

LISTE DES FIGURES :

Figure1: Fiche signalétique de LafargeHolcim Fès.....	3
Figure2: Organigramme de la société LafargeHolcim.....	4
Figure3: Processus de fabrication du ciment.....	5
Figure4: Les types de la maintenance.....	8
Figure5: Elévateur à godets.....	17
Figure6: Convoyeur à chaîne (Redler).....	17
Figure7: Types de supports de bande.....	18
Figure8: Coupe transversale de la bande.....	19
Figure9: Batterie à trois rouleaux.....	19
Figure10: Batterie à deux rouleaux.....	20
Figure11: Support de glissement.....	20
Figure12: Le convoyeur à bande inclinée.....	21
Figure13: Le convoyeur à bande horizontale.....	21
Figure14: Diagramme d'ISHIKAWA.....	26
Figure15: Diagramme de PARETO de pannes en h.....	30

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Grille de l'échelle de fréquence.....	13
Tableau 2 : Grille de l'échelle de gravité.....	13
Tableau 3 : Grille de l'échelle de non détection.....	14
Tableau 4 : Grille de l'échelle de criticité.....	14
Tableau 5: Fiche technique de la bande transporteuse 332-BT2.....	25
Tableau 6 : Analyse AMDEC.....	27
Tableau 7: La durée des pannes des sous ensembles de la bande transporteuse 332-BT2.....	29
Tableau 8: Plan de maintenance préventive.....	31

LISTE DES ABREVIATIONS :

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

SEW : Süddeutsche Elektromotoren Werke.

Deg : degré.

KN : kilo newton.

ISO : International Organisation for Standardisation.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons à remercier le Directeur de LafargeHolcim Fès **Mr.Najib RIBI** pour la stratégie qu'il entreprend dans la gestion de l'entreprise.

Nos remerciements s'adressent aussi à tout l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Technique de Fès, ainsi que tous les professeurs responsables de notre formation et on remercie particulièrement notre encadrant **Pr.M.CHERKANI** pour son orientation tout au long de notre stage.

Ainsi que tous les chefs de départements et de divisions pour l'accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé lors de notre tournée citons en premier lieu nos encadrants **Mr.Nourine BOUREZAQ** et **Mr.Omar ERRABI**, pour leurs précieux conseils et leur disponibilité tout au long de cette période.

TABLE DES MATIERE

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I

Présentation générale de l'entreprise et Processus de fabrication du ciment

I-Présentation générale.....	2
1-Historique.....	2
2-Fiche signalétique	3
3-Holcim Ras-El-Ma	4
3-1-Généralité.....	4
3-2-Organigramme.....	4
II-le processus de fabrication et les types de ciment.....	5
1-Procédé de fabrication de ciment.....	5
2-Les types de ciments produits par LafargeHolcim.....	7
III-Cahier de charge.....	7

Chapitre II

Généralités sur la maintenance, AMDEC et PARETO

I-Introduction.....	8
II-Définition et concepts de la maintenance	8
1-Définition	8
2-Les types de la maintenance	8
2-1-La maintenance corrective	9
2-1-1-Maintenance palliative	9
2-1-2-Maintenance curative	9
2-2-La maintenance préventive	10
2-2-1-La maintenance systématique.....	10
2-2-2-La maintenance conditionnelle	10
2-2-3- la maintenance prévisionnelle.....	11
III-Etude AMDEC.....	11
1-Définition de l'AMDEC.....	11
2-Les types de l'AMDEC	12

2-1- AMDEC-Produit.....	12
2-2- AMDEC-Process.....	12
2-3- AMDEC-Moyen de production.....	12
2-4 AMDEC sécurité.....	12
3-Etapes d'application de l'AMDEC moyen de production	12
IV-Diagramme de PARETO.....	14
1-Définition	14
2-Méthodologie	15
V-Diagramme d'ISHIKAWA	15
VI-Conclusion	15

Chapitre III

Etude du convoyeur à bande

I-introduction.....	16
II- Les caractéristiques techniques des moyens de transport.....	16
1-Le convoyeur élévateur.....	17
2-Le convoyeur à chaîne (Rédler)	17
3-Le convoyeur à bande.....	18
3-1-Les tambours.....	18
3-2-Brin de retour.....	18
3-3-La bande.....	18
3-4- Brin porteur.....	19
III-Application de l'AMDEC moyen de production au convoyeur à bande.....	22
1- Initiation de l'étude.....	22
2-Description du convoyeur à bande.....	22
3-Analyse AMDEC.....	26
3-1-Diagramme d'ISHIKAWA.....	26
3-2- Tableau d'analyse AMDEC	27
4-Synthèse d'étude.....	28
4-1-Action corrective.....	28
4-2-Diagramme de PARETO et classification ABC.....	29
4-3-Plan de maintenance préventive.....	31
5-Etude économique	32

Conclusion générale

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'enseignement et la formation à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, les étudiants de la licence sont tenus d'effectuer un stage au sein d'une entreprise. Le but étant de compléter la formation théorique par un stage dans le monde professionnel durant 2 mois. C'est dans ce cadre que nous avons eu la chance d'effectuer notre stage à LafargeHolcim de Fès dont le secteur d'activités est la fabrication du ciment.

Au sein, de l'usine LafargeHolcim, on trouve plusieurs équipements parmi lesquels les moyens de transports qui jouent un rôle très important dans le processus de fabrication du ciment.

C'est pour cette raison, qu'une maintenance préventive est nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de ces moyens, aussi doit-on disposer d'un stock de pièces de rechange pour les pièces critiques et ceci pour minimiser les temps d'arrêts et optimiser les coûts qu'engendrent les pannes.

Le présent travail consiste à mettre en place un plan de maintenance préventive pour le convoyeur à bande 332-BT2.

Ce rapport est constitué de trois chapitres : le premier chapitre est une présentation de la société LafargeHolcim, son historique, ses différentes activités et le processus de fabrication du ciment. Dans le deuxième chapitre nous avons présenté les différents outils utilisés pour le traitement de notre sujet. Dans le troisième chapitre nous avons abordé notre travail demandé, c'est la mise en place d'un plan de maintenance préventive pour un convoyeur à bande, pour cela nous avons appliqué une étude AMDEC sur ce système afin de pouvoir analyser ces éléments critiques et réduire la durée des pannes.

CHAPITRE I:

Présentation générale de l'entreprise

&

Processus de fabrication du ciment

I-Présentation générale :

1-Historique :

- **1972** : les gouvernements marocain et algérien décident de construire une cimenterie à Oujda, sous le nom de la Cimenterie Maghrébine (CIMA). Son capital social est de 75 millions de dirhams, répartie à égalité entre l'Office pour le Développement Industriel (ODI) et la Société Nationale des Matériaux de Construction (SNMC), organismes représentant respectivement le Maroc et l'Algérie. Le projet CIMA fut mis en veilleuse et placé sous administration provisoire à cause du retrait algérien de l'opération en 1975.
- **1976** : L'ODI crée une société nouvelle dénommée Cimenterie de l'Orientale (CIOR) qui reprend les actifs de la CIMA.
- **1980** : installation à Fès d'un centre d'ensachage d'une capacité de 500000 tonnes par an.
- **1985** : Création de Ciments Blanc du Maroc à Casablanca.
- **1989** : Installation d'un centre de broyage à Fès d'une capacité de 350000 tonnes par an.
- **1990** : Début des travaux pour la réalisation d'une ligne complète de production de clinker à Fès.
- **1993** : Démarrage de l'unité de Fès.
- **2001** : Certification ISO 9001 et ISO 14 001 de la cimenterie de Fès.
- **2002** : Changement de l'identité visuelle : CIOR devient HOLCIM MAROC. Démarrage de la nouvelle activité granulats (Benslimane). Début des investissements relatifs à la rationalisation du dispositif industriel de Fès. Certification ISO 9001 et ISO 14001 de la cimenterie d'Oujda.
- **2004** : Extension de la cimenterie de Fès.
- **2007** : Démarrage de la cimenterie de Settat et de la plateforme de prétraitement de déchets Ecoval.
- **2008** : Lancement du projet de doublement de capacité de production de l'usine de Fès.
- **2010** : Lancement du projet de doublement de la capacité de production clinker de la cimenterie de Fès.
- **2014** : Holcim annonce la vision entre cette dernière et Lafarge Maroc.

2-Fiche signalétique :

➤ Répartition du capital social :

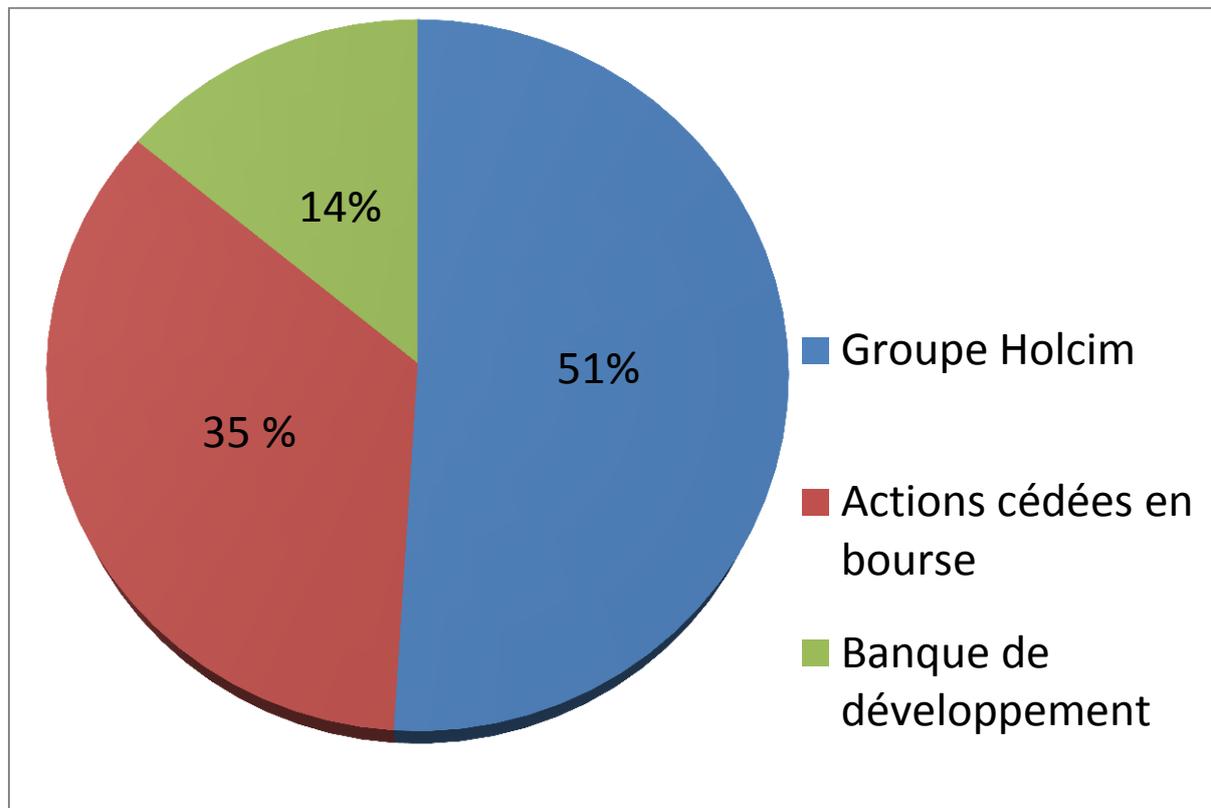


Figure1 : Fiche signalétique de LafargeHolcim Fès.

- **Raison sociale :** LafargeHolcim
- **Forme juridique :** société anonyme.
- **Date de création :** 1976
- **Capital social :** 910 000 000 dhs
- **Activité :** production et commercialisation du ciment et matériaux de construction
- **Registre commercial :** 2471133
- **Affiliation à la CNSS :** 15151223
- **Capacité de production :** 4,4 MT/ AN.
- **Nombre de personnel :** 100

3-Holcim Ras-El-Ma :

3-1-Généralité :

Située à 25 Km au sud de Fès, l'usine de Fès utilise le procédé de fabrication à voie sèche intégrale avec une capacité annuelle de 1 million de tonnes, il comporte des ateliers de : concasage, broyage, stockage de la farine, cuisson, stockage du clinker, broyage des combustibles, broyage du ciment, ensachage et expédition du ciment. La cimenterie de Fès est certifiées ISO 9001 version 2008 et ISO 14001 version 2004.

3-2-Organigramme :

L'organigramme de la société LafargeHolcim Ras-El-Ma est représenté dans la figure 2 :

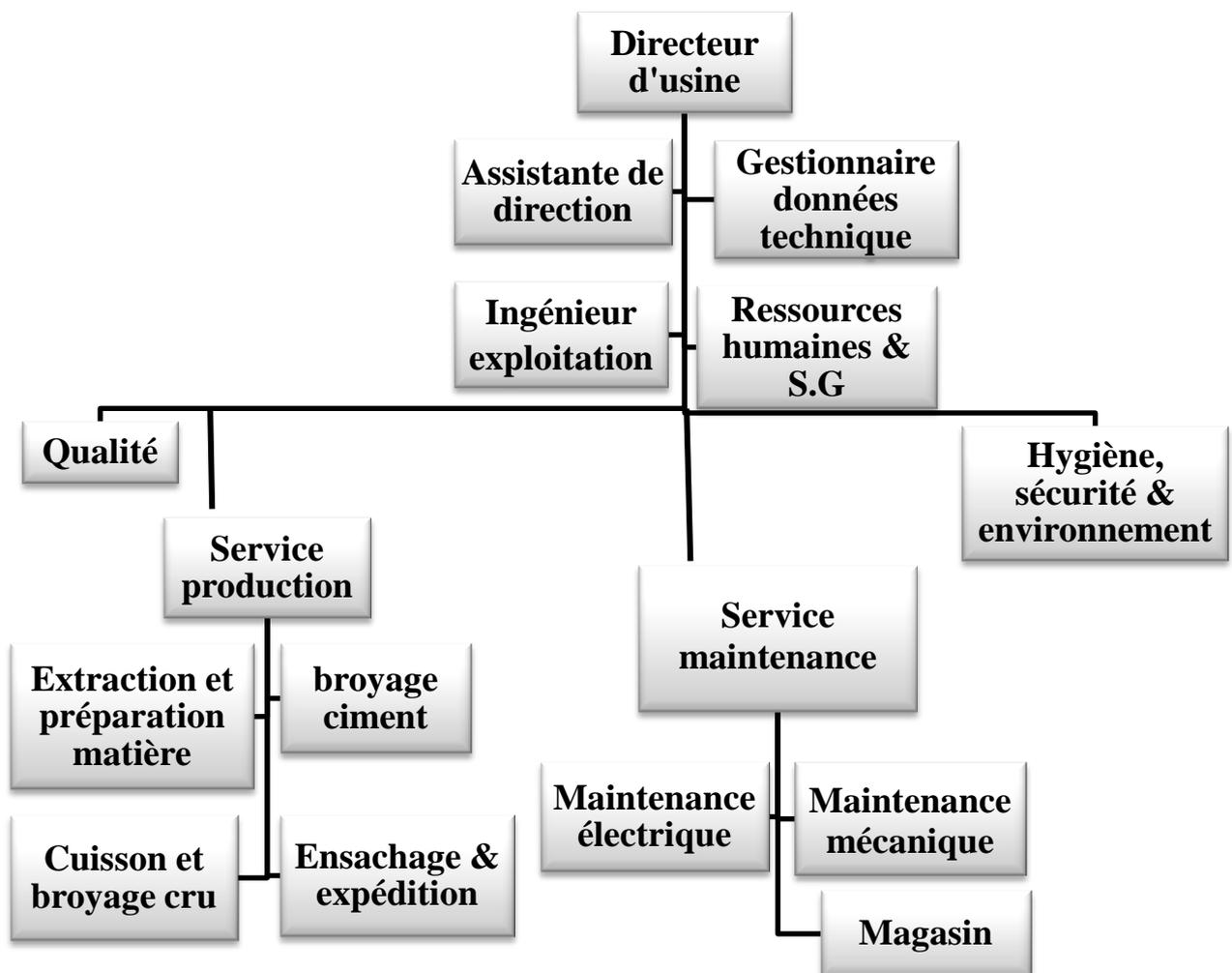


figure2 : organigramme de la société LafargeHolcim.

II-Le processus de fabrication et les types de ciment :

1-Procédé de fabrication de ciment :

Fabrication du ciment

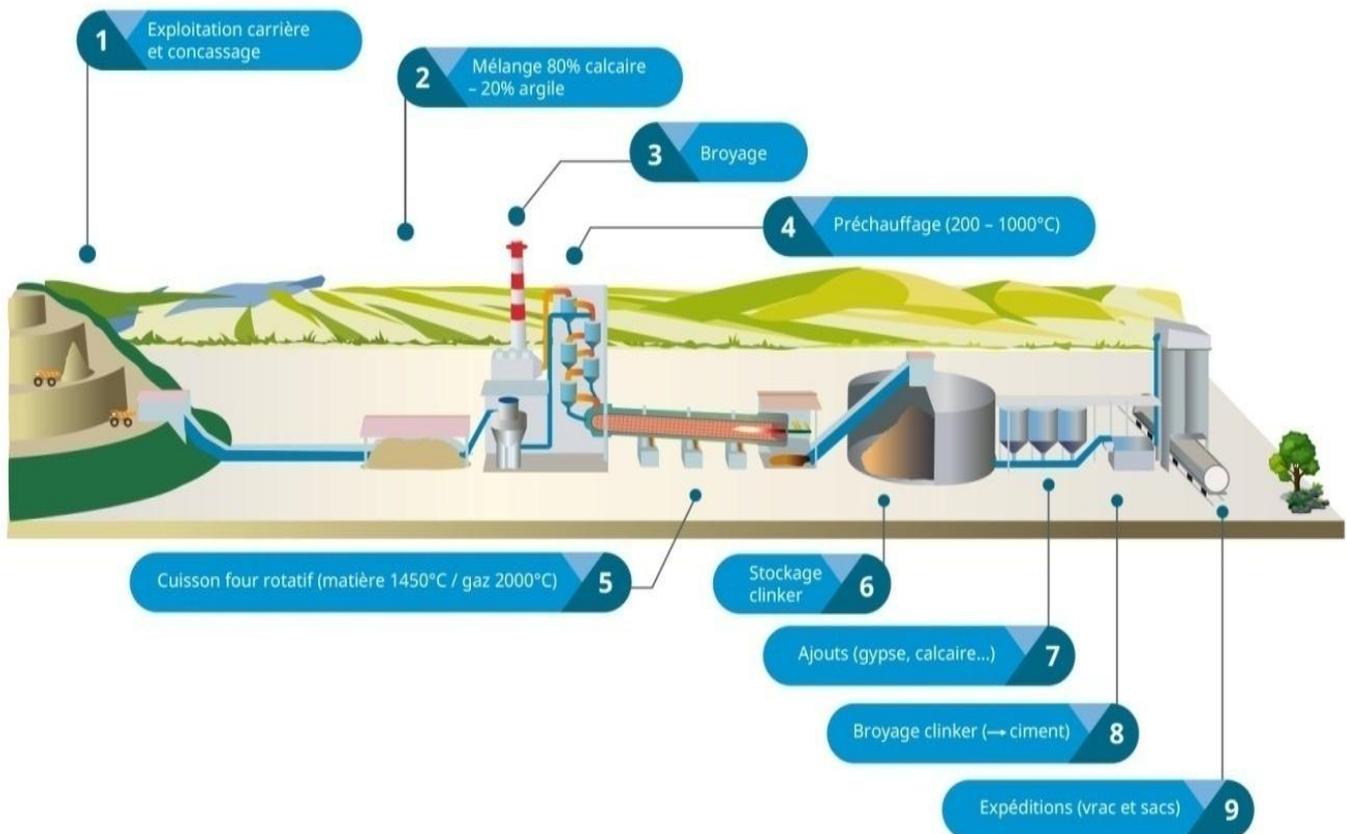


Figure3 : Processus de fabrication du ciment.

1-Exploitation carrière et concassage :

- **Carrière de calcaire** : le calcaire est exploité à partir de la carrière située à proximité de l'usine, l'extraction se fait à partir d'un abattage à l'explosif, le pourcentage du calcaire dans la production peut atteindre 80%.
- **Carrière de schiste** : la carrière du schiste est située à 45km du site de l'usine, l'extraction est sous-traitée et le pourcentage peut aller de 13 à 14 %.

Le concasseur se situe à proximité de la carrière de calcaire qui existe au voisinage de l'usine et compte plus de 2 siècles de réserves exploitables en calcaire de bonne qualité. Le but de cette opération est de réduire les dimensions des blocs qui atteignent parfois 1,2 m. La machine est un concasseur à marteaux à double rotor série DUO convenant pour le concassage primaire ou secondaire de toutes matières friables ou Semi-dures. La matière fragmentée est transportée vers le stockage.

2-Pré-homogénéisation : C'est une opération qui consiste à assurer une composition chimique régulière de mélange des matières premières.

3-Le broyage cru : la matière préparée par le concassage doit être maintenue et réduite à la finesse requise pour la cuisson. Le broyeur est constitué de deux paires de galets à suspension flottante. Ces paires de galets sont entraînées par un plateau de broyage. Sous l'effet de la force Centrifuge, la matière passe sous les galets, alors que les particules trop lourdes retombent sous le plateau de broyage dans un élévateur à godets qui les recyclent dans le broyeur, les fines entraînées par le flux de gaz, sont dirigées vers le séparateur monté sur le broyeur. La pression des galets est fournie par un système de vérins hydrauliques.

4-Préchauffage : Afin de récupérer la chaleur de gaz sortant du four, la matière effectue plusieurs boucles dans cinq cyclones montées en série grâce à un élévateur. Un ventilateur à la base propulse les gazs chauds et les fait tournoyer dans chaque cyclone assurant ainsi un bon échange thermique.

5-Cuisson : A la sortie du préchauffeur, la farine arrive dans le four rotatif où s'effectue l'étape la plus importante de sa transformation. L'alimentation farine est située à l'extrémité opposée au brûleur. Le four rotatif est de forme cylindrique de 3,6m de diamètre, de 62,5m de longueur, avec une pente d'inclinaison de 3% et une vitesse de rotation pouvant atteindre 5 tr/mn. L'isolation du four se fait par des briques réfractaires. Le combustible utilisé est le coke de pétrole en marche normale et le gasoil au moment de chauffe (parfois, le charbon, les grignons d'olives ou les pneus). La matière qui sort du four est appelée «clinker».

6-Stockage et expédition du «clinker» : Le « clinker » prêt à l'emploi est transféré soit vers un silo de stockage, soit transporté par des camions pour la préparation du ciment.

7-les ajouts : cette étape consiste à ajouter des ajouts de calcaire, de gypse et d'adjuvant pour obtenir les trois types du ciment fabriqués actuellement : Le CPJ35, le CPJ45 ou le CPA55.

8-Broyage du «CLINKER» : le but de cette étape est de broyer le clinker à une finesse inférieure à 40 microns.

9-Stockage et expédition du ciment : Après broyage, le ciment est expédié par pompes pneumatiques vers deux silos de stockage du produit fini. La capacité totale de chaque silos de stockage de ciment est donnée par : 600 t.

2-Les types de ciments produits par LafargeHolcim :

✓ **CPJ 35 : Ciment portland composé avec ajouts :**

Il est constitué à 67% clinker, 28% de calcaire et 5% de gypse. Ce type de ciment est utilisé pour les travaux de finition car il n'est pas trop résistant.

✓ **CPJ 45 : Ciment portland composé avec ajouts :**

Il est constitué de 80 % en clinker, 15% en calcaire et 5% en gypse. Ce type de ciment est utilisé pour la construction des bâtiments.

✓ **CPA 55 : Ciment Portland Artificiel :**

Ce type de ciment est fabriqué selon la demande de la clientèle et sa composition varie.

III-Cahier de charge :

Notre stage a été effectué dans LafargeHolcim de Fès, et particulièrement dans le service maintenance mécanique. L'horaire du stage était du 8h jusqu'à 17h, l'encadrement était sous la responsabilité de Mr.Nourdine BOUREZAQ et Mr.Omar ERRABI qui nous ont présenté aux chefs de départements et de division pour nous accompagner lors de notre tournée dans l'usine et cela pour prendre une idée générale sur les équipements qui nécessitent un plan de maintenance préventive.

C'est pour cela, nos encadrants nous ont proposé de mettre en place un plan de maintenance de référence sur la bande transporteuse 332-BT2, le choix de cette bande transporteuse est basé sur l'historique des pannes de l'ensemble des moyens de transports, pour cela ils nous ont demandé de suivre les étapes suivantes :

- Une présentation générale des moyens de transport.
- Analyse AMDEC de la bande transporteuse 332-BT2.
 - ✓ Découpage de la bande transporteuse 332-BT2.
 - ✓ Fiche technique de la bande transporteuse 332-BT2.
 - ✓ Diagramme d'ISHIKAWA.
 - ✓ Diagramme de PARETO.
- Plan de maintenance préventive de référence.
- Etude économique.

CHAPITRE II :

Généralités sur la maintenance, AMDEC et PARETO

I-Introduction :

Une entreprise doit exploiter ces équipements d'une manière efficace dans le but d'améliorer la qualité et le coût du produit et augmenter aussi la production. Une bonne gestion de la maintenance des équipements est le meilleur moyen qui permet d'atteindre cet objectif en prenant en considération les aspects techniques, économiques et financiers des différentes méthodes utilisées. L'objectif principal de la maintenance est de réduire au minimum la défaillance des équipements pour éviter les arrêts de production. L'augmentation de la fiabilité des équipements et la maîtrise des défaillances et des pannes dépend du développement de la maintenance préventive.

II-Définition et concepts de la maintenance :

1-Définition :

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé. Maintenir c'est donc effectuer des opérations : dépannage, graissage, visite, réparation. Des opérations, qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimal.

2-Les types de la maintenance :

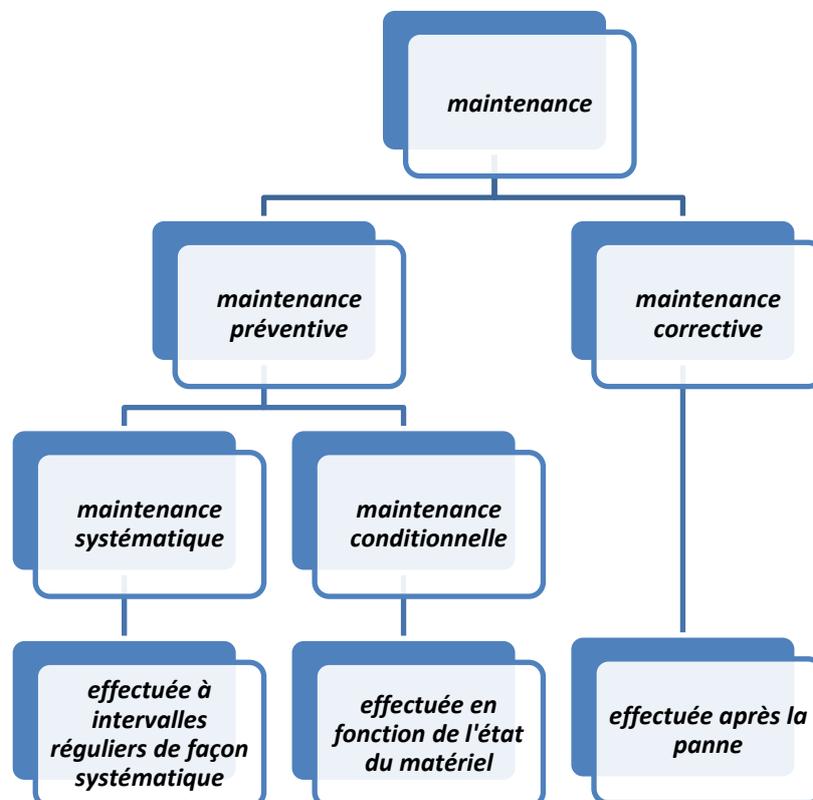


Figure4 : les types de la maintenance.

2-1-La maintenance corrective :

Il s'agit de la maintenance effectuée après la détection d'une panne, elle a pour objectif de remettre une entité d'un état défaillant à un état lui permettant d'accomplir une fonction requise ou peut être utilisée en complément d'une maintenance préventive pour l'élimination d'une avarie.

Le fonctionnement de la maintenance corrective est divisé en deux parties:

2-1-1-La maintenance palliative :

La maintenance palliative est une maintenance qui s'attache à la correction de tout incident identifié en production, et empêchant la poursuite de celle-ci, c'est une intervention rapide pour pallier au plus urgent en attendant de trouver une solution ou une correction définitive plus rassurante.

La maintenance palliative permet de :

- ✓ Localiser l'incident.
- ✓ Mettre en place une solution provisoire permettant de poursuivre l'exploitation.

2-1-2-La maintenance curative :

La maintenance curative est une maintenance qui s'attache à corriger tout incident identifié en production mais n'empêchant pas la poursuite de celle-ci, il s'agit d'une intervention en profondeur et définitive pour réparer un équipement, **la maintenance curative permet de :**

- ❖ Localiser l'incident.
- ❖ Développer une solution permettant de rendre la machine conforme à sa destination.
- ❖ Mettre en place cette solution.

Ces deux genres de maintenances correctives se basent sur 2 notions :

a-Diagnostic :

- Schémas fonctionnels, arbre de cause : cette approche permet de trouver l'origine de la panne en suivant une structure arborescente.
- Des tableaux de type cause, effet, remède (tableau AMDEC : Analyse Mode de Défaillance de leur Effet et de leur Criticité).
- Des tests : pour assurer que la machine fonctionne normalement.

b-Réparation :

C'est la phase qui succède le diagnostic et permet au système de revenir à un bon fonctionnement. Dans cette phase il faut déterminer :

- Les différentes phases de travail de réparation.
- Le temps nécessaire à la réparation.
- Les moyens d'exécution pendant la réparation.

2-2-La maintenance préventive :

La maintenance préventive consiste à intervenir sur un équipement avant que celui-ci ne soit défaillant.

Elle a pour objectif de :

- ❖ Réduire les interventions d'urgence.
- ❖ éviter les périodes disfonctionnement d'avant panne.
- ❖ Rendre possible la réparation.
- ❖ Augmenter le niveau de sécurité.

Deux types de maintenances préventives :

2-2-1-La maintenance systématique:

Elle comprend les inspections périodiques et les interventions planifiées suivant un calendrier pour assurer le fonctionnement continu des équipements. Elle a pour objectif :

- ❖ De déterminer le coût probable de maintenance.
- ❖ De choisir les fréquences d'intervention sur un système.
- ❖ De faire de la planification de tâches et renforcer les mesures de sécurité.

2-2-2-La maintenance conditionnelle :

Réalisée à la suite de relevés, de mesures, de contrôles révélateurs de l'état de dégradation de l'équipement. Elle rend plus efficace la détection des défauts, permet d'améliorer la disponibilité par la planification des opérations.

Elle a pour objectif :

- ❖ D'éviter les démontages inutiles liés à la maintenance systématique qui peuvent engendrer des défaillances.
- ❖ D'accroître la sécurité des personnes.
- ❖ D'éviter les interventions d'urgence suivant l'évolution des débuts d'anomalies.

2-2-3- la maintenance prévisionnelle :

La maintenance prévisionnelle est, selon la norme NF EN 13306 X 60-319, une « maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien ».

Son principe est le suivant : tout élément manifeste des signes, visibles ou non, de dégradation qui en annoncent la défaillance. Le tout est de savoir reconnaître ces signes précurseurs. Des appareils permettent de mesurer cette dégradation, laquelle peut être une variation de température, de vibration, de pression, de dimension, de position, de bruit, etc. Ces dégradations peuvent donc être d'ordre physique, chimique, comportemental, électrique ou autre.

Le but de cette maintenance est d'agir sur l'élément défaillant au plus près de sa période de dysfonctionnement. Elle permet aussi de suivre une dégradation dans le cas d'une durée de vie variable d'un élément. Toutes ces actions permettent donc de réduire la fréquence des pannes tout en optimisant la fréquence des interventions préventives.

La maintenance prévisionnelle a la particularité d'être facile à suivre mais est plus complexe à mettre en place.

III-Etude AMDEC:

1-Définition de l'AMDEC :

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les modes de défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du moyen de production, de l'équipement ou du processus étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives ou préventives. Cette méthodologie n'est réellement efficace qu'avec l'expérience, il faut donc se renseigner en profondeur auprès des personnes compétentes.

2-Les types de l'AMDEC :

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant que le système analysé est :

- ✓ le produit fabriqué par l'entreprise.
- ✓ le processus de fabrication du produit de l'entreprise.
- ✓ Le moyen de production intervenant dans la production du produit de l'entreprise.

2-1- AMDEC-Produit:

L'AMDEC-Produit est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

2-2- AMDEC-Process:

L'AMDEC-Process est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

2-3- AMDEC-Moyen de production:

L'AMDEC - Moyen de production, plus souvent appelée AMDEC-Moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

2-4 AMDEC sécurité :

S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

3-Etapes d'application de l'AMDEC moyen de production :

✚ Etape 1 : initialisation de l'étude :

Elle consiste à :

- ✓ Définir la machine à analyser.
- ✓ Définir la phase de fonctionnement.
- ✓ Définir ses objectifs à atteindre.
- ✓ Constituer un groupe de travail.
- ✓ Définir un planning des réunions.
- ✓ Mettre au point des supports de travail.

✚ Etape 2 : description fonctionnelle de la machine :

Il s'agit de faire :

- ✓ Un découpage de la machine.
- ✓ Un inventaire des fonctions de service.
- ✓ Un inventaire des fonctions techniques.

✚ Etape 3 : Analyse AMDEC :

Elle permet d'élaborer :

- ✓ Une analyse des mécanismes de défaillances.
- ✓ Une évaluation de la criticité à travers :
 - La probabilité d'occurrence F
 - La gravité des conséquences G
 - La probabilité de non-détection

Ces trois paramètres permettent de définir la criticité C :

$$C = F.G.D$$

- ✓ Des actions préventives.

✚ Etape 4 : Synthèse de l'étude :

Elle consiste à :

- ✓ Etablir un bilan des travaux.
- ✓ Prendre des décisions sur les actions à engager.

Les paramètres de la criticité :

❖ La fréquence F:

Tableau 1 : grille de l'échelle de fréquence.

Niveau	valeur	Définition
très faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par 10 ans.
Faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par année.
moyen	3	Défaillance occasionnelle : moins d'une défaillance par 4 mois.
élevé	4	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par semaine.

❖ La gravité G:

Tableau 2 : grille de l'échelle de gravité.

niveau	valeur	Définition
mineur	1	-Arrêt de production : moins de 15 min. -Aucune ou peu de pièce de rechange nécessaire.
moyen	2	- Arrêt de production : de 15 min à une heure. -Pièce en stock.
majeur	3	- Arrêt de production : de 1 heure à 2 heures. -Pièce en stock ou livraison ultra-rapide.
grave	4	- Arrêt de production : 2 heures et plus. -Long délai de livraison.

❖ **La non-détection D:**

Tableau 3 : grille de l'échelle de non détection

niveau	valeur	Définition
Evident	1	Détection certaine, sirène, moyens automatiques, signes évidents
Possible	2	DéTECTABLE par l'opérateur, par des routes d'inspection, vibration
Improbable	3	Difficilement détectable, moyens complexes (démontages...)
impossible	4	Indétectable, aucun signe.

❖ **La criticité :**

Lorsque les 3 critères ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité.

Tableau 4 : grille de l'échelle de criticité

valeur	Définition
1-6	Négligeable
8-18	Moyenne
24-36	Elevée
48-64	Interdit

❖ **Remarque :**

L'équipe de LafargeHolcim de Fès utilise une criticité classifiée selon l'ordre suivant :

- **Criticité A** : un organe est de criticité A lorsque son arrêt cause l'arrêt immédiat de l'installation (interdit).
- **Criticité B** : un organe est de criticité B lorsqu'on a une tolérance de 24h pour le réparer (moyenne).
- **Criticité C** : un organe est de criticité C lorsque son arrêt n'influence pas sur la chaîne de la production (négligeable).

IV-Diagramme de PARETO:

1-Définition :

Le diagramme de PARETO est un graphique représentant l'importance de différentes causes sur un phénomène. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

2-Méthodologie :

Ce diagramme se présente sous la forme d'une série de colonnes triées par ordre décroissant. Elles sont généralement accompagnées d'une courbe des valeurs cumulées de toutes les colonnes.

Ce diagramme est construit en plusieurs étapes :

- Etablir la liste des données.
- Quantifier chacune de ces données.
- Effectuer la somme des valeurs obtenues.
- Calculer pour chaque valeur, sa part en pourcentage du total.
- Classer les pourcentages par ordre décroissant.
- Représenter graphiquement ces pourcentages par un histogramme.
- Représenter l'histogramme des valeurs cumulées.

V-Diagramme d'ISHIKAWA :

Le diagramme d'ISHIKAWA est un outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier.

L'outil se présente sous la forme d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5M (Matière, Main d'œuvre, Matériel, Méthode, Milieu).

VI-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons introduit la maintenance, ces types et son application à travers les outils : AMDEC, PARETO et ISHIKAWA qui va nous permettre de définir un plan de maintenance préventive nécessaire pour assurer un fonctionnement continue du convoyeur à bande qui permet le transport de la matière entre les différents ateliers de l'usine et ceci pour diminuer les temps d'arrêts et pour éviter l'arrêt non programmé du production.

CHAPITRE III :

Etude de la bande transporteuse

332-BT2

I-Introduction :

A partir de la révolution industrielle et le progrès technologique, l'homme a pu arriver à l'industrialisation et le développement des moyens de transport et d'en faciliter l'usage. Parmi, ces moyens de transports développés, on trouve : le convoyeur à bande, le redler et l'élévateur.

- ❖ ***Un convoyeur à bande :*** Les convoyeurs à bande sont caractérisés par le type de bande transporteuse utilisée (matériaux, texture, épaisseur) et par la position du groupe de motorisation (central ou en extrémité). Un convoyeur à bande se compose : D'un tambour de commande et de sa moto réductrice, d'un rouleau d'extrémité, d'un châssis porteur avec une sole de glissement, d'une bande transporteuse.
- ❖ ***L'élévateur à godets :*** sont les plus anciens pour le transfert vertical même pour des hauteurs élevées. Les élévateurs à godets sont utilisés pour le transport des produits en vrac, étant en état poussiéreux, en grains ou en petits morceaux. Ils sont utilisés en industrie chimique, alimentaire...
- ❖ ***Le redeler :*** Le convoyeur Redler est un convoyeur à chaîne droit ou coudé, destiné au transport horizontal et incliné de matériaux granuleux et à petit grain en vrac.

II- Les caractéristiques techniques des moyens de transport :

Le convoyeur est un mécanisme ou machine qui permet le transport d'une charge isolée (cartons, bacs, sacs, ...) ou de produit en vrac (terre, poudre, aliments...) d'un point A à un point B. Parmi, les convoyeurs utilisés dans le monde industriels on trouve :

- ✓ ***Le convoyeur à bande***
- ✓ ***Le convoyeur redler***
- ✓ ***Le convoyeur élévateur***

1-Le convoyeur élévateur:

Les élévateurs à godets modèle "Industriel" pour élever : Ciment, mortier, plâtre, agrégats, fertilisants... sont un élément essentiel pour transporter des matériaux verticalement à plusieurs mètres de hauteur en utilisant le moins d'espace physique possible et en même temps en toute sécurité et rapidement.

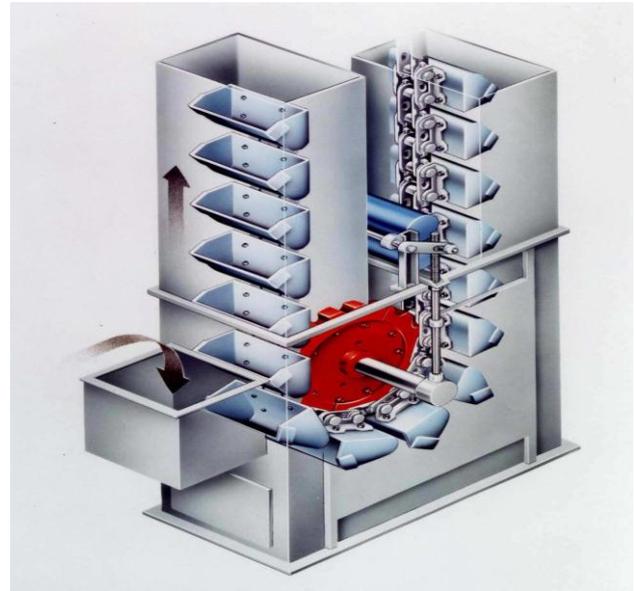


Figure 5: Elévateur à godets.

On distingue dans un élévateur à godets trois sous ensembles:

- La base de l'élévateur, où sont remplis les godets.
- La colonne, dans laquelle la bande monte et redescend.
- Le sommet de l'élévateur, où se fait la vidange des godets.

2-Le convoyeur à chaîne (Redler) :

Le transporteur Redler à chaîne d'entraînement, est caractérisé principalement par sa grande capacité, préférentiellement pour le transport horizontal sur de longues distances d'une grande quantité de produits au détail comme par exemple des céréales, des semences, des farines, en somme tout produit sous forme de grain, permettant de réaliser des déchargements en n'importe quel point du parcours en s'adaptant aux différents processus.

Les dimensions de largeur et hauteur, la capacité et la vitesse du transport dépendra du produit et des besoins spécifiques de chaque installation.



Figure 6: Convoyeur à chaîne (Redler).

3-Le convoyeur à bande :

Les éléments qui composent le convoyeur à bande sont les suivants :

3-1-Les tambours :

Ils entraînent la bande ou l'amènent à changer de direction. Celui de contrainte, il ramène le brin entrant ou sortant de la bande en ligne avec le brin de retour ou crée l'angle d'enroulement voulu autour du tambour d'entraînement.

3-2- Brin de retour :

Il est généralement soutenu par des batteries à rouleaux plats. Dans le cas de transporteurs de grande longueur, il peut être utile d'employer des batteries à deux rouleaux qui facilitent le guidage de la bande

3-3-La bande :

La bande transporte le matériau de la queue jusqu'à la tête du convoyeur. Se présente sous deux formes principales, plate et en auge.

- **Toute bande comporte deux faces :**

La face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés, et la face interne, qui est en contact avec les rouleaux ou les tambours. La courroie comporte aussi deux brins :

1a : Brin supérieur (ou brin porteur)

1b : Brin inférieur (ou brin de retour).

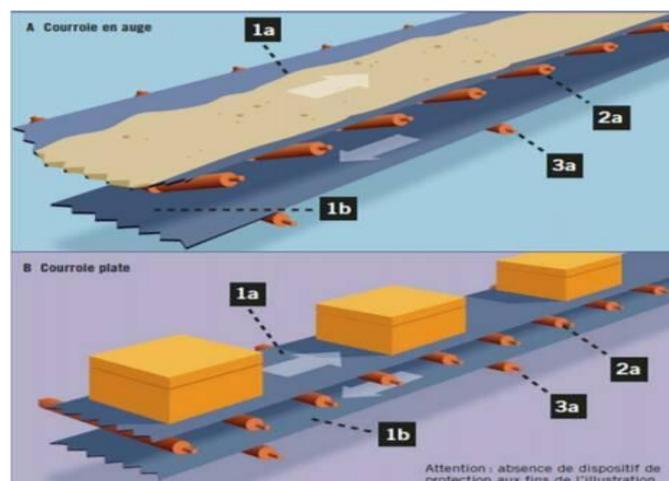


Figure 7 : Types de supports de bande.

- Les éléments qui composent la bande (courroie) sont les suivants :

1c : Revêtement de protection de la face externe (contre l'abrasion, les piqûres, les produits chimiques, la chaleur, etc.). Il peut aussi être construit de façon à obtenir un grand coefficient de frottement entre la charge transportée et la courroie.

1d : Protecteur de la carcasse : sert, en option, dans des conditions extrêmes et est généralement fait d'un matériau industriel tissé, placé, puis vulcanisé sur le dessus (pour prévenir les impacts) ou sur le dessous (protection contre les abrasifs qui adhèrent aux tambours) de la carcasse.

1e : Carcasse : élément flexible qui résiste à la tension. Elle peut être faite d'un matériau industriel tissé ou de cordage d'acier ou d'une combinaison des deux.

1f : Revêtement de protection de la face interne.

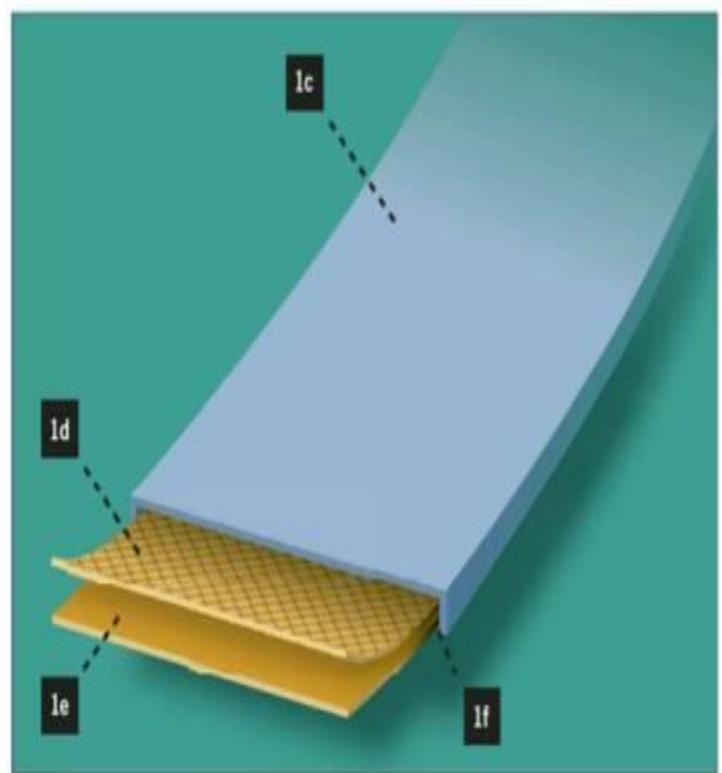


Figure 8: Coupe transversale de la bande.

3-4-Brin Porteur :

Le brin porteur peut avoir pour soutien :

- Une batterie à rouleaux formés en auge.
- Une batterie à rouleaux plats.
- Un support de glissement.

Batterie à trois rouleaux formés en auge :

Il est utilisé pour le transport de marchandises en vrac. La batterie à rouleaux en auge offre une grande capacité, faible risque de perte de matières, et un guidage efficace de la bande avec λ l'angle d'auge

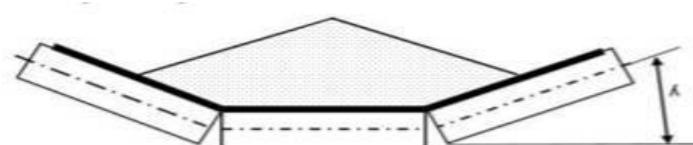


Figure 9: batterie à trois rouleaux

❖ Batteries à deux rouleaux :

En général, cette batterie n'est utilisée qu'en cas de largeurs de bandes inférieures à 650 mm un angle d'auge supérieur à 25° n'est pas utile du fait des efforts exercés sur la bande.

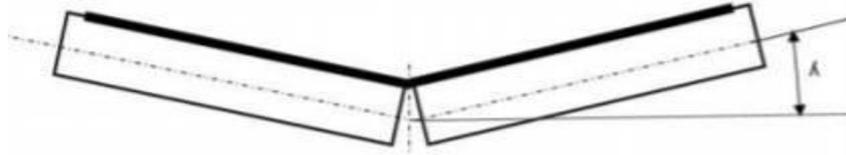


Figure 10: batterie à deux rouleaux

❖ Support de glissement :

Peut être utilisé pour le transport de charges individuelles ou de produits en vrac. Le support de glissement peut être réalisé en acier, en tissu synthétique ou en bois dur on utilise normalement, sur la face inférieure de la bande des bandes à faible frottement en raison des forces de friction entre la bande et le support de glissement.

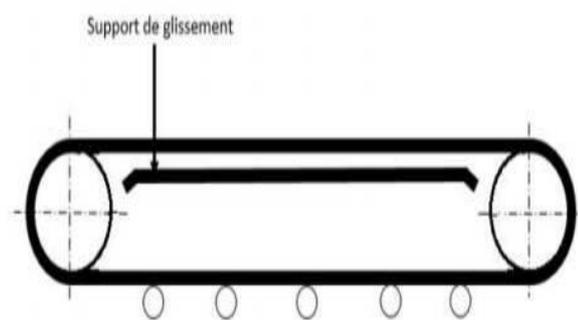


Figure 11: support de glissement.

❖ Les types du convoyeur à bande dans LafargeHolcim :

Au sein de l'usine LafargeHolcim de Fès, on trouve deux types du convoyeur à bande qui sont très utilisés pour le transport et la manutention des marchandises, une bande transporteuse avec contrepoids et l'autre sans contrepoids.

- **Le convoyeur à bande avec contrepoids :** c'est un dispositif de transport incliné permettant le déplacement continu de la matière en vrac ou de charge isolé. Le contrepoids est une masse inerte qui permet d'augmenter la tension de la bande pour assurer le bon fonctionnement de cette dernière, il est surtout utilisé pour les convoyeurs à bande qui ont une grande longueur.



Figure 12 : Le convoyeur à bande inclinée.

- **Le convoyeur à bande sans contrepoids :** C'est un mécanisme qui permet le transport horizontal de la matière de la tête de la bande transporteuse jusqu'à sa queue. Ce convoyeur ne contient pas un contrepoids car il est facile d'augmenter la tension de la bande manuellement pour assurer le bon fonctionnement de ceci.



Figure 13: Le convoyeur à bande horizontale

III-Application de l'AMDEC moyen de production au convoyeur

à bande :

1- Initiation de l'étude :

❖ Problématique:

Au sein de l'usine LafargeHolcim de Fès, La plupart des moyens de transport présentent des arrêts qui peuvent agir directement sur la productivité, et afin de déterminer le moyen de transport le plus critique, nous avons fait un brainstorming avec l'équipe de travail et à partir de l'historique des pannes de l'ensemble de ces moyens nous avons conclu que le convoyeur à bande 332-BT2 est le moyen le plus critique.

Notre but de cette étude est d'améliorer le temps de disponibilité du convoyeur à bande tout en mettant le doigt sur la source et la cause d'anomalie et en essayant de trouver une solution réelle et faisable.

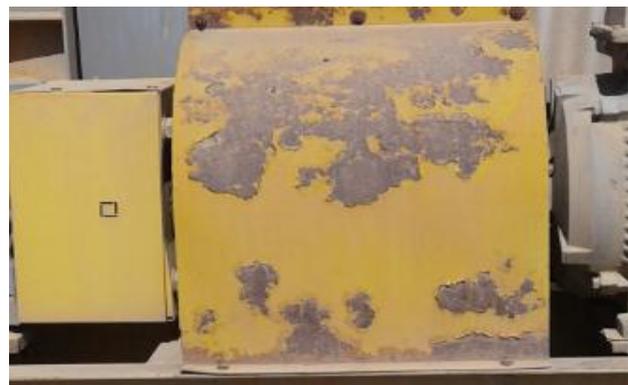
2-Description du convoyeur à bande :

❖ Découpage du convoyeur à bande :

- **Moteur** : c'est un moteur asynchrone triphasé avec 4 pôles, sa puissance nominale est : 1.5 KW et son tension nominal est : 380V.



- **L'accouplement** : assurer la liaison entre l'arbre du moteur et l'arbre du réducteur.



- **Réducteur** : son rôle est de diminuer la vitesse du moteur, il est fabriqué par SEW. Il est à engrenage rigide.



- **Bande**: la bande est composée de quatre couches de toile à voile de polyester dont la tension admissible peut atteindre 52kN, et elle est jointe sur place pour former une boucle.



- **Rouleau** : les rouleaux porteurs sont formés en auge, avec un angle de 35°. La branche de retour de la bande adopte les rouleaux.



- **Tambours :** Ils entraînent la bande ou l'amènent à changer de direction. Son diamètre d'entraînement est de 630mm et celui du tambour caudal à renversement est de 400mm.



- **Interrupteur d'urgence:** il est installé aux deux latéraux de la bande transporteuse. C'est un câble en fil d'acier plastifié posé tout au long de la bande qui permet à l'opérateur de pouvoir tirer ce câble à n'importe quelle place à côté de la bande pour l'arrêter.



- **Racleur :** il est utilisé pour le nettoyage de la bande. Il y a deux types de balayeurs : le balayeur de plate-forme et le balayeur du retour qui normalement installé avant le tambour caudal à renversement pour nettoyer la partie hors plate-forme de la bande



- **Interrupteur de dérivation de la bande** : il ya 4 interrupteur de dérivation de la bande.ils doivent être installés dans les endroits où la dérivation est la plus grave après l’installation de la mise en marche.



Pour notre sujet, nous avons choisit de traiter une bande transporteuse horizontale (332-BT2) car c’est la bande la plus critique dans l’usine le choix est basé sur l’historique des pannes et à partir d’un brainstorming avec l’équipe de travail.

Tableau 5: Fiche technique de la bande transporteuse 332-BT2 (sans contre poids):

Données de conception	caractéristiques	unité
Capacité de la bande par heure	450	t/h
Largeur de la bande	1000	mm
Vitesse de la bande	1.5	m/s
Longueur total de la bande	20	m
Inclinaison de la bande	0	Deg
Nombre de plis de la bande	4	-
Force de traction nominale	80	KN
L’épaisseur de la gomme sup de la bande	4.5	mm
L’épaisseur de la gomme inf de la bande	1.5	mm
L’épaisseur totale de la bande	5.2	mm
Diamètre du tambour d’entraînement	630	mm
Diamètre du tambour de retour	630	mm
Type des rouleaux porteurs	DTII04C0133	-
Type des rouleaux de retour	DTII04C2133	-
Diamètre des rouleaux porteurs	108	mm

Longueur des rouleaux porteurs	380	mm
Nombre des rouleaux dans chaque station	3	-
Angle d'auge des rouleaux	35	deg
Quantité des rouleaux porteurs	12	-
Quantité des rouleaux de retour	4	-
Type du moteur	M2QA160L4A	-
Puissance du moteur	11.162	KW
Vitesse du moteur	1440	Tr/min

3-Analyse AMDEC :

3-1-Diagramme d'ISHIKAWA :

La figure 14 présente le diagramme d'ISHIKAWA prenant comme objectif de déterminer les causes des modes de défaillance du convoyeur à bande.

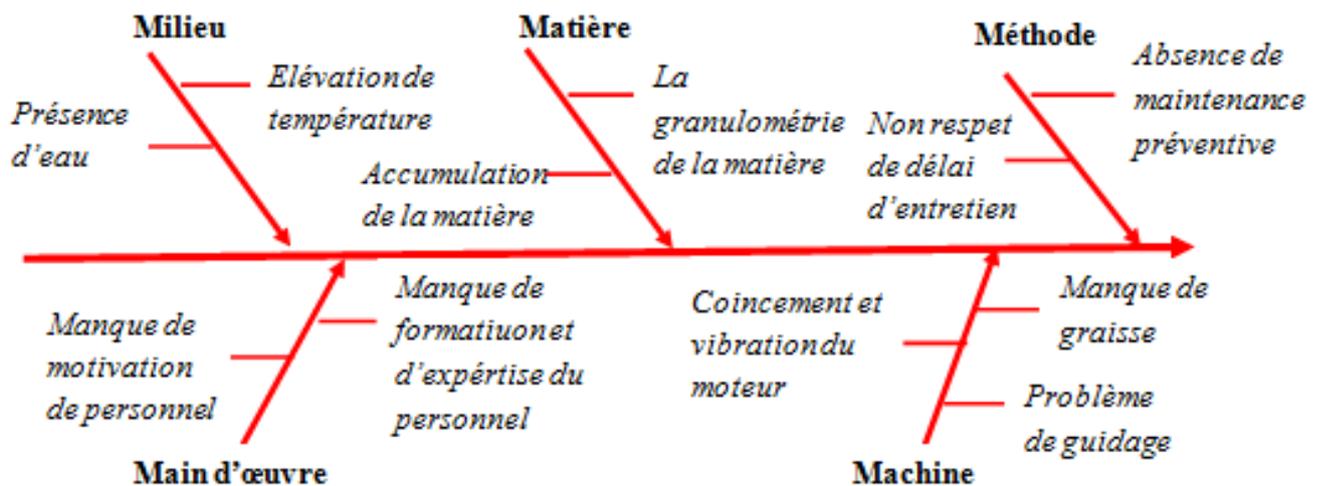


Figure 14: Diagramme d'ISHIKAWA

3-2-Tableau d'analyse AMDEC :

Tableau 6 : Analyse AMDEC.

Bande transporteuse 332-BT2

Composant	Fonction	Mode de défaillance	cause	effet	criticité		
					A	B	C
Le moteur	-Source d'énergie électrique	-Casse des pattes de fixation. -Casse de roulement. -Casse de l'arbre. -Combustion du moteur.	-Vibration du moteur. -Manque de graisse. -Coincement du moteur. -Elevation de température. -Présence d'eau.	-Blocage de la bande 332-BT2. -Blocage du tambour d'entraînement	X		
L'accouplement	-Assurer la liaison entre l'arbre du moteur et l'arbre du réducteur.	-Usure des roulements. -Elévation de température. -Gripage de pignon.	-La vieillissement. -Défaut d'alignement des arbres.	-Mauvais entraînement du moteur. -Mauvais entraînement de la bande.		X	
Le réducteur	-Réduire la vitesse du moteur.	-Manque de l'huile dans le réducteur. -Usure des pignons du réducteur.	-Manque de graisse. -Niveau d'huile insuffisant. -Huile polluée ou inadéquate. - Elévation de la température.	-Mauvais entraînement des tambours. -Grande vitesse de la bande. -Blocage de la bande.	X		
La bande	-Assurer le transport de la matière.	-Usure de la bande. -Dérivation de la ligne médiane. -Dilatation de la bande. -Coincement de la bande. -Déchirure de la bande.	-Mauvaise jonction. -Mauvais alignement. -Vieillessement de la bande. -Accumulation de la matière sur la bande.	-Blocage du transport de matière.	X		

Les tambours	-Guidage de la bande transporteuse.	-Blocage du tambour.	-Problème de guidage. -Contact entre le tambour et le raccord de la bande.	-Blocage de la bande.	X		
Les rouleaux	-Facilite l'entrainement de la bande transporteuse.	-Usure des rouleaux.	-Accumulation de la matière. -vieillessement des rouleaux.	-Usure de la bande.			X
Les racleurs	-Transporter et gratter la matière.	-Déformation du racleur. -Usure des racleurs.	-Contact avec la matière. -Effort mal réparti sur le long des racleurs. -Excès de la quantité transportée.	-Coincement d'un racleur. -Déformation de la bande.		X	

4-Synthèse d'étude :

4-1-Action corrective :

Vu l'apparition des défaillances sur les éléments critiques de la bande transporteuse 332-BT2, nous avons proposé des actions à engager contre les défaillants les plus fréquents avant que l'équipement soit défaillant. Ces interventions sont représentées de la façon suivante :

- ✓ **Moteur** : lorsque la température ou bien la vibration du moteur dépasse le seuil critique (100 °C, 7 m/s), il faut réagir de la manière suivante :
 1. Graisser les roulements du moteur.
 2. Diminuer la charge transportée.
 3. Chagement des roulements du moteur.
- ✓ **Accouplement** : lorsque l'accouplement n'est pas bien aligner, il faut réagir de la façon suivante :
 1. Fixer l'arbre du moteur avec le demi-accouplement.
 2. Fixer l'arbre du réducteur avec le demi-accouplement.
 3. Aligner les deux demi-accouplements.
 4. Stocker un accouplement au magasin.

- ✓ **Réducteur** : lorsque l'huile du réducteur est polluée il faut intervenir de la manière suivante :
 1. Vider le réservoir d'huile.
 2. Remplir le réservoir avec l'huile de rinçage.
 3. Nettoyer le réservoir d'huile.
 4. Remplir le réservoir avec une nouvelle huile.
- ✓ **La bande** : lorsque l'épaisseur de la bande diminue il ya deux cas :
 - La bande est vieillie : dans ce cas il faut changer la bande.
 - La bande est encore neuve : dans ce cas il faut réagir de la manière suivante :
 1. Nettoyer la bande systématiquement.
 2. Changer les rouleaux usés.
 3. Changer les racleurs usés.
- ✓ **Les rouleaux** : lorsque les rouleaux sont usés il faut les changer.
- ✓ **Les racleurs** : lorsque les racleurs sont usés il faut les changer.
- ✓ **Les tambours** : lorsque le tambour est bloqué il faut réagir de la manière suivante :
 1. Vérifier le contact entre le tambour et le raccord de la bande.
 2. Nettoyer la bande systématiquement.
 3. Changer les rouleaux usés.
 4. Aligner la bande.

4-2-Diagramme de PARETO et classification ABC :

Le tableau ci-dessous illustre les différentes données pour créer le diagramme de PARETO :

Tableau 7: la durée des pannes des sous ensembles de la bande transporteuse 332-BT2

Organe	Durée de panne en h	% de durées d'arrêts	%cumulés
La bande	26	33.3	33.3
Le moteur	18	23	56.3
L'accouplement	18	23	79.3
Le réducteur	8	10.2	89.5
Les tambours	5	6.4	95.9
Les rouleaux	2	2.5	98.4
Les racleurs	1	1.2	99.6
Totale	78	99.6	

Après le remplissage du tableau, vient la phase de la représentation du diagramme de PARETO afin d'en sortir les organes critiques. La figure ci-dessous représente le diagramme PARETO obtenu à partir du tableau 3 :

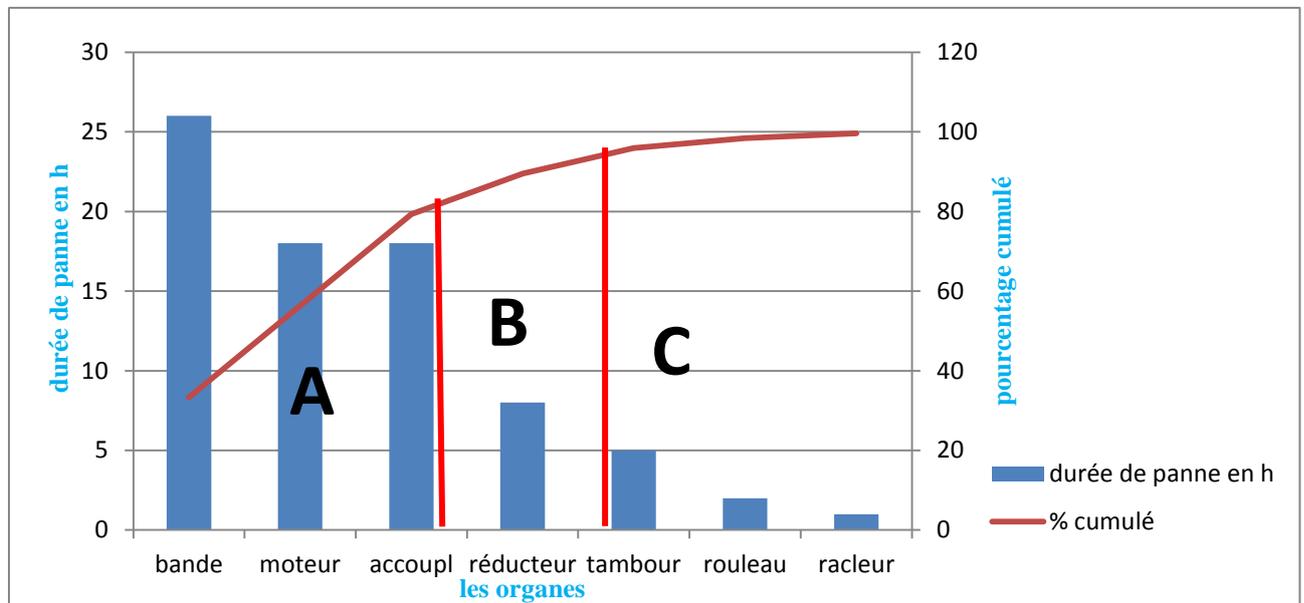


Figure 15: Diagramme de PARETO de pannes en h.

❖ **Interprétation du diagramme PARETO :**

La zone A doit suivre une politique de maintenance préventive systématique avec un mode opératoire bien définie et une durée déterminée, pour la zone B nous avons le choix d'appliquer une politique de maintenance préventive ou non et la zone C doit suivre une politique de maintenance corrective.

D'après cette analyse et selon la loi 20/80, on trouve que 3 organe parmi les 7 organes représentent plus que 80% de la durée cumulée des pannes et qui sont les éléments les plus critiques qui necessitent une intervention systématique. Ces 3 organes sont :

- La bande
- Le moteur
- L'accouplement

4-3-Plan de maintenance préventive :

Afin d'assurer une bonne gestion de la maintenance du convoyeur à bande, il faut chercher les solutions appropriées pour éliminer les causes de défaillances et enfin engager un plan de maintenance préventive sur les 7 organes de la bande transporteuse et surtout sur les 3 organes obtenus à l'aide du diagramme de PARETO car ces 3 organes sont les plus critiques. Comme dans le plan suivant :

Tableau 8: plan de maintenance préventive :

Gamme de préventive (actions ajoutées)				Equipement : convoyeur à bande			
Liste des interventions	Marche	Arrêt	Intervention	Périodicité			
				J	S	M	A
-Graissage systématique des roulements du moteur.		X	Opérateur			X	
-Mesure et suivi de vibration du moteur.	X		Opérateur	X			
-Mesure et suivi de température du moteur.	X		Opérateur	X			
-Contrôle systématique visuelle de l'équipement.	X		Technicien		X		
-Contrôle systématique d'alignement d'accouplement.		X	Technicien			X	
- Contrôle visuelle des pignons du réducteur.		X	Technicien			X	
-Analyse d'huile de réducteur.		X	Opérateur				X
-Mesure systématique d'épaisseur de la bande.		X	Opérateur			X	
-Nettoyage systématique de la bande.		X	Opérateur		X		
-Contrôle systématique du revêtement du tambour.		X	Technicien			X	
-Contrôle visuelle des rouleaux.	X		Technicien		X		
-Contrôle visuelle des racleurs.	X		Technicien			X	
-Mesurer le jeu entre les roulements des tambours.		X	Opérateur			X	

A l'aide de la courbe de PARETO, nous avons définie les éléments de la zone A qui sont en jaune et qui nécessitent certainement une maintenance préventive.

5-Etude économique:

En terme économique, le totale des arrêts en 2016 pour les organes critiques (la bande, le moteur, l'accouplement) est :

L'organe	La durée de panne en h	Le nombre de panne	Total d'arrêt en h
La bande	13	2	$13*2=26$
L'accouplement	6	3	$6* 3=18$
Le moteur	6	3	$6*3=18$
Temps total d'arrêt	-	-	62
Total de fonctionnement	-	-	$8*335=2680$

Donc le pourcentage d'arrêt en 2016 est :

$$62/2680= 2.3\%$$

D'après ces résultats on conclue qu'il est très nécessaire de conduire une démarche pour déterminer les modes de défaillances, leurs effets, les causes possibles de dysfonctionnements afin de définir des actions préventives et correctives pour assurer le fonctionnement continue de cette machine et cela pour minimiser les temps d'arrêts et optimiser les coûts qu'engendrent les pannes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce stage de fin d'étude vient de compléter notre formation académique et notre savoir-faire en nous permettant outre la fréquentation du milieu du travail, de réaliser une étude technique et de mettre en pratique nos connaissances théoriques.

L'avoir passé dans une société du calibre de LafargeHolcim est un privilège. La bonne ambiance qui règne dans le service d'accueil, la serviabilité et l'aimabilité du personnel ont favorisé le bon déroulement de ce stage.

Au cours de ce travail, nous avons apporté des solutions et des suggestions afin de limiter les causes des arrêts de production, pour cela, nous avons fait une décomposition fonctionnelle de la bande transporteuse 332-BT2, puis une analyse AMDEC de cette dernière et par la suite nous avons réalisé une analyse PARETO pour déterminer les organes les plus critiques.

L'analyse PARETO nous a donné 3 organes critiques : la bande, l'accouplement et le moteur qui nécessitent certainement une maintenance préventive, c'est pour cela, nous avons proposé des actions correctives et ensuite nous avons réalisé un plan de maintenance préventive de référence sous forme d'un cheks-lists.

Ce projet a été très enrichissant bien sur le plan relationnel que pratique. Nous avons été amenés à faire des recherches, à échanger et à partager des points de vue avec différents cadres et collaborateurs et a mieux approché le monde industriel. Ce qui nous permis de s'intégrer facilement dans une équipe du travail qui n'a pas hésité à nous aider pour réaliser notre projet de fin d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- + La pratique de la maintenance préventive : HENG Jean,
DUNOD, pages : de 1 jusqu'à 10.
- + Cours de la maintenance de Mr CHAFI LST GI (2017/2018)
- + https://fr.wikipedia.org/wiki/Bande_transporteuse
- + <https://fr.wikipedia.org/wiki/Convoyeur>
- + <http://www.servo-conveyors.fr/transporteurs-a-chaines-1-6.html>
- + Documentation interne de la société du convoyeur à bande,
l'élève et le convoyeur à chaîne (Redler).