

Table des matières :

DEDICACES -----	2
REMERCIEMENT-----	3
Résumé -----	4
TABLE DES MATIERES -----	6
LISTES DES FIGURES -----	10
LISTES DES TABLEAUX-----	11
INTRODUCTION -----	13
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE LAFARGEHOLCIM MEKNES-----	14
I. <u> GROUPE LAFARGEHOLCIM </u> -----	14
1.1. Fusion LAFARGEHOLCIM -----	14
1.2. HISTORIQUE -----	15
1.3. Présentation de LAFARGE -----	16
II. <u> Présentation LAFARGEHOLCIM-Meknès </u> -----	16
2.1. Présentation générale -----	16
2.2. Fiche signalétique -----	17
2.3. Organigramme de LafargeHolcim Meknès-----	17
2.4. Produits de la société-----	18
CHAPITRE 2 : PROSECUS DE FABRICATION DU CIMENT -----	20
I. <u> Introduction </u> -----	20
II. <u> Etape 1 : préparation des matières premières </u> -----	21
2.1. Exploitation de la carrière-----	21
2.2. Concassage -----	21
2.3. Pré homogénéisation -----	22
2.4. Broyage de cru -----	21
III. <u> Etape 2 : production du clinker </u> -----	22
3.1. Préchauffage -----	22

3.2. Cuisson	22
3.3. Refroidisseur	23
IV. <u>Etape 3 : mouture du ciment et expédition</u>	23
4.1. Silos à clinker	23
4.2. Broyage du ciment	23
4.3. Expédition	23
CHAPITRE 3 : SERVICE DEPARTEMENT D'ENSACHAGE	24
1. La vanne doseuse	24
2. Broyeur de mottes	25
3. L'aérogliissière	25
4. L'élévateur à godets	27
5. Crible : HAVER NIAGARA	27
6. Vis de récupération de matière	28
7. L'ensacheuse ROTO PACKER	28
CHAPITRE 4 : ANALYSE FONCTIONNELLE DES ENSACHEUSES	30
I. Description de la machine	30
1.1 Données caractéristiques	30
1.2 Réducteur (sous-groupe commande rotative)	31
1.3 Moteur de commande, turbine de remplissage	31
1.4 Domaine d'application et utilisation conforme	31
1.5 Données du produit	31
1.6 Désignation de la machine	32
1.7 Description Générale	32
1.8 Entraînement	33
1.9 Station de remplissage	33
1.10 Description du Remplissage	34

CHAPITRE 5 : ETUDE DE L'ENSACHEUSE	37
1. Application de l'AMDEC	37
II. <u>Etude critique des composantes d'ensachage</u>	39
A. <u>Diagramme de PARETO</u>	39
A.1. But	39
A.2. Quand	39
A.3. Comment	39
A.4. Construire le diagramme	41
B. <u>Conclusion</u>	41
Chapitre 6 : Maintenance de la machine Haver.	42
I. <u>Introduction</u>	42
II. Application	42
III. <u>Calcul les durées d'intervention</u>	44

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1 : Organigramme de LafargeHolcim Meknès.	-----
Figure 1.2 : LafargeHolcim au Maroc	-----
Figure 2.1 : Les composantes du ciment	-----
Figure 2.2 : Étapes de cuisson du clinker	-----
Figure 2.3 : Processus de Fabrication du ciment.	-----
Figure 3.1 : Broyeur de mottes.	-----
Figure 3.2 : L'aéroglière.	-----
Figure 3.3 : Schéma d'un élévateur à godets.	-----
Figure 3.4 : Crible HAVER NIAGARA	-----
Figure 3.6 : Schéma d'une ensacheuse ROTO PACKER.	-----
Figure 3.7 : Schéma cinématique de l'ensacheuse.	-----
Figure 4.1 : Désignation de la machine.	-----
Figure 4.2 : l'ensacheuse HAVER ROTO PACKER.	-----
Figure 4.3 : Schéma de Station de remplissage.	-----
Figure 4.4 : Vérin double effet à trois positions.	-----
Figure 5.1 : Diagramme de Pareto.	-----

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Fiche signalétique de LafargeHolcim Meknès.	-----
Tableau 1.2 : Les produits de LafargeHolcim.	-----
Tableau 4.1 : Données caractéristiques.	-----
Tableau 4.2 : Données de Réducteur.	-----
Tableau 4.3 : Données de Moteur de commande.	-----
Tableau 4.4 : Données du produit de LafargeHolcim.	-----
Tableau 5.1 : Tableau de criticité des composantes de la machine.	-----
Tableau 5.2 : Calcul cumule de la criticité.	-----
Tableau 6.1 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Tuyau de jonction	-----
Tableau 6.2 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Balance	-----
Tableau 6.3 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Vérin pneumatique	-----
Tableau 6.4 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Courroies SPA 1157	-----
Tableau 6.5 : Calcul des périodes d'intervention : BEC1	-----
Tableau 6.6 : Calcul des périodes d'intervention : BEC2	-----
Tableau 6.7 : Calcul des périodes d'intervention : BEC3	-----
Tableau 6.8 : Calcul des périodes d'intervention : BEC4	-----
Tableau 6.9 : Calcul des périodes d'intervention : BEC5	-----
Tableau 6.10 : Calcul des périodes d'intervention : BEC6	-----
Tableau 6.11 : Calcul des périodes d'intervention : BEC7	-----
Tableau 6.12 : Calcul des périodes d'intervention : BEC8	-----
Tableau 6.13 : Résumé des calculs	-----
Tableau 6.14 : Période d'intervention	-----
Tableau 6.15 : Fiche d'aide à la maintenance.	-----

Introduction

Ce projet de fin d'études traite le problème d'optimisation de la fonction maintenance par « l'élaboration d'un plan de maintenance ». Il a pour objectif de cerner les différentes composantes du processus de fabrication tout en cherchant celles qui présentent les défaillances les plus critiques. Par la suite il consiste à identifier les organes élémentaires de ces composantes qui portent préjudice au fonctionnement normal du processus. Les méthodes proposées ont pour but de focaliser les efforts sur les défaillances des équipements qui causent la majorité des effets nuisibles à la maintenance, à la production et à la qualité. Elles reposent essentiellement sur l'étude de la fiabilité des équipements et sur une étude AMDEC du processus. Ces techniques consistent non seulement à identifier les anomalies et les dysfonctionnements du processus mais elles remontent jusqu'à leurs causes d'origine puis suggèrent des actions préventives et correctives appropriées.

La Maintenance Basée sur la fiabilité (MBF) apparaît au premier abord comme principalement destinée à élaborer un programme de maintenance préventive optimisé, ayant pour but la sûreté de fonctionnement et la sécurité des moyens de production en tenant compte des aspects économiques. La suite de cette étude est de déterminer les défaillances, les dysfonctionnements critiques et les périodes des interventions par le calcul des MTBF. La méthode a pour but non seulement de déterminer les périodes d'intervention et les causes d'origine mais aussi de chercher les solutions et engager les actions préventives et correctives appropriées pour les éliminer et enfin généraliser et standardiser les résultats à toutes les composantes similaires des lignes d'ensilage.

L'analyse type AMDEC est basée sur un raisonnement logique et simple qu'on peut vulgariser à l'intérieur de LafargeHolcim. Elle a pour but de voir le processus dans une approche globale puis

descendre jusqu'aux organes les plus élémentaires en utilisant des outils performants. Au départ elle permet de maîtriser les processus, identifier ceux qui sont critiques puis identifier les causes des défaillances afin de proposer des actions préventives.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Introduction

Les cimenteries marocaines génèrent un chiffre d'affaire annuel de 15 milliards Dhs, elles constituent un acteur majeur dans l'économie du Royaume, La moitié du ciment marocain est consommé par 16% du territoire.

Les deux premières régions consommatrices sont le Grand-Casablanca et Tanger- Tétouan, où se trouvent aussi deux des trois usines marocaines de LAFARGEHOCIM, le leader du marché. L'industrie marocaine du ciment représente une part énorme dans l'économie marocaine, à la fois du fait des énormes quantités produites et du chiffre d'affaire généré, mais aussi par l'ampleur des investissements que cette industrie nécessite.

Les principaux acteurs du ciment marocain sont au nombre de quatre :

- LafargeHolcim Maroc (groupe français Lafarge).
- Ciments du Maroc (groupe italien Italcementi).
- Asment Temara (groupe portugais Cimpor).
- Le dernier né, 100 % marocain, Les Ciments de l'Atlas (CIMAT).

I. GROUPE LAFARGEHOLCIM

1. Fusion LAFARGEHOLCIM

Le 7 avril 2014, HOLCIM et LAFARGE annoncent leur projet de fusion au taux d'une action HOLCIM pour une action Lafarge. Le 7 juillet 2014, les deux groupes annoncent une liste d'actifs proposés pour désinvestissement afin de permettre la fusion. En mars 2015, sous la pression des actionnaires d'Holcim, le conseil d'administration d'Holcim envoie un courrier au groupe Lafarge faisant part de nouvelles exigences dans le cadre du projet de fusion entre les deux groupes. Le groupe suisse réclame un relèvement de la parité d'échange en sa faveur (0,875 action Holcim

pour une action Lafarge) et un autre président que le français Bruno Lafont pour le nouvel ensemble.

Un nouvel accord se met en place pour une nouvelle parité d'échange : 9 actions Holcim pour 10 actions Lafarge. Cependant un mouvement anti-Lafarge semble se dessiner. Après les contestations concernant la parité, les actionnaires contestataires s'en prennent aux objectifs de cette fusion et considèrent les gains chiffrés présentés par les deux groupes comme irréalistes. Le deuxième actionnaire du groupe Holcim avec 10% des actions, le russe Filaret Galtchev, a rejeté le nouveau compromis et trouve les avancées insuffisantes. Par ailleurs des actionnaires individuels se sont réunis et appellent, sur un site internet créé pour l'occasion (Holcimshareholders.ch), à voter contre le projet de fusion qui est présenté à l'assemblée générale du 8 mai 2015.

Le 10 juillet 2015, la fusion de Lafarge et d'Holcim est effective et comporte trois changements par rapport au projet de fusion entre égaux initial :

- Le changement de parité en faveur des actionnaires d'Holcim
- Le renoncement du PDG français de Lafarge, Bruno Lafont, à un poste de direction générale au profit d'Eric Olsen, ancien de chez Lafarge.
- Le choix de la Suisse comme siège du nouveau groupe.

Le nouvel ensemble est officiellement lancé le 15 juillet 2015 et prend le nom de LAFARGEHOLCIM.

2. HISTORIQUE

- ❖ En juillet 2016 : LAFARGEHOLCIM annonce la vente de ses activités en Inde pour 1,4 milliard de dollars à Nirma, dans le cadre de son plan de désinvestissement.
- ❖ En août 2016 : LAFARGEHOLCIM annonce la vente pour 520 millions d'euros de sa participation de 65 % de ses activités au Viet-Nam à Siam City Cement. Dans le même temps, LAFARGEHOLCIM annonce la vente de sa participation de 56 % dans sa filiale Sichuan Shuangma Cement à Tianjin Circle pour environ 500 millions de francs suisses, ainsi que le restant de ses activités en Chine à Huaxin pour environ 200 millions de francs suisses.
- ❖ En octobre 2016 : il vend sa participation de 54% dans sa filiale chilienne Cemento Polpaico, au fonds d'investissement Inversiones Caburga Limitada pour 225 millions de dollars.

Toutes ces cessions s'inscrivent dans un plan de 5 Mds € de cessions d'ici fin 2017 et de ne demeurer que sur les marchés où il est en position de force (leader, ou peut-être challenger) pour faire respecter ses prix.

3. Présentation de LAFARGE

LAFARGE est un groupe français de matériaux de construction, leader mondial dans son secteur, la société produit et vend dans le monde entier principalement du ciment, des granulats et du béton prêt à l'emploi.

En 2014 le chiffre d'affaires de LAFARGE s'est élevé à 12.843 milliards d'euros, dont 66.5% dans le ciment et 33.1% dans le béton et granulats.

Présent dans 61 pays, le groupe emploie environ 63000 personnes sur 1612 sites de production.

II. Présentation LAFARGEHOLCIM-Meknès

1. Présentation général

La cimenterie de Meknès se trouve au nord-est de la ville à proximité immédiate de HAY SOUSSI et non loin de la route principale de Meknès Fès.

Dénommée CADEM (ciments artificiels de Meknès) l'usine a démarré en 1953 avec une seule ligne de production à voie humide d'une capacité de 400 tonnes par jour, depuis les événements suivants se sont succédés :

- ✚ 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.
- ✚ 1985** : conversion du procédé voie humide en voie sèche, tout en augmentant la capacité de production qui atteint 1500 tonnes par jour.
- ✚ 1989** : installation d'un broyeur à ciment BK5.
- ✚ 1990** : la capacité de production passe de 1500 à 1800 tonnes par jour, grâce à des modifications au niveau du precalcinteur et du refroidisseur.

- ✚ **1993** : nouvelle extension avec le démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1 200 t/j clinker.
- ✚ **Mars 2015** : sous la pression des actionnaires d'Holcim, le conseil d'administration d'Holcim envoie un courrier au groupe Lafarge faisant part de nouvelles exigences dans le cadre du projet de fusion entre les deux groupes.

2. Fiche signalétique

<u>Raison sociale :</u>	LafargeHolcim Ciments usine de Meknès	<u>Directeur :</u>	Mr. AGOUMI
<u>Siege social :</u>	CASABLANCA	<u>Capital :</u>	476 430 500 DH
<u>Forme juridique :</u>	Société anonyme	<u>Gamme de produits :</u>	-CPJ35 -CPJ45 -CPJ55
<u>Date de création :</u>	1995	<u>Certification :</u>	-ISO 9001 -ISO 14001
<u>Numéro patente :</u>	17045015	<u>Effectif du personnel</u>	340
<u>Adresse :</u>	KM 8 Route de Fès, BP 33 Meknès	<u>CNSS :</u>	1098343
<u>Téléphone :</u>	0335-52-26-44/45/46	<u>Registre de commerce :</u>	40779

Tableau 1.1 : Fiche signalétique de LafargeHolcim Meknès.

3. Organigramme de LafargeHolcim Meknès

Voici une vue générale de l'organigramme de l'entreprise LAFARGEHOLCIM-Meknès et ces différents services.

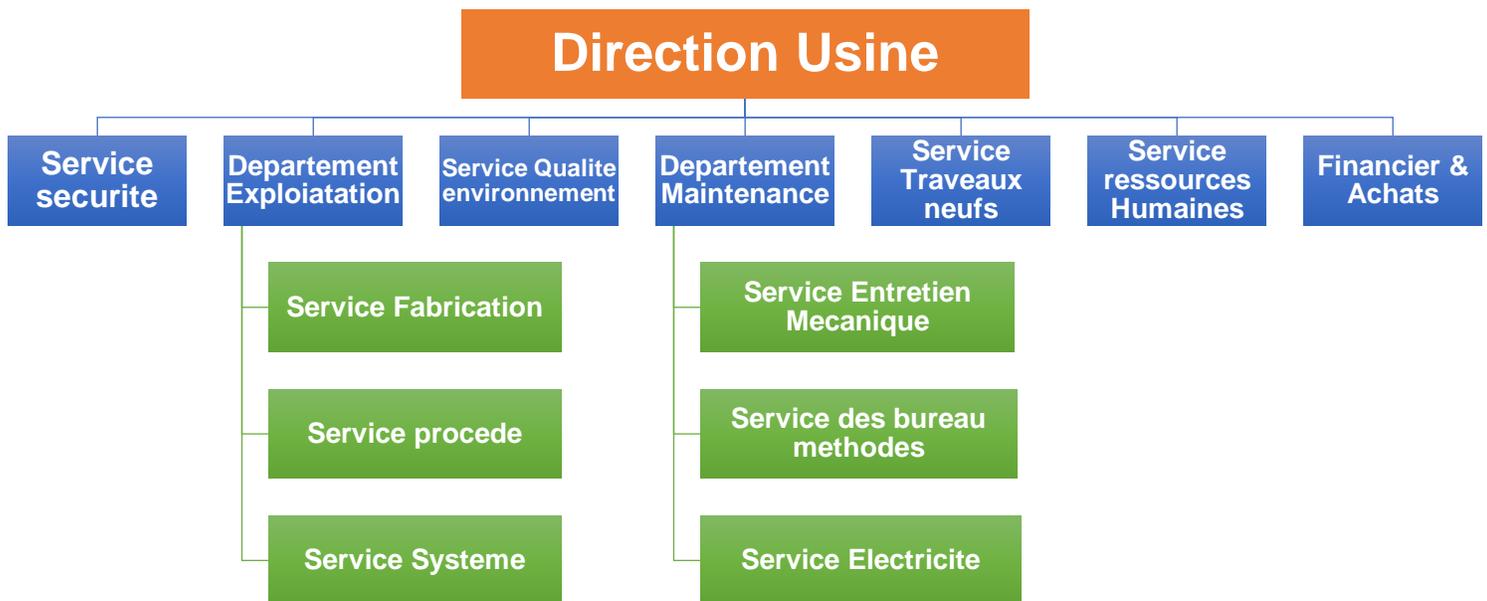


Figure 1.1 : Organigramme de LafargeHolcim Meknès.

4. Produits de la société

Pour répondre aux besoins spécifiques de ses clients, LAFARGEHOLCIM Maroc met à leur disposition une large gamme de ciments gris : CPJ 35, CPJ 45 et CPJ 55.

Le CPJ 35 est un Ciment Portland avec Ajouts, il doit contenir un pourcentage minimum en clinker de 65%, le reste étant constitué d'ajouts comme le calcaire et le gypse. Parmi les principales caractéristiques garanties par la norme, la R28 du CPJ 35 doit être supérieure à 22.5MPa.

Le CPJ 45 est un Ciment Portland avec Ajouts. Il doit contenir un pourcentage minimum en Clinker de 72%, le reste étant constitué d'ajouts comme le calcaire et le gypse. Parmi les principales caractéristiques garanties par la norme, la Rc28 du CPJ 45 doit être supérieure à 32.5MPa.

Le **CPJ55** est un Ciment Portland avec Ajouts composé principalement de clinker et de calcaire, il doit contenir un pourcentage minimum en clinker de 83%.

En outre, les trois types de ciments (CPJ35, CPJ45, CPA55) se différencient selon des pourcentages précis des ajouts au clinker.

	CPJ35	CPJ45	CPA55
Calcaire	31.50%	30.50%	21.50%
Adjuvant	0	350g/t	350g/t
Gypse	5%	5%	5%
Clinker	63.50%	64.5%	73.50%

Tableau 1.2 : Les produits de LafargeHolcim.

LafargeHolcim au Maroc

CIMENT

6 usines

- Grand Casablanca (Bouskoura et Settat)
- Centre (Meknès et Fès)
- Nord (Tétouan et Oujda)
- Souss (Agadir, en cours de construction)

3 centres de broyage

- Tanger
- Nador
- Laâyoune

Mortier Ciment

- 1 usine mortier ciment à Bouskoura

12 Mt/an
Capacité
de production
en 2016

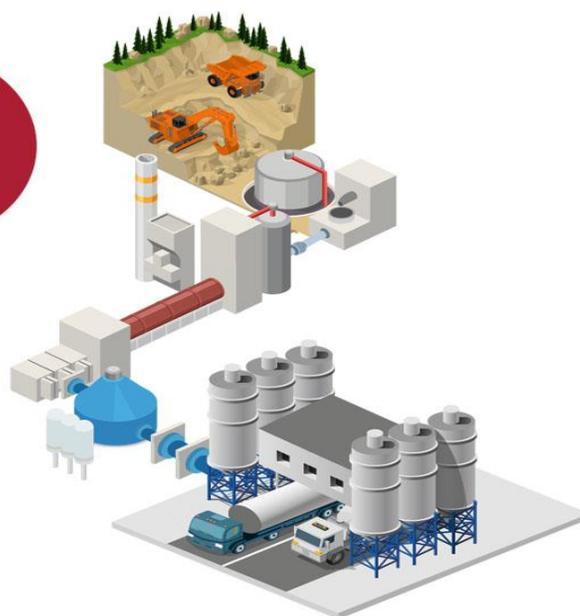


Figure 1.2 : LafargeHolcim au Maroc.

Chapitre II : Processus de Fabrication du ciment.

I. Introduction

La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production, des contrôles rigoureux et continus de la qualité.

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 de 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 figure suivante résume les éléments qui entrent dans la constitution du ciment :



Figure 2.1 : Les composantes du ciment.

II. Etape 1 : préparation des matières premières

1. 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 : forage, la mise en place de l'explosif, et le sautage.

2. Concassage

Pour réduire des dimensions de la matière première, et donc faciliter le stockage, on passe par une opération de concassage qui consiste à soumettre les matières premières à des efforts d'impact, d'attrition et de cisaillement.

L'usine LAFARGEHOLCIM de Meknès dispose de deux concasseurs à marteaux d'un débit de 800T/h et 400T/h consommant une puissance de 1.21MW

3. Pré homogénéisation

C'est l'étape qui suit le concassage et qui consiste à mélanger des différents composants de la matière première ainsi que les ajouts qui entrent dans la composition du ciment, tout en respectant les pourcentages de matière relatifs à chaque composant, pour obtenir à la fin une composition chimique appelée : le cru

4. 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.

III. Etape 2 : production du clinker

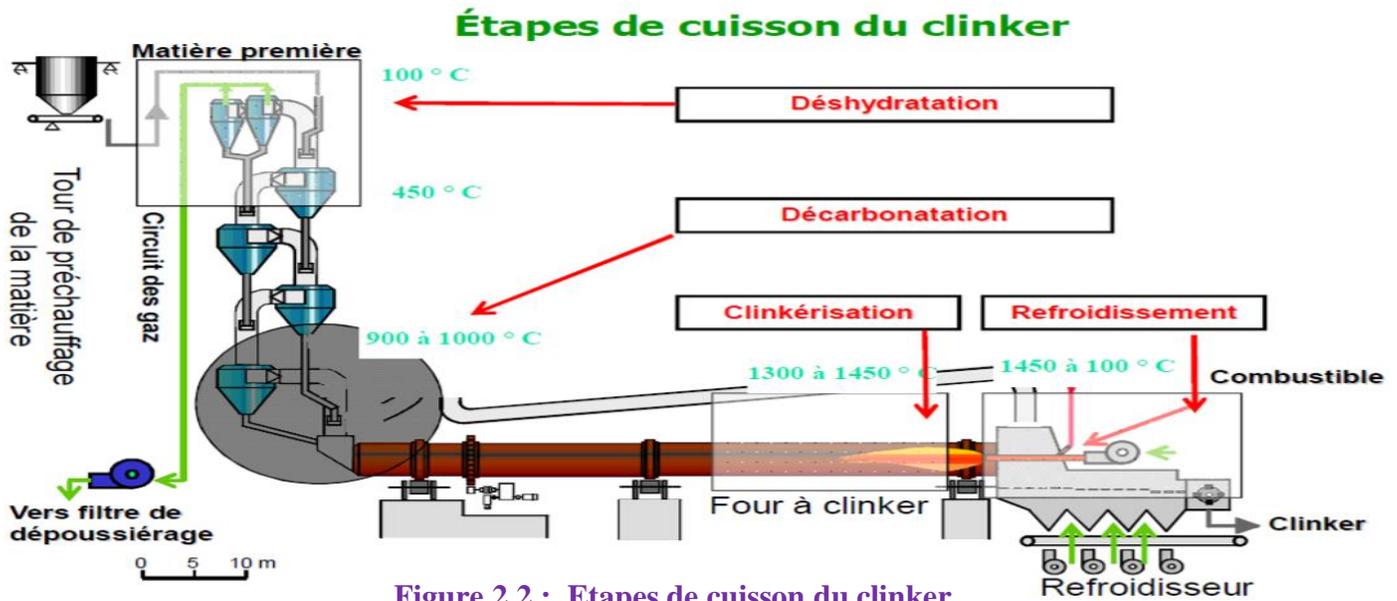


Figure 2.2 : Etapes de cuisson du clinker.

1. Préchauffage

Etape incontournable dans les installations de la cuisson modernes, 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.

2. Cuisson

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 mètre de longueur et 6 à 7 mètres de diamètre. Dans le four, la matière préparée par l'échangeur 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 atteint la fin du four.

3. Refroidisseur

Le rôle des refroidisseurs est de garantir la trempe de clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables ainsi qu'il abaisse la température du clinker afin de faciliter la manutention et le stockage.

IV. Etape 3 : mouture du ciment et expédition

1. Silos à clinker

Le clinker, issu du four, est stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment 1(étape suivant) 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.

2. 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 broyeur 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.

3. Expédition

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.

Présentation du département d'ensachage

Le service ensachage est responsable de la mise en sac du ciment de son transport vers les camions livreurs ainsi que de la maintenance de toutes les machines qui entrent en jeu dans ce travail.

À la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de stockage-Le service expédition de LafargeHolcim Meknès contient 7 silo, un installé en 2002 à 4 sorties les 6 autres sont plus anciens avec une seule sortie-. L'évacuation du ciment vers les silos de stockage est assurée par une pompe pneumatique.

Du silo vers un crible de protection -enlevant tous les composants étrangers- par moyen des aéro-glissières – système de transport par air fluidisé qu'on les trouve dans tous les secteurs d'une cimenterie-. , puis un élévateur à godets -Un élévateur à godets est une installation assurant l'ascension de matières solides en vrac- et finalement vers la trémie de stockage à 3 positions -niveau bas, niveau haut et un niveau très haut- qui permet l'évacuation de la matière vers l'ensacheuse.

1. La vanne doseuse

Les vannes doseuses assurent la fermeture des sorties de silo et l'évacuation contrôlée de produits. Elles sont généralement installées dans un tronçon d'aéroglossière dans lequel elle précède l'aéroglossière.

Il est recommandé d'installer une trappe d'isolement avant la vanne doseuse, afin de pouvoir effectuer sans danger des travaux d'entretien sur la vanne doseuse.

Les fonctions de la vanne doseuse sont les suivantes :

- Fermeture étanche aux poussières d'une sortie de silo.
- Régulation continue du flux matière sortant du silo et parvenant dans un appareil de transport placé en aval (aéroglossière par exemple).

2. Broyeur de mottes

- **Fonctionnement et montage**

Les broyeurs de mottes servent à broyer les agglomérats de ciment provenant du silo. Ils préviennent ainsi une obturation de la section d'ouverture de la vanne de dosage placée en aval. Les nodules sont concassés de manière à leur permettre de s'écouler aisément à travers l'ouverture de la vanne de dosage en même temps que le ciment fluidisé normal.

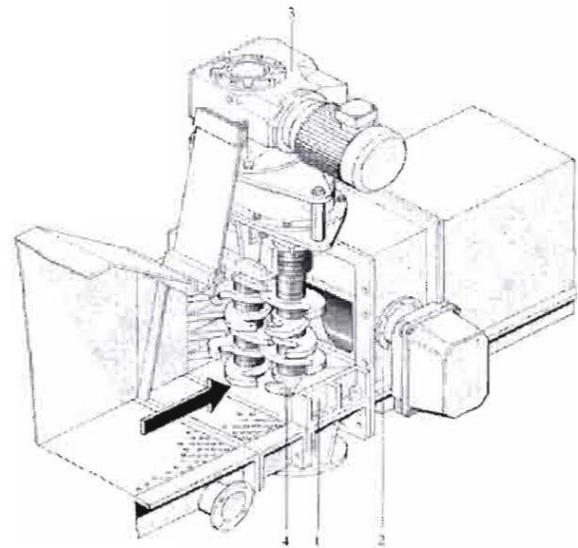


Figure 3.1 : Broyeur de mottes.

- **Entraînement**

Le Broyeur de mottes est équipé d'un moteur-réducteur à engrenage conique. Les roues de concassage tournent en sens inverse les unes par rapport aux autres.

3. L'aéroglossière

L'aéroglossière est un dispositif permettant le transport horizontal de produits pulvérulents en vrac (ciment, chaux, gypse etc.). Elle est inclinée dans le sens de transport (environ 6°).

L'aéroglossière se compose d'un boîtier en tôle subdivisé par une bande de tissu perméable à l'air en un caisson supérieur et un caisson inférieur.

Le produit acheminé est introduit par la tubulure d'entrée dans le caisson supérieur de l'aéroglossière. De l'air comprimé produit par le ventilateur est acheminé à travers le caisson inférieur de l'aéroglossière et pénètre régulièrement le tissu perméable à l'air. L'air pénètre ensuite le produit et l'enrichit de l'air en réduisant ainsi son coefficient de frottement, de sorte que le produit s'écoule dans l'aéroglossière inclinée vers la sortie, suivant la loi de la gravitation. L'air ayant pénétré le produit à transporter, passe ensuite au-dessus du lit de produit dans la partie supérieure du caisson supérieur. Il est alors évacué par la tubulure de dépoussiérage vers un filtre de dépoussiérage.

Types de tissu :

Dépendant des conditions de service, des types différents de tissu sont utilisés.

- Tissu pour une température maximale de 130° C Tissu en polyester perméable à l'air dont la résistance à la température atteint 130° C. L'épaisseur du tissu est de 4,7 mm Le tissu doit être monté avec une pré tension de 2 %.
- Tissu pour une température maximale de 250° C Tissu en polyester perméable à l'air dont la résistance à la température atteint 250° C. L'épaisseur du tissu est de 5 mm Le tissu doit être monté avec une pré tension de 0 %.



Figure 3.2 : L'aéroglassière

L'Aero-glissière est donc un caisson métallique divisé en 2 parties :

- La partie supérieure où se trouve la matière poudreuse fluidisée– **dite chambre salle.**
- La partie inférieure où se trouve l'air avec une pression comprise entre 250 et 500 mmH₂O– **dite chambre propre.**

Une membrane en tissu poreux se trouve entre les 2 parties du caisson

4. L'élève à godets

Cet appareil de manutention comporte une courroie sur laquelle sont fixés les godets, à l'intérieur d'une gaine métallique ; Cette courroie s'enroule en tête et en pied sur des poulies qui assurent son entraînement par un motoréducteur.

Bojdys (2002), par une étude de cas, souligne 3 bénéfices apportés par le remplacement d'un transporteur pneumatique par un élève à godets :

Il conclut que l'élève à godets permet une baisse moyenne de 2/3 de la consommation énergétique ; De plus, préférer cet appareil de manutention diminue significativement la quantité d'air empoussiéré à traiter et réduit la nuisance sonore.

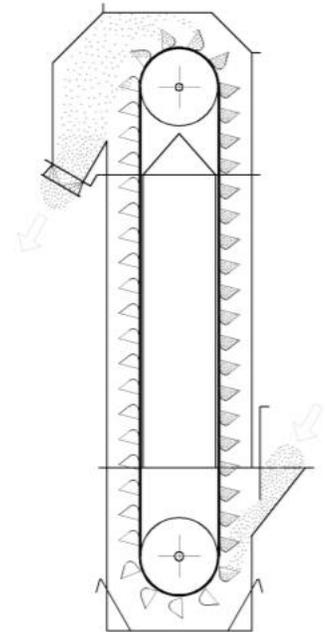


Figure 3.3 : Schéma d'un élève à godets.

5. Crible : HAVER NIAGARA (Tamis à corps étrangers)

Les tamis vibrant NIAGARA sert à séparer les corps étrangers et les collages de matériau. La séparation des corps étrangers sert en premier lieu à la protection de l'ensacheuse lors du chargement de sacs.

Le tamis vibrant est composé d'un châssis de base qui est fixé élastiquement à la construction du plafond, et le blindage covibrant avec le corps du

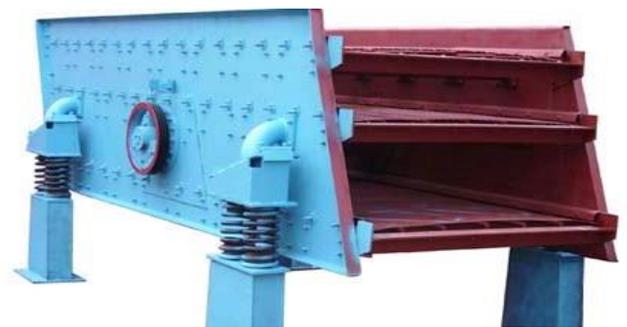


Figure 3.4 : Crible HAVER NIAGARA

tamis. L'excitation s'effectue par un arbre sur les côtés duquel sont fixés des poids déséquilibrés. Le moteur de commande est fixé latéralement, au choix à droite ou à gauche sur une console de moteur.

Deux lucarnes sont placées dans la tôle du couvercle pour observer le plan du tamis L'étanchéité entre les goulottes fixes et les tubulures vibrantes de l'appareil à tamiser est assurée par des manchettes à flexible fixées par colliers de fixation.

6. Vis de récupération de matière :

Les vis sans fin à augets permettent d'acheminer en continu des produits en vrac dont la consistance va du pulvérulent au granuleux, et ce à des températures élevées (250 °C max). Les vis sans fin sont dotées de paliers intermédiaires. Elles servent essentiellement pour des transports horizontaux, mais peuvent toutefois vaincre des pentes d'environ 15 °.

Le produit à récupérer ou transporter doit arriver à un rythme à peu près continu.

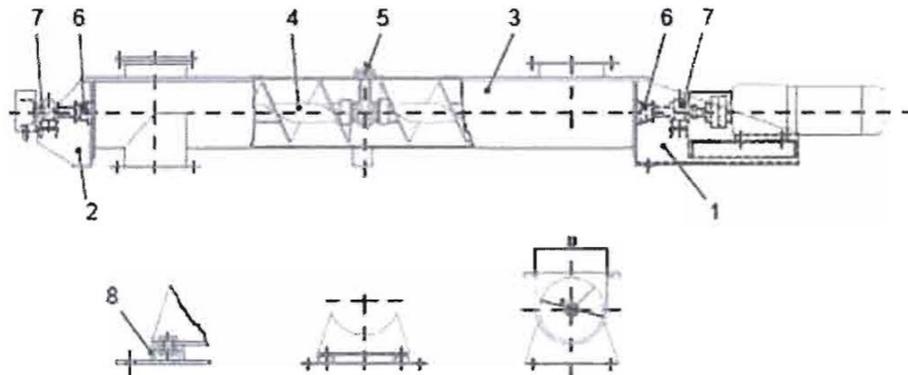


Figure 3.5 : Schéma de vis de récupération de matière

7. L'ensacheuse :

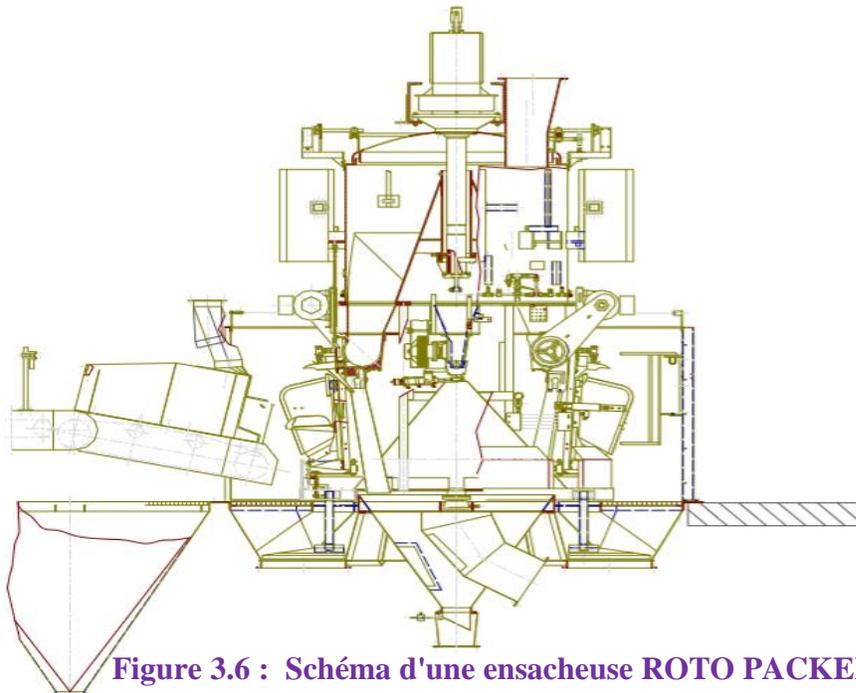


Figure 3.6 : Schéma d'une ensacheuse ROTO PACKER.

L'ensacheuse est une machine rotative permet l'emballage des sacs du ciment. Un operateur dans sa position de travail, met en place un sac sur chaque bec et vérin de position maintient cette position du sac en le bloquant durant tout le temps de remplissage. Le tambour de remplissage remplit le sac avec un débit diminuant au cours de cette tâche. Le sac reposant sur une bascule dès que le poids prédéfini est atteint le remplissage cesse et le sac est transporter vers les transporteurs à bandes.

Le schéma cinématique de l'ensacheuse est le suivant :

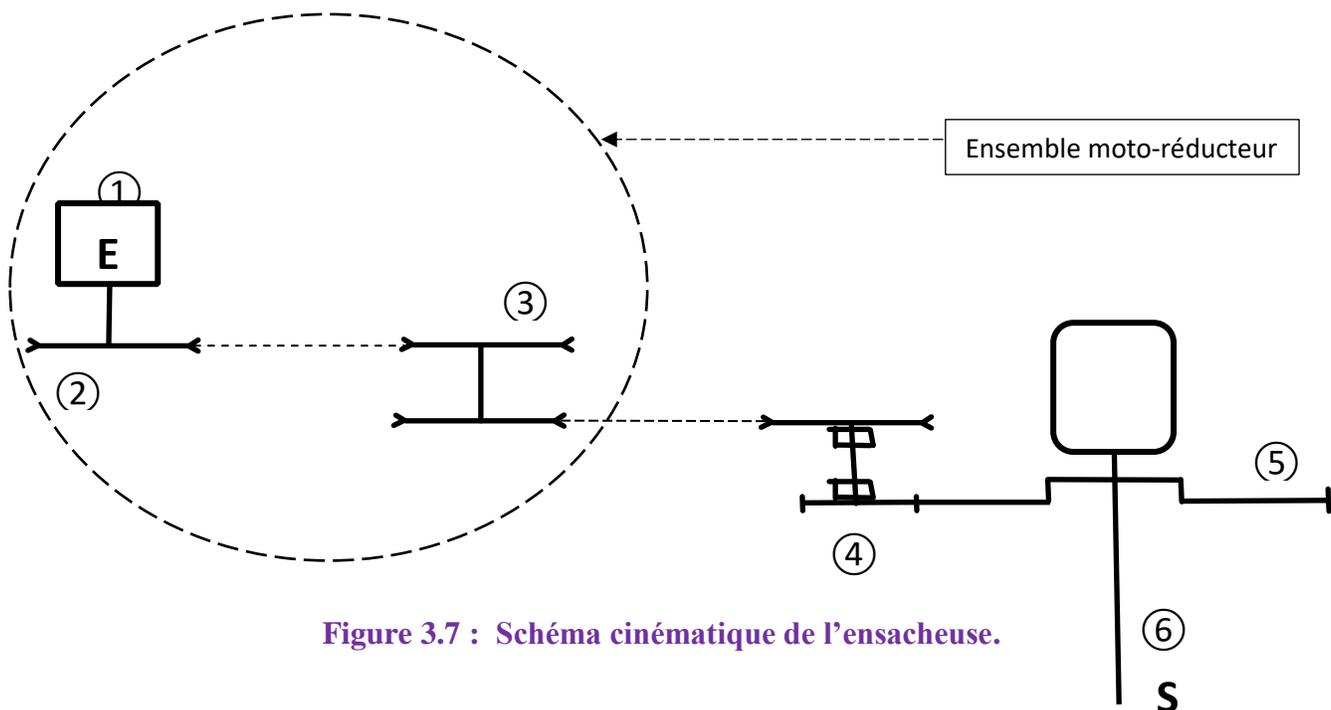


Figure 3.7 : Schéma cinématique de l'ensacheuse.

Le moteur (1) entraîne la poulie (2) qui a son tour transmet le mouvement au réducteur (3) par le biais d'une courroie trapézoïdale large. Cet ensemble constitue un bloc appelé **motoréducteur à arbre parallèle**.

Sur les axe des poulies sont montés des roulements rainurés à billes 6007 2KS. A la sortie de la dernière poulie est monté un pignon à dentures droites (4) qui s'engaine avec une roue – à dentures droites- (5) de grand diamètre. Cette roue est montée sur un roulement rainuré à billes de diamètre 170/310/6234M/C. L'arbre (6) de l'ensacheuse est accouplé avec la roue dentée (5). C'est ce qui donne le mouvement de sortie, c'est-à-dire **la rotation de la machine**.

Chapitre IV : Analyse fonctionnelle des ensacheuses.

Introduction

Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire auparavant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est à dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa vie de fonctionnement et de stockage.

A partir de l'analyse fonctionnelle, on pourra mener deux études d'aspects différents :

- **Aspect économique** : l'analyse de la valeur.
- **Aspect technique** : l'AMDEC.

Cela nous permettra d'aboutir à une synthèse nous donnant une solution fiable sur le plan technique ainsi que sur le plan économique ; l'analyse fonctionnelle est strictement nécessaire pour construire un plan de maintenance avec rigueur.

I. Description de la machine

C'est une machine rotative qui permet la mise en sac du ciment. L'application de sac vide est manuelle pour les ensacheuses de la LafargeHolcim. Cette opération peut être automatisée. L'opérateur, dans sa position de travail, met en place un sac sur chaque bec et un vérin de retenue maintient cette position du sac en le bloquant durant tout le temps de remplissage (en général durant un tour). Le tambour de remplissage remplit le sac -qui comporte des trous pour laisser passer l'air de fluidisation avec un débit diminuant au cours du remplissage. Le débit est régulé par le poids du sac. Le sac reposant sur une bascule dès que le poids prédéfini est atteint le remplissage cesse et le sac est libéré vers les transporteurs à bande.

1. Données caractéristiques :

Type de machine :	8 RSE
Produit à ensacher :	Ciment
Poids des sacs :	50 kg
Rendement de la machine :	Environ : 2.400 Sac /h

Tableau 4.1 : Données caractéristiques.

2. Réducteur (sous-groupe commande rotative) :

Genre :	Moto réducteur à roues droites
Type :	R47-DT90

Tableau 4.2 : Données de Réducteur.

3. Moteur de commande, turbine de remplissage :

Type :	1LA7 130-4AA60-Z
Puissance nominale du moteur :	5,5 KW
Régime du moteur :	1.500 tr/min
Tension du moteur	400V
Fréquence	50Hz

Tableau 4.3 : Données de Moteur de commande.

4. Domaine d'application et utilisation conforme :

- L'ensacheuse sert à emballer dans des sacs de Ciment.
- Seul du personnel mis au courant et auquel on a confié la machine sera autorisé à travailler dessus.
- L'opérateur doit être formé à cet effet.

5. Données du produit :

Produit :	Ciment
Poids de la matière déversée :	env. 0,8 - 1,0 kg/dm
Finesse :	max. 4000 cm ² /g (Blaine)
Température du produit :	80° C max
Humidité du produit :	0,5 % H ₂ O max
Tension de service :	380 V
Fréquence :	50Hz
Tension de commande :	24V DC

Tableau 4.4 : Données du produit de LafargeHolcim.

6. Désignation de la machine :

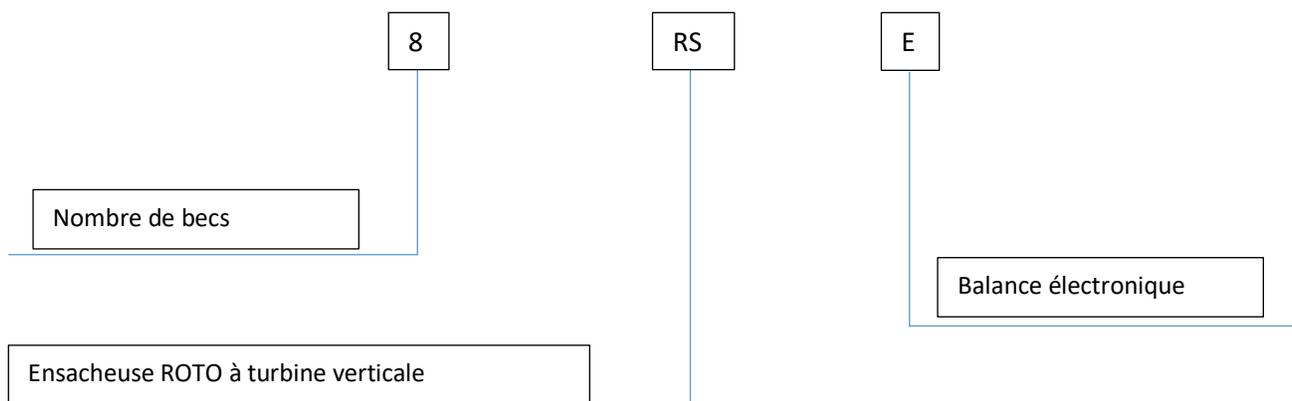


Figure 4.1 : Désignation de la machine.

7. Description Générale :

L'ensacheuse Compact HAVER type 8 RSE est une ensacheuse rotative pour remplissage en sacs a valve, de 8 becs, pour le remplissage et le pesage de produits en vrac pulvérulents selon le système de remplissage par turbines.

Débit élevé en cas de sacs de petites dimensions (50 kg) par le nouveau système de remplissage par turbines. Ainsi, un débit horaire dépassant 2400 sacs de ciment est atteint par exemple à l'aide d'une ensacheuse rotative à 8 becs type RS.

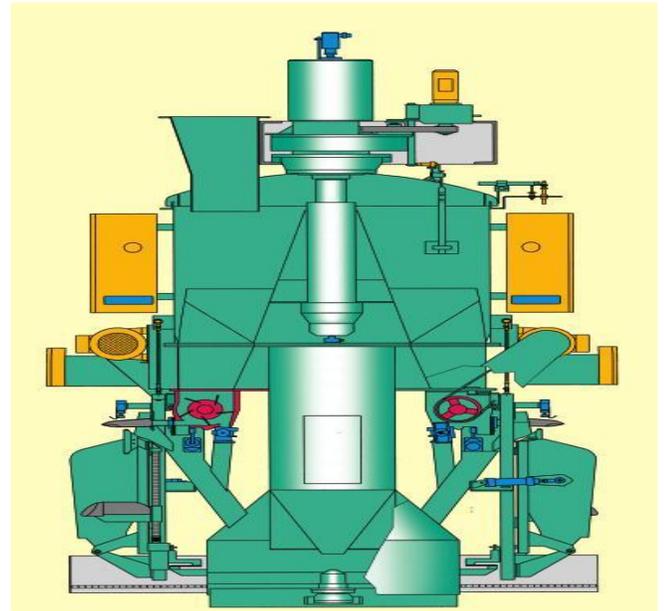


Figure 4.2 : l'ensacheuse HAVER ROTO PACKER.

8. Entraînement :

Les ensacheuses sont entraînées en rotation par un motoréducteur de 1,5kW à réglage continu. Le réglage de la vitesse de rotation s'effectue par un convertisseur de fréquence. Ce qui permet de présélectionner un régime de fonctionnement à la sortie.

9. Station de remplissage :

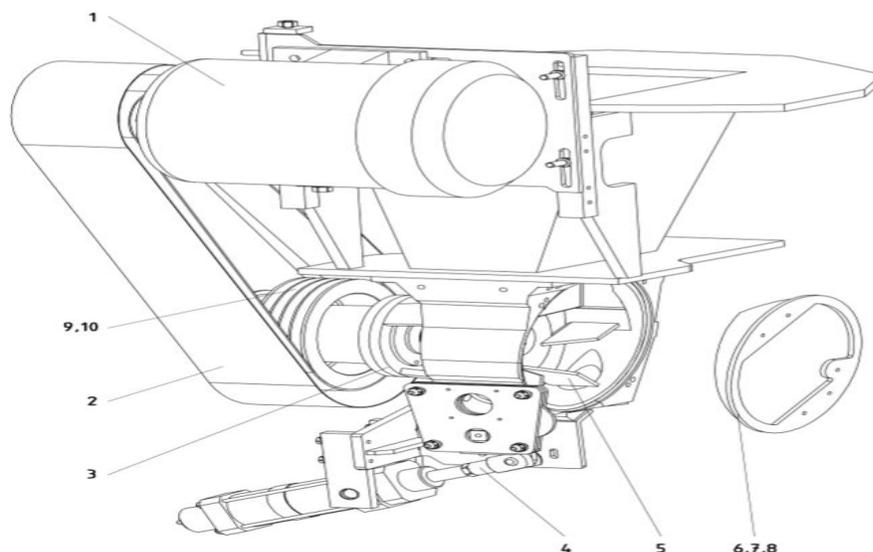


Figure 4.3 : Schéma de Station de remplissage.

1- Moteur de la turbine	2-Naisse de protection	3-Roulement d'arbre de remplissage	4-Trappe de fermeture	5-Turbine
6- Couvercle	7- Bague en o	8- Vis de sécurité	9- Poulie a courrois trapézoïdale	10- Rondelle

10. Description du Remplissage

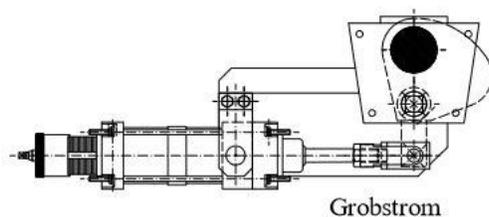
- Vérin pneumatique (vérin double effet) appelé guillotine rentre entièrement.
- La turbine commence le remplissage. Elle est entraînée par un moteur de 5,5 kW fonctionnant par intermittence (le moteur tourne pendant le remplissage et s'arrête si le poids de 50 kg est atteint).
- La bouche et la pièce de serrage sont aérées.

Le remplissage des sacs s'effectue en deux phases : remplissage en gros débit et remplissage en petit débit. Un vérin double effet à trois positions assure ce remplissage suivant la commande électropneumatique effectuée.

Cette commande agit sur deux distributeurs : l'un pour le gros débit et l'autre pour le petit débit. Ce dernier est connecté au conduit de soufflage pour l'aérer avant le remplissage.

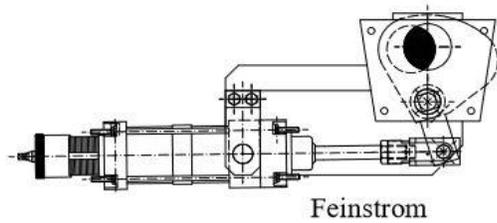
Le remplissage commence par le gros débit pendant un temps (temporisation) suivant la vitesse de rotation de la machine puis on passe au petit débit qui termine le remplissage taré à 50 Kg.

• Remplissage en gros débit :



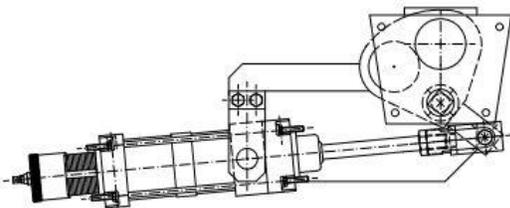
Lorsque la fin du gros débit est atteinte (impulsion de la cellule de pesée) le vérin pneumatique (guillotine) se met en position centrale.

- **Remplissage en petit débit :**



(Remplissage en petit débit par réduction de la section).

- **Fin du Remplissage petit débit :**



Lorsque la fin du petit débit est atteinte (fin de remplissage) le piston du vérin pneumatique (guillotine) sort entièrement. L'ouverture de remplissage se ferme et la tuyère de remplissage est soufflée. Ensuite, le piston du vérin pneumatique (retenue du sac) rentre et libère le sac qui tombe.

Figure 4.4 : Vérin double effet à trois positions.

Chapitre V : Etude de l'ensacheuse.

I. Application de l'AMDEC

Calcul de la Criticité de la machine

Elément	Sous élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Criticité			
					G	O	D	C
Entrainement	Moto réducteur	Entrainer l'ensacheuse	Dégradation de la courroie	Frottement/Fatigue mécanique	4	1	1	4
	Carter complet	Permettant toujours de solliciter pareillement le roulement à billes	Usure	Frottement avec les sacs du ciment	1	1	1	1
	Joint à labyrinthe	La bague d'étanchéité à lèvres protège le carter contre la Poussière provenant du silo			1	1	4	4
	Contrôleur de niveau	Détecter le niveau du ciment dans la trémie de remplissage	Blocage	Frottement/mauvaise manipulation	2	1	1	2
Station de remplissage	Turbine de remplissage	Alimenter les becs par le ciment par un mouvement de rotation	Usure	Mauvaise lubrification, roulement défectueux	4	2	2	16
	Moteur électrique	Commander l'arbre de remplissage	Sous charge, vitesse Fortement réduite	Ventilation insuffisante/Fusible grillé	2	1	1	2
	Rondelles-ressorts	Assurer une bonne étanchéité entre le tiroir et les plaques d'usure			1	1	1	1

	Vérin pneumatique	Commande la guillotine	Fonctionnement présence D'eau	Joint torique dégradé kit d'étanchéité	3	2	2	12
	Guillotine	Ouvre les orifices de remplissage	Présence du ciment	Usure	3	2	2	12
	Electrovanne	Commande le vérin	Joint torique dégradé	Fonctionnement répétitif	3	1	1	3
	Pressostat	Contrôle la présence du sac			3	1	1	3
	Balance	Pesage du poids des sacs			4	1	4	16
	Tuyau de jonction	Relier la turbine et le bec	Usure	Frottement avec le ciment	4	3	3	36
	Courroies	Transmettre la puissance	Usure, coupure	Surcharge, tension anormale, désalignement, craquelure, fatigue	4	4	2	32
	Buse de fluidisation	Fluidiser le ciment	Usure	Fatigue	1	1	2	2

Tableau 5.1 : Tableau de criticité des composantes de la machine.

II. Etude critique des composantes d'ensachage :

A. Diagramme de PARETO

1. But :

Le diagramme de PARETO permet de visualiser l'importance relative des différentes parties ou catégories d'un ensemble précédemment analysé et chiffré sous la forme d'un classement et d'une hiérarchisation.

2. Quand :

Chaque fois que l'on souhaite orienter une décision concernant le choix de problèmes, de causes, de solutions...

Dans certains cas où l'on veut comparer deux situations ou l'évolution entre deux états.

3. Comment :

Le diagramme de PARETO est un graphique à colonnes « améliorées ».

Le tableau récapitulatif des données permet de préparer la construction du diagramme. Ce tableau peut prendre la forme suivante :

Composant	Criticité	Pourcentage	Pourcentage cumulé	Zone
Tuyau de jonction	36	22.78%	22.78%	A
Courroies	32	20.25%	43.03	
Balance	16	10.12%	53.15	
Turbine de remplissage	16	10.12%	63.27	
Guillotine	12	7.59%	70.86	
Vérin pneumatique	12	7.59%	78.45	
Manchette	6	3.97%	82.42	B
Moto réducteur	4	2.53%	84.95	
Le joint a labyrinthe	4	2.53%	87.48	
Contacteur	4	2.53%	90.01	
Électrovanne	3	1.89%	91.9	
Pressostat	3	1.89%	93.79	
Contrôleur de niveau	2	1.26%	95.05	C
Rotor	2	1.26%	96.31%	
Buse de fluidisation	2	1.26%	97.57	
Moteur électrique	2	1.26%	98.83	
Carter complet	1	0.63%	99.46	

Rondelle -ressorts	1	0.63%	100%	
Total	158			

Tableau 5.2 : Calcul cumule de la criticité.

Construire le diagramme

Le diagramme de PARETO se présente sous la forme suivante :

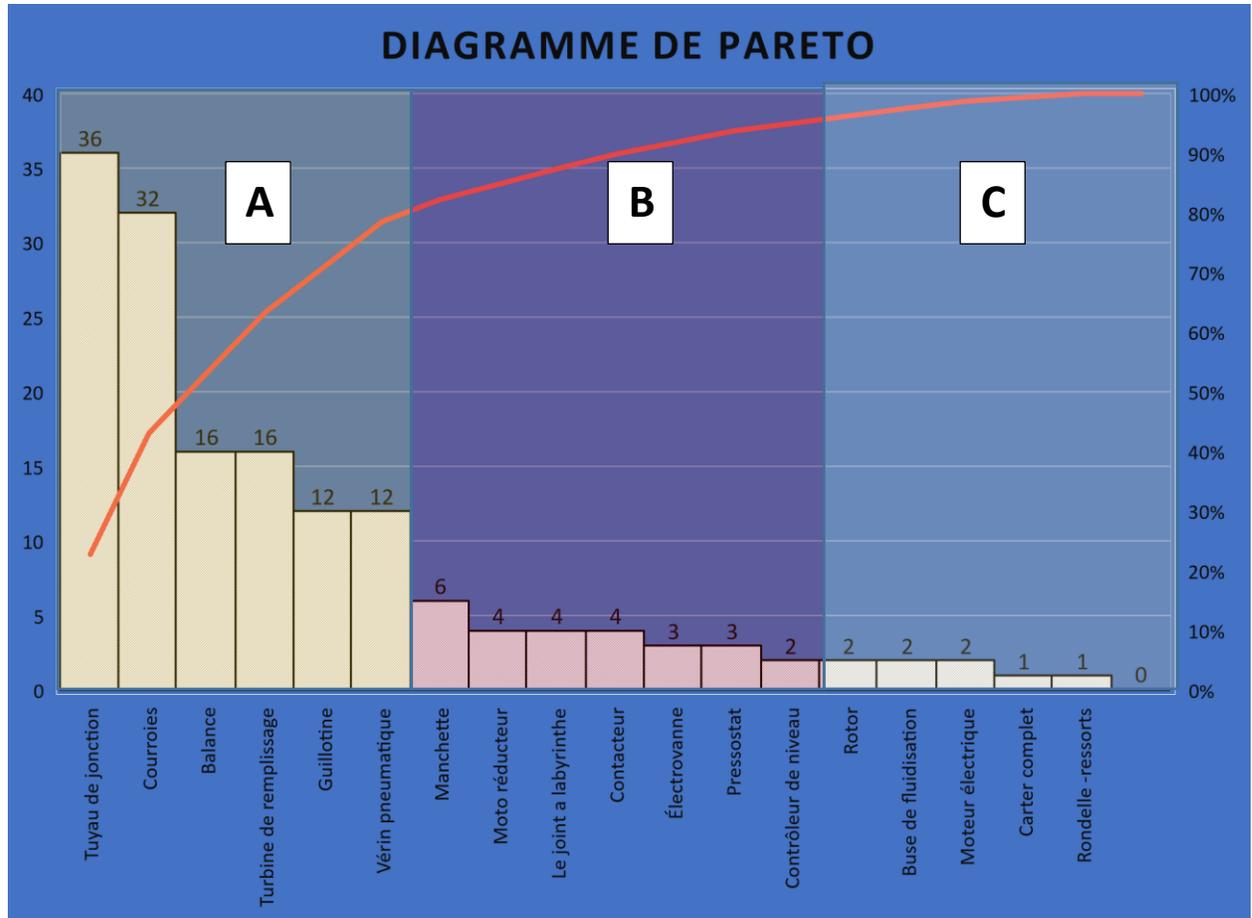


Figure 5.1 : Diagramme de Pareto.

B. Conclusion

Après avoir appliqué la méthode AMDEC pour analyser les modes de défaillances, déterminer leurs effets, et calculer la criticité des composants les plus défaillants du de l'ensacheuse étudié nous constatons ce qui suit :

Selon les résultats de calcul de l'indice de criticité (C), le tuyau de jonction était l'élément le plus défaillant avec une criticité égale à 36 dont la cause principale la surcharge frottement avec le ciment.

Les courrois sont les deuxièmes composant touché par le problème de frottement avec un indice de criticité égal à 32, ce qui nécessite beaucoup d'intérêt pour remédier à la Défaillance, en troisième position vient la balance avec un indice de criticité égal à 16.



Chapitre VI : Maintenance de la machine Haver.

I. Introduction

Pour mieux définir le type de maintenance qu'on doit appliquer pour une machine, on doit étudier les coûts de la maintenance préventive et de la maintenance corrective afin d'obtenir une décision précise sur le type de la maintenance.

Mais le problème qu'on a rencontré au sein de l'entreprise LAFARGEHOLCIM est qu'il n'y a pas d'étude des coûts de la maintenance. Alors on a décidé d'utiliser une autre méthode facile, efficace, pratique et utile, dite la méthode de L'abaque de Noiret.

Alors, dans ce chapitre on a présenté cette méthode, son principe, son utilisation et son application sur les machines critiques qu'on a trouvé dans le chapitre précédent

II. Application

Cherchons maintenant par la méthode de l'abaque de noiret le type de défaillance convenable pour les quatre composantes de station de remplissage : Tuyau de jonction, Courroies, Balance, Vérin pneumatique.

Tuyau de jonction	
Critères	Les Points
L'âge de l'équipement	Age 0 ans : 90
Interdépendance	Matériel essentiel et marche discontinue : 50
Coût	Moins 3000 dh : 5
Complexité et accessibilité	Matériel peu complexe et inaccessible : 35
Robustesse et sa précision	Robuste : 5
Origine	Etranger sans service technique : 90
Utilisation	Marche à 1 poste de travail : 75
Perte de produits	Produits vendables : 10
Délais	Délai impératif (risque de pénalités de perte client) : 225
Total	585
Domaine	Maintenance préventive

Tableau 6.1 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Tuyau de jonction

Balance	
Critères	Les Points
L'âge de l'équipement	Age 10 ans : 50
Interdépendance	Matériel semi indépendant : 30
Coût	[3000 à 15000]: 15
Complexité et accessibilité	Matériel très complexe et accessible :25
Robustesse et sa précision	Délicat et de précision : 30
Origine	Etranger avec SAV en Maroc : 50
Utilisation	Marche à 1 poste de travail : 75
Perte de produits	Produits vendables : 10
Délais	Délai impératif (risque de pénalités de retard) : 150
Total	435
Domaine	Maintenance Corrective

Tableau 6.2 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Balance

Vérin pneumatique	
Critères	Les Points
L'âge de l'équipement	Age 1 an : 86
Interdépendance	Matériel essentiel et marche semi discontinue : 60
Coût	Entre [3000 à 15000]: 15
Complexité et accessibilité	Matériel très complexe et accessible : 25
Robustesse et sa précision	Délicat et de précision : 30
Origine	Etranger sans service technique : 90
Utilisation	Marche à 1 poste de travail : 75
Perte de produits	Produits vendables : 10
Délais	Délai impératif (risque de pénalités de perte client) : 225
Total	616
Domaine	Maintenance préventive

Tableau 6.3 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Vérin pneumatique

Courroies SPA 1157	
Critères	Les Points
L'âge de l'équipement	Age 0 ans : 90
Interdépendance	Matériel essentiel et marche semi discontinue : 60
Coût	Mois de 3000 : 5
Complexité et accessibilité	Matériel peu complexe et inaccessible : 35
Robustesse et sa précision	Délicat et de précision : 30
Origine	Etranger sans service technique : 90
Utilisation	Marche à 1 poste de travail : 75
Perte de produits	Produits vendables : 10
Délais	Délai impératif (risque de pénalités de retard) : 150
Total	545
Recommandation	Zone Incertain

Tableau 6.4 : Application de la méthode d'abaque de noiret : Courroies SPA

On a donc besoin d'élaborer un plan de maintenance préventif pour les courroies le vérin pneumatique et le tuyau de jonction.

III. Calcul les durées d'intervention :

1. Historique de la machine :

L'historique est inscrit dans « le carnet de santé » de la machine, qui décrit chronologiquement toutes les interventions correctives et les modifications depuis sa mise en service.

2. Calcul les périodes d'intervention pour la machine :

Choix du K :

Dans ce projet nous avons choisis ce paramètre économique égal à 0,9 ($k = 0,9$).

Ce choix se justifie par notre politique de maintenance qui se colle un peu des réalités de l'entreprise. En effet, plus k est petit plus il ya d'interventions, ce qui augmente les coûts de maintenance. La demande de ciment est tellement forte que le service ensachage est obligé parfois de suspendre certaines interventions pour ne pas arrêter la production (obligation de respecter les délais de livraison). Donc pour satisfaire sa clientèle l'entreprise est tenue réduire les interventions, à défaut d'augmenter la production journalière.

C'est pourquoi dans cette étude nous essayons d'optimiser les temps d'intervention en prenant $k = 0,9$.

Pour BEC1 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	6	1872	0.00325	0.002279	312	0.9	290
Tuyau de jonction	5	5064	0.000987	0.00675	1013	0.9	712
Vérin pneumatique	5	6540	0.000764	0.0067611	1308	0.9	1177

Tableau 6.5 : Calcul des périodes d'intervention : BEC1

Pour BEC2 :

Eléments	Nombre de défaillance	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	8	2130	0.003755	0.000336	266	0.9	240
Tuyau de jonction	6	3064	0.00195	0.002542	510	0.9	459
Vérin pneumatique	2	3540	0.000564	0.1358	1770	0.9	1593

Tableau 6.6 : Calcul des périodes d'intervention : BEC2

Pour BEC 3 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	4	1925	0.002077	0.0183	481	0.9	433
Tuyau de jonction	3	3734	0.000080	0.741	1244	0.9	1120
Vérin pneumatique	3	5944	0.000504	0.0499	1981	0.9	1783

Tableau 6.7 : Calcul des périodes d'intervention : BEC3

Pour BEC 4 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	5	2360	0.0021	0.00704	472	0.9	424
Tuyau de jonction	5	6400	0.000781	0.006748	1280	0.9	1152
Vérin pneumatique	3	8784	0.000341	0.0500	2928	0.9	2635

Tableau 6.8 : Calcul des périodes d'intervention : BEC4

Pour BEC 5 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	10	3778	0.00264	0.0000465	378	0.9	340
Tuyau de jonction	3	4360	0.000688	0.04980	1453	0.9	1308
Vérin pneumatique	2	8650	0.000231	0.1355	4325	0.9	2635

Tableau 6.9 : Calcul des périodes d'intervention : BEC5

Pour BEC 6 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
----------	------------------------	---------------	-----------	------	---------	---	------

Courroies SPA 1157	9	2655	0.00338	0.000126	295	0.9	265
Tuyau de jonction	7	3270	0.00214	0.000913	467	0.9	420
Vérin pneumatique	3	5435	0.000551	0.0500	1811	0.9	1630

Tableau 6.10 : Calcul des périodes d'intervention : BEC6

Pour BEC 7 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTBF(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	12	3000	0.004	0.0000061	250	0.9	225
Tuyau de jonction	4	4100	0.000975	0.01836	1025	0.9	922
Vérin pneumatique	4	5244	0.000762	0.01839	1311	0.9	1179

Tableau 6.11 : Calcul des périodes d'intervention : BEC7

Pour BEC 8 :

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	R(t)	MTB F(h)	K	T(h)
Courroies SPA 1157	14	2110	0.00663	8.404×10^{-10}	150	0.9	135
Tuyau de jonction	7	3690	0.000189	0.497	527	0.9	474
Vérin pneumatique	3	1067	0.00281	0.04987	355	0.9	320

Tableau 6.12 : Calcul des périodes d'intervention : BEC8

Résumé des calculs :

Avoir une période d'intervention pour chaque bec individuel ne serait pas vraiment pratique, c'est la raison pour laquelle on s'est amené à faire une statistique résultante soit par le calcul des moyennes ou bien par la régression linéaire.

Eléments	Nombre de défaillances	Durée d'usage	λ	MTBF(h)	K	T(h)
-----------------	-------------------------------	----------------------	-----------	----------------	----------	-------------

Courroies SPA 1157	8.5	2478	0.00343	291	0.9	262
Tuyau de jonction	5	4210	0.00118	842	0.9	757
Vérin pneumatique	3.125	5550	0.000563	1776	0.9	1598

Tableau 6.13 : Résumé des calculs

Ce qui donne le tableau suivant :

	Période d'intervention
Courroies SPA 1157	10 jours.
Tuyau de jonction	1 mois 1 jour.
Vérin pneumatique	2 mois 6 jours.

Tableau 6.14 : Période d'intervention

Finalement l'application de la théorie de la fiabilité a donné ces résultants pertinents. Partant de ce fait, nous allons dresser un tableau d'aide à la maintenance pour les ensacheuses étudiées. Nous mettons en exergue dans ce tableau les défaillances et leurs causes, les périodes d'intervention.

Ensemble : HAVER ROTO PACKER					
Sous ensemble : Station de remplissage					
Matériel		Caractéristique de la défaillance			Période d'intervention
Organe	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet sur le système	
Tuyau de jonction	Relier la turbine et le bec	Usure	Frottement avec le ciment	Fuite de matière	10 jours.
Courroies SPA 1157	Transmettre la puissance	Usure coupure	Surcharge, tension anormale, désalignement, craquelure, fatigue.	Pas de transmission	1 mois 1 jour.
		Tension anormale	Dilatation, système de tension défectueux	Puissance transmise réduite	

		Courroies manquantes	Allongement courroies	Surcharge des autres courroies	
Vérin pneumatique	Commande la guillotine	Fonctionnement présence D'eau	Joint torique (kit d'étanchéité) dégradé	Fluctuations de poids du sac	2 mois 6 jours.

Tableau 6.15 : Fiche d'aide à la maintenance.

Conclusion Générale

Comme le service étudié -expédition- fait l'interface de l'usine avec les clients, une défaillance au niveau des machines qui entre en jeu dans ce travail prolongent les temps d'attente voire des réclamations suite aux insatisfactions des clients qui peut conduire parfois à la perte de clientèle ; c'est la raison pour laquelle l'élaboration d'un plan de maintenance est indispensable pour ce service.

Pour se lancer dans notre projet nous avons réalisé en premier temps une étude AMDEC pour tous les composants de l'ensacheuse, en calculant leurs criticités et définissant leurs fonctions, et leurs modes de défaillances.

Nous avons ensuite classé les composants selon les défaillances les plus critiques grâce au diagramme PARETO. De façon générale il nous a permis de visualiser que les stations de remplissage (tuyau de jonction, courrois SPA, vérin pneumatique...) sont les plus susceptibles à tomber en panne. Une politique de maintenance doit donc s'imposer.

La méthode d'Abaque de Noiret nous a permis selon plusieurs critères (L'âge de l'équipement, Interdépendance, Coût, Complexité et accessibilité, Robustesse et sa précision, Origine, Utilisation, Perte de produits, Délais) de choisir le type de maintenance (corrective ou préventif) à associer à chaque composant.

Finalement, nous avons utilisé la Maintenance Basée sur la fiabilité (MBF), pour élaborer un programme de maintenance préventive optimisé au niveau des courrois, du tuyau de jonction, et du vérin pneumatique qui a pour principe le calcul des périodes d'intervention de chacun de ces composants.

De manière globale, grâce à l'ensemble de ces méthodes nous pouvons réaliser une fiche d'aide à la maintenance qui va avec la politique de l'usine.

ANNEXES

A1 : AMDEC

Définition

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité. Traduction française du sigle FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis) C'est un procédé systématique pour identifier les modes potentiels de défaillances avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer ou de minimiser les risques associés.

Principe de base

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe, très efficace par la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chaque participant du groupe de travail. Cette méthode fait ressortir les actions préventives et correctives à mettre en place.

Le groupe de travail : 2 à 5 personnes, responsables et compétentes, ayant la connaissance du système à étudier et pouvant apporter les informations nécessaires à l'analyse, Selon l'étude ce sera :

- Des hommes de maintenance
- Des hommes du service qualité
- Des hommes de la production
- Le bureau d'étude
- Des experts du domaine étudié

En résumé

L'AMDEC est une technique multidisciplinaire d'analyse de risque utilisée pour déterminer :

- Les modes de défaillance potentiels d'un procédé ou d'un produit
- La sévérité de leurs effets
- La probabilité d'occurrence
- Les causes et mécanismes associés avec chaque mode de défaillance
- L'habileté à les détecter.

L'analyse type AMDEC nous permet : De prioriser les interventions d'amélioration continue en

- Réduisant les risques les plus grands
- Élaborant des plans d'actions
- Allouant les ressources de façon rationnelle
- De formaliser la documentation.

Processus de la méthode :

- **Établir l'objet de l'analyse et Former l'équipe multidisciplinaire**

L'équipe devrait être constituée de personnes bien informées

- **Identifier les fonctions de l'objet de l'analyse**

Effet voulu du produit ou du procédé

Découper l'objet en éléments

- **Identifier les Modes de Défaillance possibles, leurs effets et leur sévérité**

- ✓ Lister les Modes de défaillance

Mode de Défaillance : Façon par laquelle un produit ou procédé peut échouer à délivrer la fonction projetée pour chaque élément de l'objet de l'analyse

- 5 catégories de mode de défaillance :**

- Défaillance complète
- Défaillance partielle
- Défaillance intermittente
- Défaillance dans le temps
- Performance supérieure à la fonction

- ✓ Identifier les Effets lorsqu'un mode de défaillance survient

Effet : Conséquences des modes de défaillances, selon la fonction, telles que perçues par le client.

- Décrire les effets en termes de ce que le client peut s'apercevoir
- Définir si le mode de défaillance pourrait impacter la sécurité ou résulter à un non-respect des lois et règlements

✓ Etablir la Sévérité de chaque effet

Sévérité : Classement associé avec l'effet le plus sérieux pour un mode de défaillance donne.

- **Identifier les Causes des modes de défaillance et évaluer leur Occurrence**

- ✓ Identification des causes

- Cause : Indication d'une faiblesse du procédé résultant à un mode de défaillance

- L'identification devrait commencer par les modes de défaillance ayant les effets les plus sévères.
 - Lister le plus large possible chaque cause potentielle • Lister chaque cause le plus concisément et le plus complètement possible
 - Utiliser le diagramme d'Ishikawa ou des 5M ou d'arrêtes de poisson

- ✓ Estimation des occurrences

- Occurrence : Probabilité qu'une cause ou un mécanisme spécifique va survenir.

- Probabilité qu'un client éprouvera l'effet
 - L'équipe s'entend sur une évaluation et un système de classement qui est consistant et utilisé tout au long de l'étude
 - Le client peut spécifier les occurrences

- **Evaluer la Détection avec les contrôles courants**

Détection : Probabilité que les contrôles actuels vont détecter les modes de défaillance listés ou leurs causes

Résumé :

L'AMDEC est une méthode structurée et systématique pour :

- Détecter les défaillances (et leurs effets) d'un produit ou d'un processus :
 - Définir les actions à entreprendre pour éliminer ces défaillances
 - Réduire leurs effets et pour en empêcher ou en détecter les causes
 - Documenter le processus du développement.

L'intérêt de l'AMDEC est de :

- Déterminer les points faibles d'un système et y apporter des remèdes
- Préciser les moyens de se prémunir contre certaines défaillances
- Etudier les conséquences de défaillances des différents composants
- Classer les défaillances selon certains critères
- Fournir une optimisation du plan de contrôle, une aide éclairée à l'élaboration de plans d'intervention.

Elle aide à :

”Prévoir pour ne pas être obligé de Revoir ”

Les limitations de l'AMDEC

- L'AMDEC ne permet pas d'avoir une vision croisée des pannes possibles et de leurs conséquences (deux pannes surviennent en même temps sur deux sous-systèmes, quelle est la conséquence sur le système tout entier ?

Exemple :

Dans l'aéronautique, les accidents d'avions sont très rarement liés à une seule défaillance, ils le sont en général à plusieurs qui se manifestent simultanément

- Il est courant que des risques fantaisistes soient associés inutilement à une AMDEC.
- Il peut aussi arriver que des acteurs considèrent que les problèmes notes dans l'AMDEC sont des problèmes résolus.

Dans le cas des organes spécifiques et mal connus, on doit faire une analyse de type AMDEC en utilisant la matrice à trois criticités suivantes :

Gravité G : Impact des défaillances Sur le produit ou l'outil de production			
1	Sans dommage : défaillance mineure ne provoquant pas d'arrêt de production, et aucune dégradation notable du matériel.	3	Important : défaillance provoquant un arrêt significatif, et nécessitant une Intervention importante.
2	Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de production, et nécessitant une petite intervention.	4	Catastrophique : défaillance provoquant un arrêt impliquant des problèmes graves

Tableau A1.1 : Gravité G.

Fréquence d'occurrence O : Probabilité d'apparition d'une cause ou d'une défaillance			
1	Exceptionnelle : la possibilité de défaillance est pratiquement inexistante	3	Certaine : il y a eu traditionnellement des défaillances dans le passé
2	Rare : une défaillance occasionnelle s'est 4 déjà produite ou pourrait se produire.	4	Très fréquente : il est presque certain que la défaillance se produira souvent.

Tableau A1.2 : Fréquence d'occurrence O.

Non - détection D : Probabilité de la non - perception de l'existence d'une cause ou d'une défaillance			
1	Signes Avant erreurs : l'opérateur pourra détecter facilement la défaillance.	3	Aucun signe : la recherche de la défaillance n'est pas facile.
2	Peu de signes : la défaillance est décelable avec une certaine recherche.	4	Expertise nécessaire : la défaillance est décelable ou encore sa localisation nécessite une expertise approfondie

Tableau A1.3 : Non-détection D.

Calcul de la criticité

$$C = G \times O \times D$$

La valeur maximale de C est de 64. Au-delà de 25 % de la valeur maximale des actions préventives et correctives doivent être menées par la direction de maintenance.

● **Tableau de classement de la criticité**

$C < 12$	Ne pas tenir compte
$12 \leq C < 32$	Mise sous préventif à fréquence faible.
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à fréquence élevée.
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception

Tableau A1.4 : Les critères de criticité.

Le résultant de l'étude doit aboutir à :

- La définition des pièces de rechange
- La création de documents
- La description de la défaillance et de sa résolution
- La recherche de l'amélioration
- La révision de la conception.

Les critères d'analyse :

▪ **La fréquence ou occurrence :**

Elle donne la périodicité l'apparition de la défaillance notée F ou O. sa valeur est donnée par L'historique des interventions sur l'équipement. A ce niveau on se pose la question : combien de fois la défaillance se manifeste elle ?

▪ **La gravité :**

C'est l'impact que cette défaillance a sur la production. Elle est notée G. Pour la déterminer on se pose les questions suivantes : la qualité est-elle bonne ? quelle est la production perdue ? quelle est la durée de l'intervention ? quels sont les couts directs et indirects engendrés par cette défaillance ?

- **La détection :**

Notée G, elle représente la capacité de déceler la défaillance. La question posée est : quelle est la protection mise en place pour déceler la défaillance ?

Grille de cotation :

Pour l'utilisation de ces critères d'analyse nous avons défini une grille de cotation pour apprécier les valeurs de chacun d'eux. Ces critères sont cotés de 1 à 10 en général on dépasse rarement l'intervalle 1 à 4. Ce choix dépend uniquement du groupe de travail appelé à définir la politique de maintenance. C'est ainsi que dans cette étude nous avons pris une cotation générale c'est-à-dire celle où les critères sont cotés de 1 à 4.

Niveau de cotation	1	2	3	4
FREQUENCE	Très faible taux D'apparition Moins d'une défaillance par an.	Très faible taux d'apparition 3 mois <F<6 mois	Taux d'apparition moyen I semaine<f<3	Taux d'apparition régulier Plusieurs défaillances par semaine
DETECTION	Visuelle à coup	Visuelle après action de L'opérateur	Difficilement décelable (éventuellement Auditif)	Détection impossible
GRAVITE	Durée d'intervention	Durée d'intervention 10 mn <D<30	Durée d'intervention 30 mn <D<45	Durée d'intervention D > 45 mn

Tableau A1.5 : Tableaux de grille de cotation.

A2 : Méthode de l'Abaque de Noiret

Il existe principalement deux politiques de maintenance :

- **La maintenance corrective :**

L'action de maintenance se fait à posteriori, quand une panne se produit sur l'équipement. L'équipement est immobilisé le temps de la réparation. La production s'arrête.

- **La maintenance préventive :**

L'action de maintenance se fait à priori, pendant les phases où l'équipement n'est pas utilisé. Les pièces usures sont remplacées avant l'arrêt selon une période définie par un planning (préventif systématique), ou selon l'état d'un indicateur d'usure (maintenance préventive conditionnelle). On

pourrait penser d'instinct que la maintenance préventive est systématiquement préférable. Ce n'est pas le cas. Il est toujours nécessaire de faire un choix en tenant compte :

1. Des caractéristiques de l'équipement
2. De son utilisation
3. Du coût de la maintenance et donc du gain espéré

Le résultat final se traduit souvent par un mélange des deux types de maintenance avec une prédominance de l'une ou de l'autre.

1. L'abaque de Noiret : utilité

L'abaque de Noiret est un outil de calcul scientifique qui permet d'orienter le choix de la politique de maintenance en fonction :

- Des caractéristiques de l'équipement
- De son utilisation

Le résultat en est une recommandation offrant trois options possibles :

- Maintenance corrective
- Zone incertaine
- Maintenance préventive

Cependant, ce résultat doit être complété par une analyse économique portant sur le coût des maintenances et sur le retour sur investissement estimé que peut apporter une maintenance préventive. Il ne s'agit que d'un outil d'aide à la décision et non pas d'un outil de décision.

2. L'abaque de Noiret : principe

L'abaque de Noiret est basé sur les critères suivants :

- L'âge de l'équipement
- Son interdépendance : dans quelle mesure est-il vital pour la production
- Son coût
- Sa complexité et son accessibilité
- Sa robustesse et sa précision
- Son origine : Maroc ou Etranger
- Son utilisation dans le temps

- Les conséquences de ses défaillances sur les produits
- Les délais de production qui lui sont liés

Chaque critère se décline en plusieurs options qui chacune correspond à Un certain nombre de points. Les points ainsi obtenus sont additionnés.

3. Les critères de la méthode :

1. L'âge de l'équipement :

Age (ans)	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Points	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90

Tableau A2.1 : L'âge de l'équipement.

Formule de calcul :

$$\text{Points} = 90 - \text{âge} \times 4$$

0 ans = moins d'un an

2. Interdépendance

Critère	Points
Matériel essentiel et marche continue	70
Matériel essentiel et marche semi discontinue	60
Matériel essentiel et marche discontinue	50
Matériel sans tampon aval ou amont	40
Matériel semi indépendant	30
Matériel indépendant	20
Matériel double (ou plus)	10

Tableau A2.2 : Interdépendance.

3. Coût :

Critère en DH	Points
Moins de 3000	5
[3000 à 15000[15
[15000 à 30000[25
[30000 à 45000[35
[45000 à 150000[45
150000 ou plus	55

Tableau A2.3 : Coût.

4. Complexité et accessibilité

Critère	Points
Matériel peu complexe et accessible	5
Matériel très complexe et accessible	25
Matériel peu complexe et inaccessible	35
Matériel très complexe et inaccessible	45

Tableau A2.4 : Complexité et accessibilité.

5. Robustesse et sa précision :

Robustesse : le degré pour lequel un composant ou système peut fonctionner correctement en présence de données d'entrée invalides ou de conditions environnementales stressantes

Critère	Points
Robuste	5
Courant	10
Robuste et de précision	15
Peu robuste (délicat)	20
Travail en surcharge	25
Délicat et de précision	30

Tableau A2.5 : Robustesse et sa précision.

6. Origine :

Critère	Points
Marocain de grande série	20
Marocain de petite série	40
Etranger avec SAV au Maroc	50
Etranger sans SAV au Maroc	70
Etranger sans service technique	90

SAV : service après-vente Tableau A2.6 : Origine.

7. Utilisation :

Critère	Points
Marche à 1 poste de travail	75

Marche à 2 postes de travail	175
Marche à 3 postes de travail	250

Tableau A2.7 : Utilisation.

8. Perte de produits :

Conséquence sur les produits en cas de défaillance machine

Critère	Points
Produits vendables	10
Produits à reprendre	35
Produits perdus	55

Tableau A2.8 : Perte de produits.

9. Délais :

Critère	Points
Délai libre (constitution de stock)	25
Délai serré	100
Délai impératif (risque de pénalités de retard)	150
Délai impératif (risque de pénalités de perte client)	225

Tableau A2.9: Délais.

10. Utilisation :

Les points de chaque critère sont ajoutés.

Domaine	Recommandation
0 à 510	Maintenance corrective
511 à 559	Zone incertaine
559 à 910	Maintenance préventive

Tableau A2.10 : Utilisation.

11. Méthode graphique :

On va utiliser maintenant cette méthode pour déterminer quel type de maintenance doit on appliquer (Maintenance corrective, Maintenance préventive). (Application sur la station de remplissage).

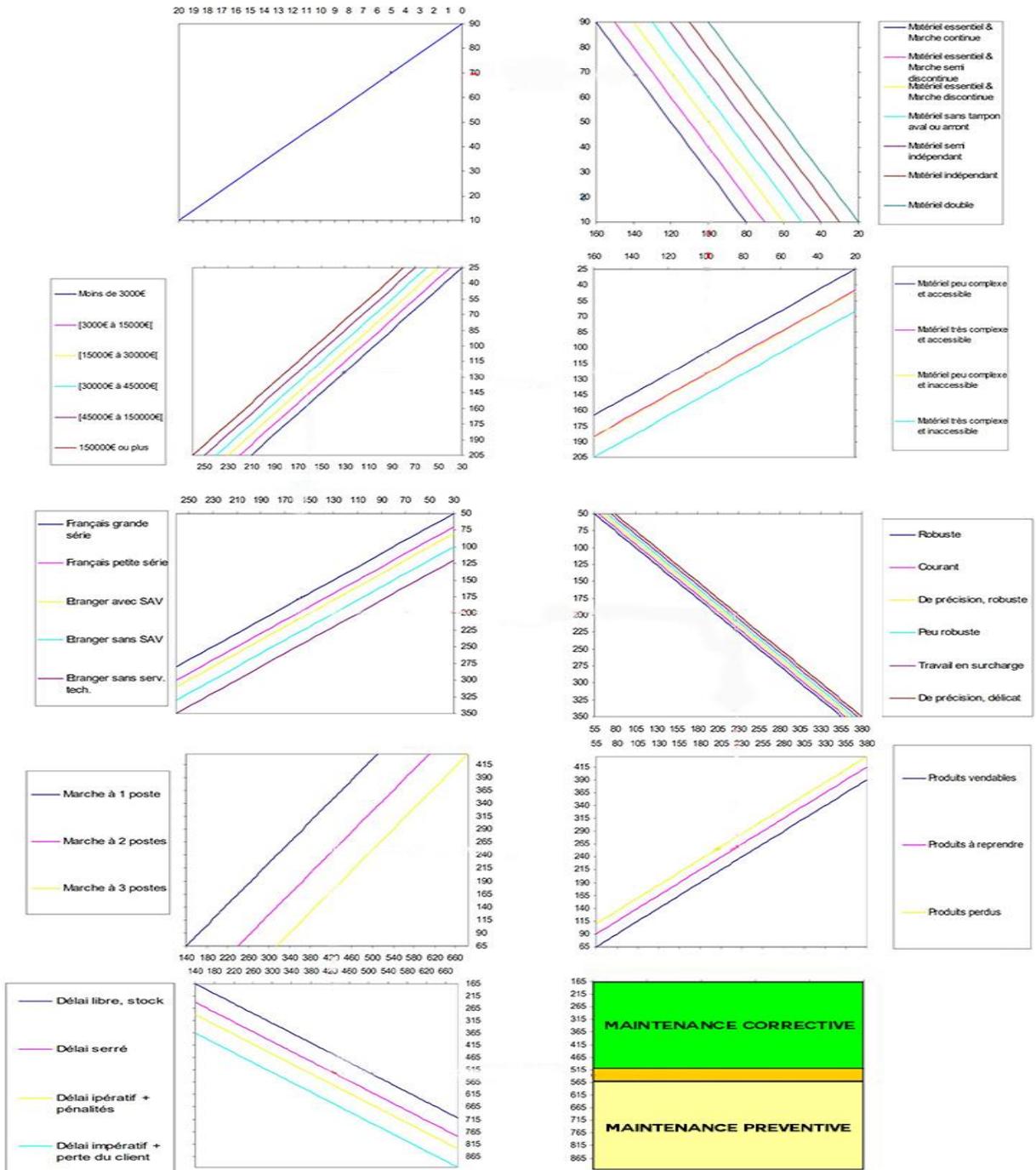


Figure A2.1 : Graphe de l'abaque noir.

A3 : MAINTENANCE

3. Exploitation de la fiabilité:

En termes de statique, la fiabilité est une fonction du temps $R(t)$ qui représente la probabilité de bon fonctionnement d'un matériel.

En termes de qualité, on définit la fiabilité d'un matériel comme l'aptitude à maintenir la conformité à sa spécification d'origine.

On distingue:

- La fiabilité intrinsèque, qui est propre à un matériel, selon un environnement donné, et ne dépend que de la qualité de ce matériel.
- La fiabilité extrinsèque, qui résulte des conditions d'exploitation, de la qualité de la maintenance. Elle est relative à l'intervention humaine.

4. Taux de défaillance :

Le taux de défaillance $R(t)$ est un estimateur de la fiabilité. Il s'exprime en pannes par heure et est présenté par le rapport :

$$\lambda = \frac{\text{Nombre de défaillances}}{\text{Durée d'usage}}$$

La durée de vie des équipements est liée au problème de défaillance. Leur vie se présente en trois phases :

- Phase de jeunesse : $\lambda(t)$ décroît rapidement. C'est la période de mise en service et de rodage de l'installation. Les défaillances sont dues à des anomalies ou imperfection d'assemblage.
- Phase de maturité : $\lambda(t)$ est pratiquement constant. C'est la période de vie utile où la défaillance est aléatoire. Le taux de défaillance est constant ou légèrement croissant. Correspondant au rendement optimal de l'équipement.
- Phase de vieillesse : $\lambda(t)$ croît rapidement. C'est la période d'obsolescence, à dégradation accélérée. Souvent, on trouve une usure

mécanique de la fatigue, une érosion ou une corrosion. A un certain point de (t) le matériel est mort.

Dans la première phase on ne pratique de la maintenance corrective. C'est seulement dans la seconde phase que la maintenance préventive est justifiée. Le graphe représentant la variation du taux de défaillance, appelé. « courbe en baignoire possède trois allures différentes selon matériel mécanique, matériel électrique ou matériel électronique.

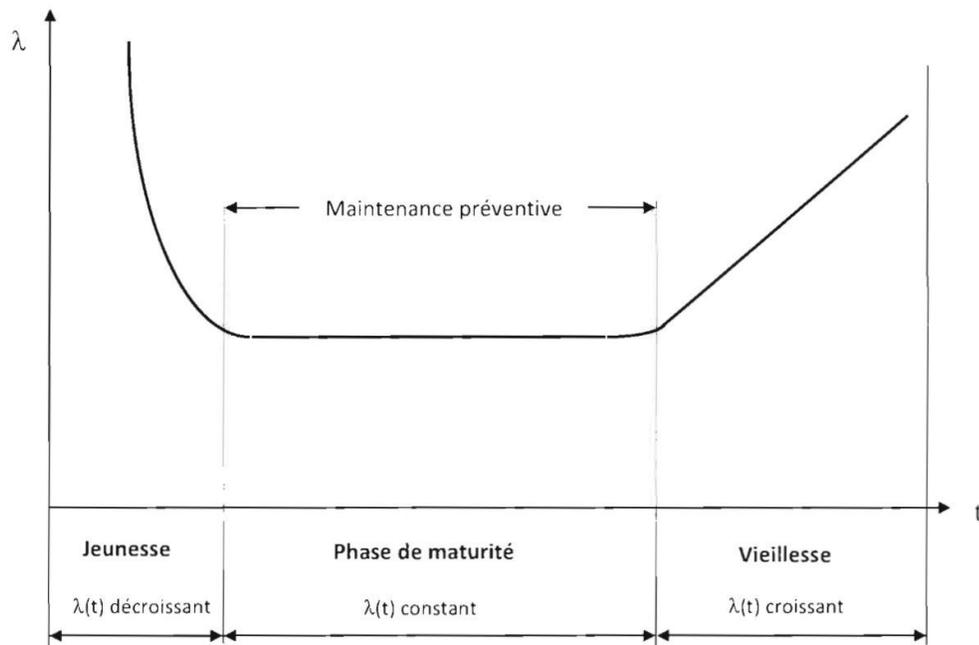


Figure A3.1 : courbe en baignoire de taux de défaillance.

5. MTBF : (Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement) :

La MTBF, ou moyenne des temps de bon fonctionnement, est la valeur moyenne des temps entre deux défaillances consécutives. Pour une période donnée de la vie d'un matériel, la MTBF est définie par :

$$MTBF = \frac{\sum TBF_i}{N}$$

Avec :

TBFi = Temps de Bon Fonctionnement pour la période i.

N= nombre de Temps de Bon Fonctionnement.

Ces valeurs sont calculées à partir des observations, d'une exploitation statique de l'historique et des essais de durée de vie.

6. Loi de fiabilité :

Cette loi est applicable pour la période où le taux de défaillance $\lambda(t)$ est constant. Tous les matériels concernés durant leur vie utile. La fiabilité ou la possibilité de survivre entre l'instant 0 et t est :

$$R(t) = e^{-\lambda(t)}$$

Par conséquent on montre par la suite que l'espérance mathématique, qui représente le temps moyen entre deux défaillances, est égale à :

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \int_0^{+\infty} R(t) dt \\ &= \int_0^{+\infty} e^{-\lambda(t)} \\ &= \frac{1}{\lambda} \end{aligned}$$

7. Périodicité de la maintenance préventive :

La période d'intervention se détermine à partir :

- Des préconisations du constructeur (dans un premier temps).
- De l'expérience acquise lors du fonctionnement.
- De l'exploitation fiabiliste réalisée à partir d'un historique, d'essais, ou des résultats fournis par des visites préventives initiales ; les lois Weibull et exponentielles permettent de trouver la MTBF d'un ensemble, associé à un intervalle de confiance ;
- D'une analyse prévisionnelle de fiabilité (quantification d'un arbre de défaillances) :

- Du « niveau préventif » déterminé, à partir de critères techniques et économiques, par la « politique de maintenance » choisie par l'ensemble concerné.

Par principe, la visite systématique est déclenchée juste avant l'apparition des défaillances. La périodicité de visite est alors :

$$T=K \times MTBF$$

Avec k le coefficient d'optimisation ou paramètre économique.