fuite d'huile sur la pompe	M	VM	
		Contrôler le débit de lubrification	M	VM	
		Contrôler la pression de lubrification	M	VM	
	Contrôler température $40 < T < 90$ ° C	M	VM		
Echangeur	Contrôler fuite d'eau	M	VM		


Tableau A2. 18: Plan de maintenance filtre de dépoussiérage

LAFARGE CEMENTS USINE DE MEKNES		Plan de maintenance preventive		unité de production: BK5		
filte de dépoussiérage	composants	action	Marche/Arrêt	intervenant	Périodicité	
manche filtrante		Contrôler visuellement à l'aide d'une lampe torche la présence de matière sur toutes les manches.	A	VM	S	
		Démonter et contrôler les manches dont les fonds contiennent un dépôt important de matière et les remplacer si nécessaire	A	VM	S	
		Remplacer les manches usées ou percées	A	VM	S	
injecteur		contrôler l'usure et la déformation des injecteurs et remplacer ceux usés ou déformés	A	VM	S	
rampe de distribution		Vérifier le bon état des joints toriques des rampes d'injection d'air		VM	T	
vanne à membrane		Contrôler état , fixation , fuites d'air et position de la vanne de réglage débit d'air	M	VM	M	
electrovanne		tester le bon fonctionnement des electrovannes	M	VE	M	
séquenceur		01 Contrôler l'état du coffret de commande	M	VE	M	
		02 Contrôler le fonctionnement du cycle	M	VE	M	
moto-ventilateur		Contrôler fixation , échauffement , vibration et bruit anormal du moteur	M	VE	M	

Tableau A2. 19: Plan de maintenance élévateur

		Plan de maintenance preventive			unité de production: BK5	
Equipement :	composant	action	Marche/Arrêt	intervenant	Périodicité	
Elévateur à godets						
groupe de commande	Moteur	Graisser les roulements du moteur	M	GR	S	
		Contrôler température , vibration , fixation et bruit anormal du moteur	M	VE	H	
	Accouplement hydraulique	Contrôler l'alignement de l'accouplement	A	VM	S	
		Contrôler bruits anormaux sur accouplements	M	VM	M	
		Faire une mesure vibratoire	M	VM	T	
	Réducteur	Contrôler fuites d'huile sur réducteur	M	VM	M	
		Contrôler le bruit , les vibrations et l'échauffement anormaux	M	VE	M	
		Vérifier l'état des roulements	A	VM	T	
	palier	Graisser avec une pompe manuelle les paliers	M	GR	S	
		Controler les portés des paliers	A	VM	H	
Arbre	vérifier l'état de l'arbre	A	VM	S		
Accessoires	Courroie	Contrôler centrage de la bande et son état	M	VM	M	
	Godet	Contrôler usure et fissures des godets et agir en conséquence	A	VM	T	
		Contrôler l'endommagement des boulons de fixation des godets et remplacer si nécessaire	A	VM	T	
	Gaine	Contrôler colmatage de la gaine	M	VM	M	
Contrôleur de bourrage	Controler l'état de contrôleur	M	VM	A		
tête élévateur	Carcasse de la tête	Contrôler fuite de matière et son état	M	VM	M	
	Tambour d'entraînement	Contrôler usure du revêtement du tambour	A	VM	S	
	Plaque de déchargement	Contrôler usure de la plaque de déchargement	A	VM	A	
	Piquage de dépeussierage	Contrôler colmatage de piquage de dépeussierage	A	VM	S	
Pied élévateur	Carcasse du pied	Contrôler fuite de matière et son état	M	VM	M	
	Tambour de tension	Contrôler l'état du tambour (usure,bombement)	M	VM	S	

Tableau A2. 20: Plan de maintenance doseur

		Plan de maintenance preventive			unité de production: BK5	
Equipement :Doseur	composants	action	Marche/Arrêt	intervenant	Périodicité	
Moteur d'entraînement		Contrôler fixation , échauffement , vibration et bruit anormal du moteur	M	VE	J	
Réducteur		Vidanger la contenance d'huile du réducteur et remplir d'huile le carter sans oublier de Nettoyer tous les alentours après fin des travaux	M	GR	S	
		Contrôler fixation , échauffement , vibration et bruit anormal du réducteur	M	VE	J	
		Contrôler le niveau et les fuites d'huile par le réducteur	M	VE	J	
Générateur d'impulsion		Contrôler l'état de générateur d'impulsion	M	VE	J	
Trémie d'alimentation		contrôler l'état de trémie	M	VM	H	
Pont de pesage		01. Vérifier si le système de pesage n'est pas bloqué	A	VE	Q	
		02. Lancer la vidange du doseur	A	VE	Q	
		03. Effectuer le tarage: (de la bande, de la vitesse, du peson)	A	VE	Q	
Tambour de commande et de queue		Contrôler les fissures sur les flasques des tambours	M	VM	Q	
		Contrôler rotation du tambour (faux rond , déformation , cassure)	M	VM	Q	
Bande		Contrôler l'état de la bande (déchirure , usure , déport) et sa tension	M	VM	Q	