



كلية العلوم والتقنيات فاس
+οϋΣΠοι+ Ι +ΓοΘΘοισι Λ +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+οΘοΠΣ+ ΘΣΛΣ ΕΒΑΕΕοΛ ΘΙ ΑΘΛΒΗΗοΦ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



LafargeHolcim

Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Elaboration d'un plan de la maintenance
préventive du refroidisseur clinker avec la
méthode AMDEC

Lieu : LafargeHolcim-usine de Meknès

Référence : 13/19GI

Préparé par :

-SOULIMANI OMARI Fatima-zahrae.

Soutenu le 11 Juin 2019 devant le jury composé de :

- Pr. BELMAJDOUB Fouad (Encadrant FST).
- Pr. RJEB Mohammed (Examineur).
- Pr. SQALLI HOUSSAINI Driss (Examineur).
- Mr. FATIMI Youness (Encadrant Société).



Dédicace :

✿ Je dédie ce projet à ... ✍

- ❖ Mes parents car ils représentent pour moi le Symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager dans mes études*
- ❖ Mes chers amis, pour leur encouragement et aide tout au long de la période de ce stage.*
- ❖ Mes encadrants Pr Fouad BELMAJDOUB et Mr Youness FATIMI pour leur conseil et aide.*
- ❖ Mes professeurs du département génie industriel à la faculté des sciences et techniques de FES pour les enseignements de qualité qu'ils m'ont accordés.*

Remerciement :

Je tiens tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donnée la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, j'adresse mes remerciements à mon encadrant pédagogique **Pr BELMAJDOUB Fouad** d'avoir accepté d'être le tuteur de mon projet de fin d'étude, je le remercie aussi pour ses conseils et directives efficaces.

Je remercie également mon encadrant industriel **Mr FATIMI Youness** pour son suivi de toutes les étapes du projet, son aide, ses conseils et directives qui m'ont aidé beaucoup à réaliser ce travail, de plus j'adresse mes remerciements à tout le personnel de LafargeHolcim Meknès d'avoir partagé leur expérience avec moi.

Sans oublier à remercier **Pr ENNADI Abdelali** le coordonnateur de la licence science et technique génie industriel pour ses précieux conseils pédagogiques

Que messieurs les membres de jury **Pr RJEB Mohammed** et **Pr SQALLI HOUSSAINI Driss** trouvent ici l'expression de mes reconnaissances d'avoir accepté d'être les jurys de mon travail.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à tous les professeurs du département génie industriel à la faculté des sciences et technique de FES et tous les membres de ma famille ainsi que mes amis qui étaient toujours avec moi avec leur encouragement,

Enfin je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

MERCI

Sommaire

Liste des abréviations et acronymes	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Présentation de LafargeHolcim-Usine de Meknès et le processus de fabrication de ciment et le cadre du projet	
I.Introduction :	2
II.Présentation générale de LafargeHolcim :	2
1. Généralité sur LafargeHolcim :	2
2. Historique de LafargeHolcim avant fusion :	2
3. Histoire de fusion de Lafarge et Holcim :	3
3.1. Présentation des deux entreprises collaboratrices :	3
3.2. Historique de la fusion entre Lafarge et Holcim :	3
4. Activités :	3
III.Présentation de LafargeHolcim-usine de Meknès :	4
1. Historique de LafargeHolcim Meknès :	4
2. Situation géographique :	4
3. Fiche signalétique de LafargeHolcim-Usine de Meknès :	5
4. Organigramme de LafargeHolcim-usine de Meknès :	5
IV.Processus de fabrication de ciment	6
1. Etape 1 : extraction et broyage des matières premières :	6
2. Etape 2 : cuisson.....	7
3. Etape 3 : Broyage et expédition du ciment :	7
V.Cadre du projet :	8
1. Les travaux demandés :	8
2. Les objectifs du projet :	8
VI.Conclusion :	8
Chapitre II : Présentation de la méthode AMDEC et des outils utilisés	
I.Introduction :	9
II.Définition de la méthode AMDEC :	9
III.Les types d'AMDEC :	9



IV. Avantages de la méthode AMDEC moyen de production :	9
V. Les termes de l'AMDEC et l'évaluation de la criticité :	10
VI. La démarche d'AMDEC moyen de production :	11
VII. La grille de cotation d'AMDEC :	12
VIII. Les outils utilisés :	12
1. Analyse fonctionnelle :	12
1.1. Définition :	12
1.2. Les types d'analyse fonctionnelle :	13
1.3. Les types des fonctions :	13
1.4. Les outils d'AF :	13
2. Diagramme d'Ishikawa :	13
3. Loi de Pareto :	14
3.1. Définition :	14
3.2. La méthodologie :	14
IX. Conclusion :	14
Chapitre III : Application de l'AMDEC sur le refroidisseur clinker et l'élaboration d'un PMP du refroidisseur	
I. Introduction :	15
II. Application de la démarche AMDEC :	15
1. Initialisation :	15
1.1. Définition du système à étudier :	15
1.2. Définition des objectifs à atteindre :	19
1.3. Constitution d'un groupe de travail :	19
1.4. Le plan de travail :	20
2. Décomposition fonctionnelle du refroidisseur :	20
2.1. Diagramme de pieuvre :	20
2.2. Décomposition structurelle :	21
2.3. Description des éléments et sous-éléments du refroidisseur ETA :	23
3. Analyse AMDEC :	27
3.1. Analyse des causes/effets des défaillances :	27
3.2. Les tableaux d'AMDEC du refroidisseur :	28
4. Synthèse :	32
4.1. Hiérarchisation des défaillances :	32
4.2. Elaboration des actions préventives :	34
III. Plan de la maintenance préventive (PMP) :	36



1. La maintenance préventive :	36
2. La définition d'un PMP :.....	36
3. La structure d'un PMP :	37
4. PMP du refroidisseur clinker :	38
IV. Conclusion :	40
CONCLUSION GENERALE	41
Bibliographie et webographie	

Liste des abréviations et acronymes

AMDEC :	analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.
SNI :	société nationale d'investissement.
CADEM :	ciment artificiel de Meknès.
SA :	société anonyme.
CPI :	ciment portland composé.
ISO :	international organization for standardization.
CaCo3 :	bicarbonate de calcium (calcaire).
BC :	broyeur cru.
BK :	broyeur clinker.
F :	fréquence.
G :	gravité.
D :	détection.
C :	criticité.
AF :	analyse fonctionnelle.
FP :	fonction principale.
FC :	fonction contrainte.
FAST :	function analysis system technique.
SADT :	structured analysis and design technics.
HE :	haute efficacité.



HP :	haute pression.
BP :	base pression.
PMP :	plan de la maintenance préventive
AFNOR :	association française de normalisation.
J :	journalière.
H :	hebdomadaire.
M :	mensuelle.
T :	trimestrielle.
S :	semestriel.
A :	annuelle.
Vis :	visiteur.
Exc :	exécuteur.
Gra :	graisseur.
Techn ;	technicien.
Sys :	systematique.
Cond :	conditionnelle.
Ar :	Arrêt.
M :	Marche.
GEP :	groupe Electropompe.

Liste des figures

Figure 1 : fiche signalétique de lafargeholcim – usine de Meknès	5
Figure 2 : organigramme de LafargeHolcim-usine de Meknès.....	5
Figure 3 ; processus de fabrication de ciment	6
Figure 4 : carrière	6
Figure 5 : broyeur cru.....	6
Figure 6 : les étapes de cuisson	7
Figure 7 : broyeur clinker.....	7
Figure 8 : démarche pratique d'AMDEC moyen de production.....	11
Figure 9 : schématisation du refroidisseur à couloirs.....	15
Figure 10 : schématisation des chambres/modules du refroidisseur ETA	16
Figure 11 : schéma des composants du module HE.....	16
Figure 12 : photo du ventilateur	17
Figure 13 : photo du concasseur.....	17
Figure 14 : photo de la centrale hydraulique.....	18
Figure 15 : organigramme préliminaire (principe de refroidissement)	18
Figure 16 : principe de fonctionnement des couloirs	19
Figure 17 : diagramme pieuvre du refroidisseur	20
Figure 18 : les principales parties du refroidisseur	21
Figure 19 : découpage structurelle du couloir	21
Figure 20 : découpage structurelle du ventilateur	22
Figure 21 : découpage structurelle du concasseur.....	22
Figure 22 : découpage structurelle de la centrale hydraulique.....	23
Figure 23 : diagramme d'Ishikawa du refroidisseur	27
Figure 24: diagramme PARETO.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les quatre questions de base de l'AMDEC	10
Tableau 2 : Les questions de détermination des notes (F, G, D).....	10
Tableau 3 : Grille de cotation.....	12
Tableau 4 : Tableau AMDEC du couloir	28
Tableau 5 : Tableau AMDEC du ventilateur	29
Tableau 6 : Tableau AMDEC du concasseur	30
Tableau 7 : Tableau AMDEC de la centrale hydraulique	31
Tableau 8 : Tableau des pourcentages cumulées des criticités	33
Tableau 9 : Tableau des actions préventives	36
Tableau 10 : Structure d'un PMP.....	37
Tableau 11 : Le PMP du refroidisseur clinker	39



INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre de la fin de mes études en licence sciences et techniques génie industriel à la faculté des sciences et techniques de Fès, j'ai eu l'opportunité de passer un stage de fin d'étude de deux mois au sein de la société industriel « LafargeHolcim-usine de Meknès » et particulièrement au bureau de méthode rattaché au service maintenance.

Le groupe LafargeHolcim Maroc en tant que leader dans les matériaux de construction, suit une stratégie de « produire un ciment de bonne qualité avec minimisation du coût de production et de maintenance ». Pour atteindre ce but il faut un suivie de la fabrication et des moyens de production. C'est dans ce cadre que s'inscrit mon projet de fin d'études qui consiste à appliquer la méthode AMDEC (analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité) sur le refroidisseur clinker. Mon travail porte sur cette installation neuve du refroidisseur et a pour but d'établir un plan de maintenance préventive pour améliorer la fiabilité, la disponibilité, la sécurité et la maintenabilité du refroidisseur.

Ce rapport traduisant les résultats obtenus durant ce stage est constitué de trois chapitres. Le premier chapitre comporte une présentation générale de Lafarge Holcim-usine de Meknès et une explication du processus de fabrication de ciment et du cadre du projet. Le deuxième chapitre comporte une présentation générale de la méthode AMDEC et des outils utilisés. Le troisième chapitre comporte l'application de la méthode AMDEC sur le refroidisseur clinker et l'élaboration d'un plan de la maintenance préventive du refroidisseur.



Chapitre I :

*Présentation de LafargeHolcim-Usine de
Meknès et le processus de fabrication de ciment
et le cadre du projet*

I. Introduction :

Dans ce chapitre on va présenter l'organisme d'accueil « LafargeHolcim-usine de Meknès », son historique, ses activités et le processus de fabrication de ciment puis on explique le cadre de ce projet de fin d'étude.

II. Présentation générale de LafargeHolcim :

1. Généralité sur LafargeHolcim :

LAFARGEHOLCIM est un leader mondial des matériaux de constructions, présent dans plus de 77 pays dans le monde et avec un chiffre d'affaire dépassant 17 Milliard d'Euro, LAFARGE possède plus de 67% du part de marché mondial. Le groupe inscrit sa croissance dans une stratégie de développement durable : son savoir-faire concilie l'efficacité industrielle, la création de valeur, la protection de l'environnement, le respect des hommes et des cultures et l'économie des ressources naturelles et de l'énergie. Les principaux produits sont le ciment, Granulats & Béton, et Plâtre.

2. Historique de LafargeHolcim avant fusion :

Le groupe Lafarge, créé en 1833 en France, est aujourd'hui actif sur tous les continents et a connu une importante dynamique de croissance.

En 1995, Lafarge s'est associé de façon paritaire avec la Société Nationale d'Investissement (SNI) afin de créer Lafarge Maroc.

L'année 1996 a vu se réaliser un projet qui a permis à la société de devenir le pôle fédérateur d'un groupe comportant 4 cimenteries CINOUCA (Casablanca), CADEM (Meknès), CEMENTERIE TANGER (Tanger) et CEMENTOS MARROQUIES(Tétouan).

En novembre 1996 CINOUKA et CADEM fusionnent pour devenir Lafarge Ciments.

Et en janvier 2000 Tanger et Tétouan fusionnent pour devenir Lafarge Ciments.

LAFARGE Ciment est le premier cimentier marocain avec une capacité de production qui dépasse les 4.5 millions de tonnes par an et détient plus de 40% de part de marché Marocain.

La croissance du marché du ciment dans le Nord du Maroc et la capacité limitée des deux usines de Tétouan et Tanger depuis plusieurs années, ont fait que les responsables de Lafarge Maroc ont décidé la construction d'une nouvelle usine sur un terrain vierge : Usine de Tétouan II. Lafarge Ciments n'est pas seulement une entreprise économique mais c'est aussi une entité

sociale à part entière. Elle compte parmi son effectif plusieurs catégories de travailleurs avec des compétences et des qualifications différentes.

Aussi, elle cherche en permanence à maîtriser sinon à améliorer le niveau de son personnel en lui assurant des séances de formation dans des disciplines variées.

La société porte une attention particulière à la formation en lui consacrant un budget annuel supérieur à 3% de la masse salariale.

3. Histoire de fusion de Lafarge et Holcim :

3.1. Présentation des deux entreprises collaboratrices :

Le groupe Holcim, d'origine suisse, est un acteur majeur au niveau mondial dans la production du ciment. Le Groupe est aujourd'hui présent sur les 5 continents dans près de 70 pays et emploie près de 80.000 personnes. En outre « Lafarge » est un groupe français de matériaux de construction Fondé en France en 1833, qui produit et vend dans le monde entier principalement du ciment, des granulats et du béton prêt à l'emploi, sous le nom commercial "Lafarge". Ses produits et solutions de construction sont utilisés pour construire ou rénover des logements, bâtiments et infrastructures.

3.2. Historique de la fusion entre Lafarge et Holcim :

- Le 7 avril 2014, les sociétés Holcim et Lafarge ont annoncé leur intention de procéder à leur rapprochement dans le cadre d'une fusion.
- Le 10 juillet 2015, Holcim et Lafarge ont annoncé la finalisation de leur fusion et la création de LafargeHolcim, un leader mondial dans l'industrie des matériaux de construction.
- Le 23 octobre 2015, LafargeHolcim a ensuite annoncé avoir finalisé la procédure de retrait obligatoire de toutes les actions de Lafarge S.A., qui ne sont en conséquence plus cotées sur Euronext Paris depuis cette date.

4. Activités :

- Ciment
- Chaux
- Béton Prêt à l'Emploi
- Granulats

- Plâtre

III. Présentation de LafargeHolcim-usine de Meknès :

1. Historique de LafargeHolcim Meknès :

Créé en 1950, la société des ciments artificiels de Meknès (CADEM) représente de nos jours l'une des composantes chefs du secteur cimentier marocain.

Par son potentiel de production et grâce à son dynamisme, CADEM assure le commandement cimentier au Maroc dans certains domaines technique.

Au démarrage de l'usine en 1953, la production quotidienne de clinker du seul four installé était de 300 tonnes.

Depuis, plusieurs améliorations techniques ont été réalisées pour augmenter le niveau de production (adjonction d'un 2eme four en 1969 avec un nominal de 900 tonnes/jours, installation de broyeurs a cru et a ciment, amélioration de la station de concassage etc...). En 1976, la production de ciment de CADEM atteint 650.000 tonnes. En 1997, la Cadem est devenu Lafarge ciment de Meknès et faisant partie du groupe Lafarge.

En 2001, la mise en place d'un filtre a manche F1 en aval du four au service de la protection de l'environnement, qui précède un lancement de la nouvelle organisation usine par secteur en 2004. En 2015, Lafarge a concrétisé sa fusion et a donné la naissance de la nouvelle entité LafargeHolcim Maroc.

2. Situation géographique :

Situé à 8 Km au nord- est de la ville Meknès, la société LAFARGE Ciment usine de Meknès a été créé en 1950, elle est la deuxième cimenterie, en termes de capacité, du groupe LAFARGE MAROC. Elle occupe une position majeure grâce à sa situation géographique

3. Fiche signalétique de LafargeHolcim-Usine de Meknès :

La figure suivante représente une fiche signalétique de LafargeHolcim Meknès qui comporte les différentes informations sur LafargeHolcim Meknès.

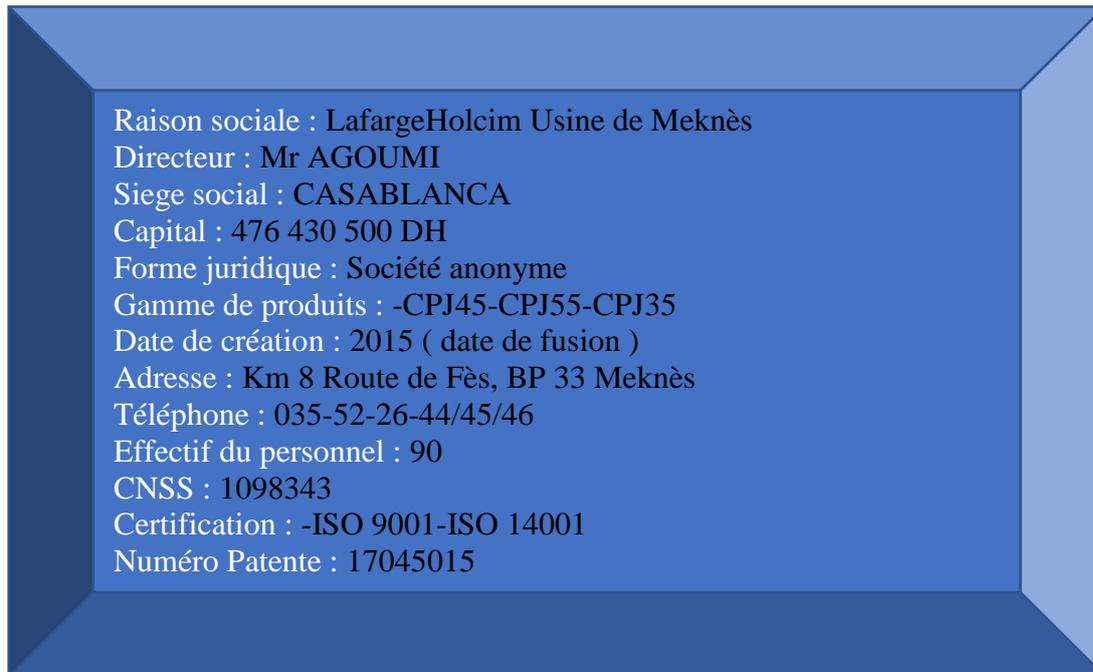


Figure 1 : fiche signalétique de LafargeHolcim – Usine de Meknès

4. Organigramme de LafargeHolcim-usine de Meknès :

La figure suivante représente l'organigramme de LafargeHolcim Meknès

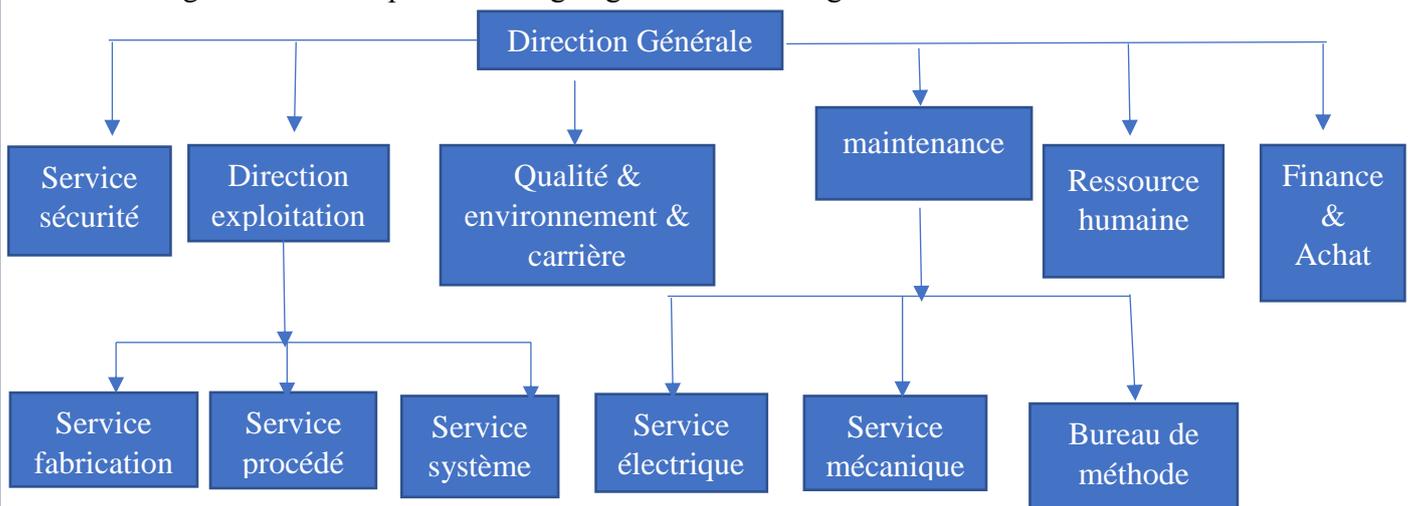


Figure 2 : organigramme de LafargeHolcim-usine de Meknès

IV. Processus de fabrication de ciment

Après avoir présenté LafargeHolcim usine de Meknès, nous allons maintenant expliquer le processus de fabrication de ciment (voir figure 3) pour avoir un vocabulaire et un savoir-faire dans l'industrie de ciment qui va nous aider dans notre problématique.



Figure 3 ; processus de fabrication de ciment

1. Etape 1 : extraction et broyage des matières premières :

La matière première de ciment est le cru. Le cru est un mélange de calcaire (CaCO_3) et d'argile, ces minéraux sont préparés à la carrière (voir figure 4) par extraction ou dynamitage ensuite ils sont concassés et acheminés vers les silos de stockage de cru, à ce stade d'autres minéraux sont ajoutés pour corriger la composition chimique de cru, ceci est fait selon les analyses chimiques reçu du laboratoire, après ça le cru est broyé mécaniquement par un équipement Appelé broyeur cru BC (voir figure 5) pour obtenir la farine.



Figure 4 : carrière



Figure 5 : broyeur cru

2. Etape 2 : cuisson

En premier temps la farine est préchauffée dans un préchauffeur, puis elle termine le préchauffage au précalcinateur pour atteindre une température d'environ 850°C avant d'entrer dans le four rotatif, dans le four rotatif plusieurs transformations chimiques se produisent et entraînent la formation du clinker avec une température d'environ 1500°C ensuite le clinker est refroidi à l'aide d'un refroidisseur pour atteindre la température 100°C, la figure 6 résume toutes les étapes de cuisson.

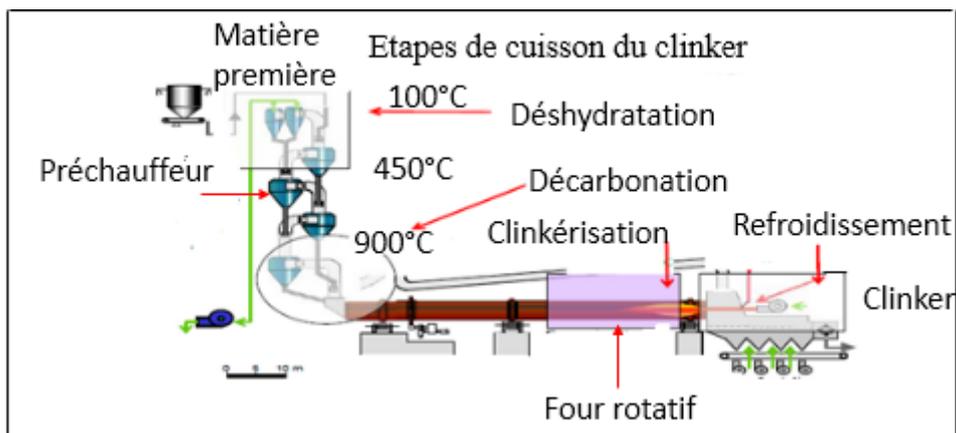


Figure 6 : les étapes de cuisson

3. Etape 3 : Broyage et expédition du ciment :

Le clinker enrichi de ses ajouts est ensuite broyé de façon à obtenir une poudre homogène et très fine : le ciment. Lors de cette étape les cimentiers utilisent un équipement appelé broyeur clinker BK (voir figure 7), Enfin le ciment est entreposé dans des silos avant d'être expédié en sac et en vrac.



Figure 7 : broyeur clinker

V. Cadre du projet :

La mission de ce stage est d'établir un plan de la maintenance préventive du refroidisseur clinker en tant qu'une machine neuve et importante, à l'aide de la méthode AMDEC.

1. Les travaux demandés :

On résume les travaux demandés comme suit :

- Description du refroidisseur.
- Description du principe de fonctionnement.
- Analyse fonctionnelle du refroidisseur à l'aide du diagramme pieuvre.
- Découpage structurelle.
- Description des éléments et sous-éléments.
- Identification des défaillances.
- Analyse cause/effet du refroidisseur à l'aide du diagramme d'Ishikawa.
- Calcul de la criticité.
- Hiérarchisation des défaillances selon la criticité à l'aide de la méthode PARETO.
- Proposition des actions préventives.
- Organiser ces actions préventives sous forme d'un plan de la maintenance préventive.

2. Les objectifs du projet :

Parmi les objectifs de ce projet est :

- Réduire le nombre des pannes et des arrêts non programmés.
- Avoir une bonne procédure de maintenance préventive.
- Optimiser le coût de maintenance.
- 100% de fiabilisation.

VI. Conclusion :

Ce chapitre introductif nous a permis de présenter le contexte général du projet tel que l'organisme d'accueil « LafargeHolcim Meknès », la fabrication de ciment et le cadre du projet pour faciliter la résolution de notre problématique.



Chapitre II :
Présentation de la méthode AMDEC et des outils
utilisés

I. Introduction :

Après avoir découvert un peu l'industrie de ciment, nous allons maintenant consacrer ce chapitre à la présentation de la méthode AMDEC qu'on va utiliser pour résoudre notre problématique (établir un plan de la maintenance préventive du refroidisseur clinker) puis on va présenter les outils qu'on a utilisé pour bien appliquer AMDEC moyen de production.

II. Définition de la méthode AMDEC :

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ou AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et leur Criticité) est une technique d'analyse préventive qui consiste à rechercher pour un système, les risques d'apparition de défaillances, leurs causes et leurs effets a pour but de trouver des solutions au défaillance ou au moins réduire leur gravité.

III. Les types d'AMDEC :

La méthode a été développée pour traiter le risque de défaillances dans trois domaines :

- L'AMDEC Produit : s'intéresse aux risques de défaillances d'un produit. Elle est essentiellement orientée vers la fiabilité du produit et elle se fait dans le cadre du processus de conception.
- L'AMDEC Procédé de fabrication : s'intéresse aux risques qui conduiraient un procédé de fabrication à ne pas fonctionner ou donner des produits non conformes.
- L'AMDEC Moyen de production : permet d'anticiper les risques de non-fonctionnement ou de fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine.

IV. Avantages de la méthode AMDEC moyen de production :

- La réduction des coûts de production et de la maintenance.
- Capitalisation de l'expérience.
- Optimisation des contrôles, des tests et essais.
- Élimination des causes de défaillances.
- Généralisation de la prévention à tous les niveaux de l'entreprise.
- Améliorer la maintenabilité, la fiabilité et la disponibilité d'un moyen de production.
- Construire un bon plan de la maintenance préventive d'un moyen de production.

V. Les termes de l'AMDEC et l'évaluation de la criticité :

Après avoir défini la méthode AMDEC moyen de production, nous allons maintenant définir les termes qui sont les piliers de cette méthode :

- Le mode de défaillance : la manière dont le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement
- La cause : l'anomalie initiale qui peut conduire à la défaillance
- L'effet : les conséquences subies par l'utilisateur du moyen de production
- Plan de surveillance ou détection : la manière dont laquelle on peut détecter la défaillance

Le tableau 1 présente les premières questions qu'il faut traiter lors de la mise en œuvre de la méthode AMDEC sur un équipement

Modes de défaillance potentielle	Effets possibles	Causes possibles	Plan de surveillance
Qu'est-ce qui pourrait aller mal ?	Quels pourraient être les effets ?	Quelles pourraient être les causes ?	Comment faire pour voir ça ?

Tableau 1: les quatre questions de base de l'AMDEC

On dit qu'un équipement dans une machine est critique lorsque sa présence et son fonctionnement sont indispensables pour le fonctionnement de la machine mère.

La criticité est calculée à partir des trois facteurs : la fréquence (F), la gravité (G) et la détection (D).

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

- La fréquence : la probabilité d'apparition du couple défaillance/cause
- La gravité : le degré d'impact sur la machine et sur la production
- La détection : le degré de difficulté de détection de la cause

Le tableau 2 présente les questions qu'il faut traiter lors de l'évaluation de la criticité

Gravité	Occurrence	Non-détection
Quelle est la gravité relative des effets ?	Quelle est la probabilité relative d'apparition des causes ?	Quelle est l'efficacité relative des contrôles ?

Tableau 2 : les questions de détermination des notes (F, G, D)

On donne des notes à chaque facteur (F, G, D) selon une grille de cotation

- Action préventive : ce sont les actions qui sont programmées pour prévenir et éviter les défaillances, le principal but de l'étude AMDEC est de proposer des actions préventives qui sont adaptables à chaque mode de défaillance.

VI. La démarche d'AMDEC moyen de production :

La figure suivante représente la démarche pratique qu'il faut suivre pour appliquer AMDEC moyen de production

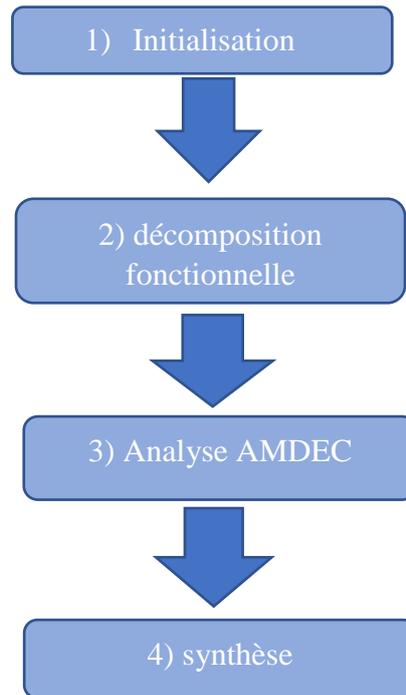


Figure 8 : démarche pratique d'AMDEC moyen de production

- 1) Initialisation :
 - Définition du système à étudier.
 - Définition des objectifs à atteindre.
 - Constitution du groupe de travail.
 - Etablissement du planning.
- 2) Décomposition fonctionnelle :
 - Analyse fonctionnelle
 - Décomposition structurelle
 - Description des éléments et sous-élément
- 3) Analyse AMDEC :
 - Identification des défaillances
 - Recherche des causes.

- Recherche des effets.
- Recensement des détections
- Calcul de la criticité
- 4) Synthèse :
 - Hiérarchisation des défaillances selon la criticité
 - Proposer des actions préventives et des recommandations

VII. La grille de cotation d'AMDEC :

Pour calculer la criticité nous allons adopter la grille suivante :

Non-détection	
Note	Critère
1	Visite par opérateur
2	Détection par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indétectable
Gravité	
Note	Critère
1	Mineure (pas d'arrêt de production)
2	Moyenne (arrêt \leq 1h)
3	Majeure (1H < arrêt \leq 8h)
4	Très critique (arrêt > 8h)
Fréquence	
Note	Critère
1	1 défaillance maxi par an
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine

Tableau 3 : grille de cotation

VIII. Les outils utilisés :

1. Analyse fonctionnelle :

1.1. Définition :

L'Analyse Fonctionnelle est une démarche qui consiste à :

- Rechercher,
- Ordonner,
- Caractériser,
- Hiérarchiser,
- Valoriser les fonctions.

Ces fonctions sont celles du produit (matériel, logiciel, processus, service) attendues par l'utilisateur.

1.2. Les types d'analyse fonctionnelle :

Il existe deux types d'analyse fonctionnelle :

- AF concepteur ou interne
- AF utilisateur ou externe

1.3. Les types des fonctions :

Une fonction est l'action d'un élément constitutif d'un système exprimé exclusivement en termes de finalité. Elle est de deux types :

- Fonction principale de service (notée FP) : fonction attendue d'un produit pour répondre à un besoin ou un élément du besoin (matériel, physiologique, psychologique, Socioculturel) de l'utilisateur.
- Fonction contrainte (notée FC) : cette fonction résulte d'une limitation de liberté de conception d'un produit.

1.4. Les outils d'AF :

Il existe plusieurs outils d'AF :

- La bête à cornes, qui permet d'exprimer la recherche du besoin.
- Le diagramme pieuvre, qui permet de définir les liens (c'est-à-dire les fonctions de service) entre le système et son environnement. Ce diagramme permet de recenser la plupart des fonctions du système.
- Le cahier des charges, qui permet de décrire et lister les fonctions primaires, secondaires et les contraintes du système étudié.
- Les diagrammes FAST et SADT, qui permettent la recherche de solutions technologiques.

Dans notre problématique on va utiliser le diagramme pieuvre car une étude AMDEC nécessite une bonne connaissance des fonctions de système étudié.

2. Diagramme d'Ishikawa :

Pour bien maîtriser les causes du dysfonctionnement d'un équipement on utilisera le diagramme d'Ishikawa, qui subdivise ces causes sur les 5M les plus influençant sur l'équipement, à savoir:

- La matière : matières premières, produits, supports techniques...
- Le milieu : environnement, architecture, bruit, lumière... mais aussi ambiance, conditions de travail : aspect relationnel

- La main d'œuvre : moyens humains, compétence, formation...
- La machine : outils, équipements ...
- La méthode : façon de travailler, procédure, mode opératoire...

3. Loi de Pareto :

3.1. Définition :

La méthode PARETO (ou 20/80 ou ABC) est une méthode d'analyse qui permet de séparer les quelques problèmes, elle permet de choisir à qui ou à quoi s'intéresser en priorité en fonction d'un critère déterminé.

3.2. La méthodologie :

- Le choix d'un critère de sélection
- Classer le critère dans l'ordre décroissante
- Calcule des pourcentages cumulés (pourcentage cumulé = $\text{cumulé} * 100 / \text{cumulé maximale}$)
- Tracer le diagramme PARETO

IX. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de définir la méthodologie qu'on a utilisé « AMDEC moyen de production » pour résoudre notre problématique et les outils qu'on a utilisé tel que pieuvre, Ishikawa, Pareto.

Chapitre III :

*Application de l'AMDEC sur le refroidisseur
clinker et l'élaboration du PMP du refroidisseur*

I. Introduction :

Après avoir fait un rappel de la méthode AMDEC nous devons maintenant l'appliquer sur le refroidisseur clinker car le refroidisseur clinker est parmi les équipements les plus importants de la phase de cuisson.

Le clinker à la sortie du four rotatif a une température comprise entre 1 200 et 1 400 °C, on ne peut pas stocker le clinker avec cette haute température, donc il doit subir un traitement thermique par un échange thermique entre l'air et le clinker pour réduire la température de clinker à environ 100°C, c'est pour cela il faut établir un plan de la maintenance préventive pour assurer la disponibilité du refroidisseur et réduire le nombre d'arrêt non programmé.

II. Application de la démarche AMDEC :

1. Initialisation :

1.1. Définition du système à étudier :

Le système étudié est un refroidisseur qui permet de :

- Diminuer la température de clinker.
- Récupérer le maximum d'énergie thermique vers le précalcinateur.
- Déplacer la matière.

1.1.1. Description du refroidisseur :

La technologie du Claudius Peter subit toujours des évolutions et des développements, parmi les dernières évolutions des refroidisseurs on trouve le refroidisseur ETA ou le refroidisseur à couloirs (voir figure 9) :

- Il est formé de cinq couloirs.
- Il est divisé en des chambres/ modules (voir figure 10), le module HE (haute efficacité) situé en amont du refroidisseur et une des chambres est constitué de vérins hydrauliques (module d'entraînement).

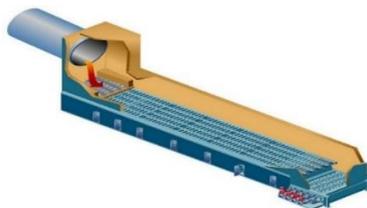


Figure 9 : schématisation du refroidisseur à couloirs

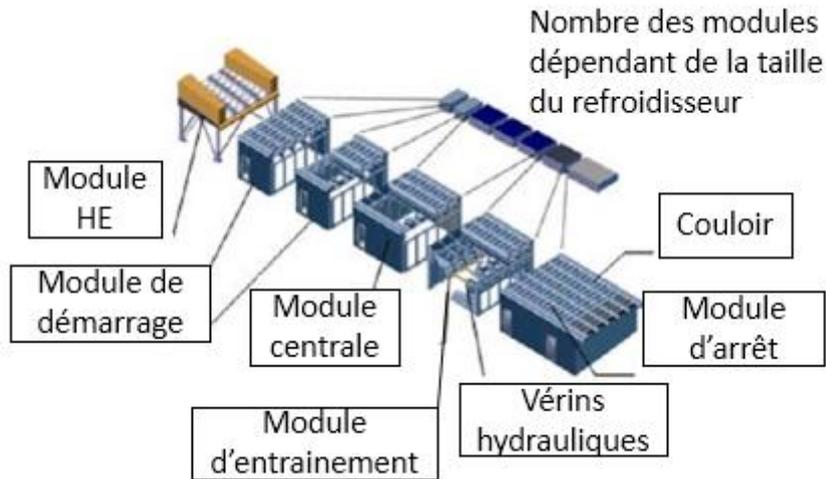


Figure 10 : schématisation des chambres/modules du refroidisseur ETA

➤ Définition du module HE :

HE : appelé haute efficacité ou aussi l'entrée statique du refroidisseur (voir figure 11).

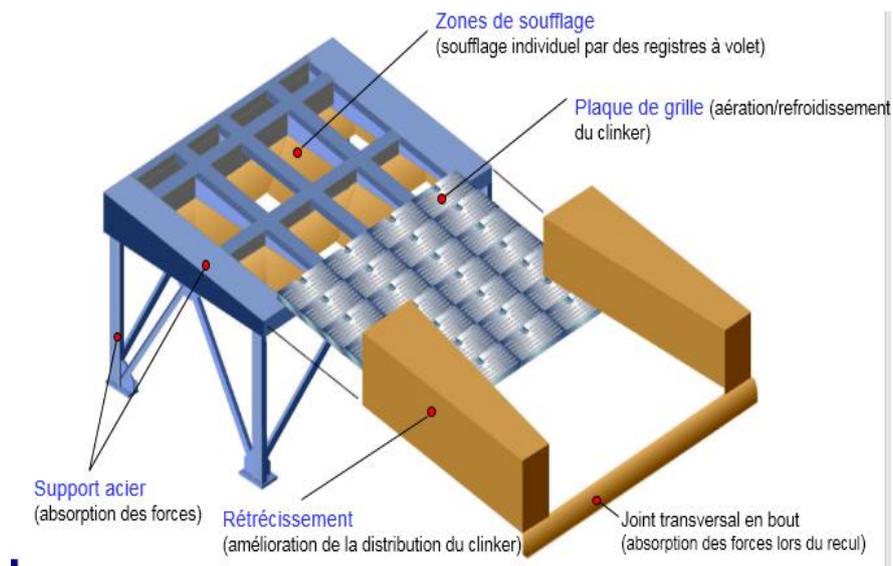


Figure 11 : schéma des composants du module HE

Le module HE a pour but de :

- ❖ Améliorer la distribution et le refroidissement du clinker.
- ❖ Meilleure récupération de la chaleur.
- ❖ Consommation de chaleur du four réduite.
- ❖ Distribution et récupération optimales de l'air.

➤ Définition du module ETA :

E : module HE.

T : largeur du refroidisseur.

A : longueur du refroidisseur.

1.1.2. Les composants du refroidisseur clinker ETA :

Le système de refroidissement du clinker est constitué de :

1.1.2.1. Couloirs :

Le refroidisseur est composé de cinq couloirs, il subit un déplacement vers l'avant et vers l'arrière pour déplacer la matière.

1.1.2.2. Ventilateur :

Un ventilateur (voir figure12) est un appareil destiné à créer un vent artificiel, un courant d'air.

Le système de refroidissement du clinker dispose de neufs ventilateurs de soufflage.



Figure 12 : photo du ventilateur

1.1.2.3. Concasseur :

A la sortie du refroidisseur on trouve un concasseur a marteaux (voir figure 13), sa fonction est de concasser le clinker pour faciliter leur broyage.



Figure 13 : photo du concasseur

1.1.2.4. Centrale hydraulique :

Les centrales hydrauliques (voir figure 14), ou groupe hydraulique, en hydromécanique, sont l'ensemble des composants hydrauliques permettant d'alimenter un réseau ou un système hydraulique en huile à un débit choisi (une opération de transformation d'énergie hydraulique a l'énergie mécanique)

La centrale hydraulique dans ce cas a pour but de commander les vérins hydrauliques situés au module d'entraînement du refroidisseur, il est constitué d'un bloc de distribution, un bloc de commande



Figure 14 : photo de la centrale hydraulique

1.1.3. Principe Fonctionnement du refroidisseur ETA :

1.1.3.1. Organigramme préliminaire (principe de refroidissement) :

Les neufs ventilateurs de soufflage permettent de souffler l'air ambiant à l'intérieur du refroidisseur. Une partie permet le refroidissement du clinker (air de refroidissement), Une partie d'air est récupéré vers le précalcinateur (air tertiaire) qui permet de chauffer la farine à l'entrée du four, une autre partie dirigée vers le four (air secondaire) et l'autre partie (air d'exhaure) est rejeté vers la cheminé (voir figure 15).

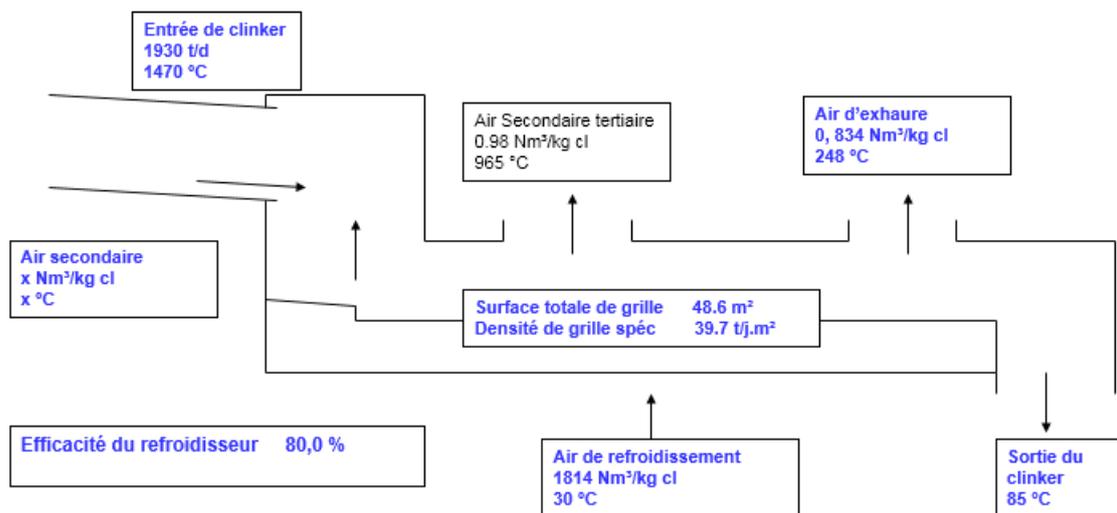


Figure 15 : organigramme préliminaire (principe de refroidissement)

1.1.3.2. Principe de fonctionnement des couloirs :

Dans un premier temps, tous les cinq couloirs se déplacent vers l'avant puis ils reviennent deux à deux à un à leur position initiale comme la montre la figure ci-dessus :

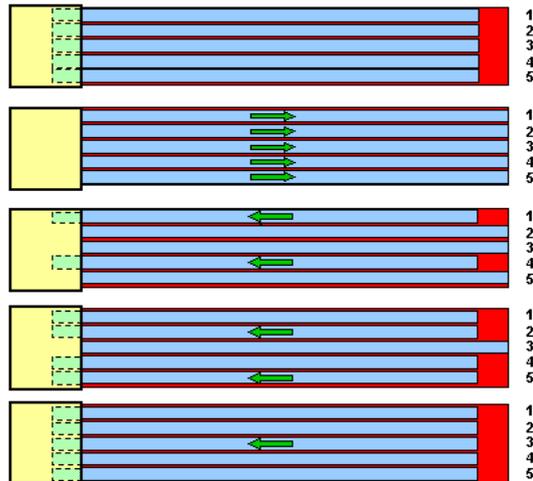


Figure 16 : principe de fonctionnement des couloirs

1.2. Définition des objectifs à atteindre :

L'objectif principale de cette étude est la construction d'un plan de la maintenance préventive

Pour atteindre cet objectif il faut :

- Décomposer le refroidisseur en sous-système, élément et sous-élément.
- Déterminer tous les modes de défaillance possibles.
- Déterminer tous les causes/ effets des défaillances.
- Calculer la criticité.
- Classer les défaillances selon leur criticité.
- Etablir des actions préventives.
- Organiser les actions préventives sous forme d'un Plan de la maintenance préventive.

1.3. Constitution d'un groupe de travail :

Le groupe de travail est constitué de :

- Mlle. SOULIMANI OMARI Fatima-zahrae : stagiaire.
- Mlle. BOUSSETA Soumaya : stagiaire.
- Mr. FATIMI Youness : exécuteur.
- Mr. AQRAW Khalid : visiteur.
- Mr. MOUMENE Omar : électricien.
- Mr. GHABOUCI Mohammed : fabricant.
- Mr. LAMRANI Aymane : préparateur.

1.4. Le plan de travail :

Pour la réalisation de cette étude il faut procéder à une planification, c'est pour cela on a construit le plan suivant :

- Définir le système étudié et son fonctionnement et essayer de bien comprendre comment le refroidisseur fonctionne.
- Faire une analyse fonctionnelle (diagramme pieuvre du refroidisseur).
- Décomposer le système et essayer de comprendre les fonctions de chaque élément.
- Déterminer les défaillances, leurs causes et leurs effets.
- Calculer la criticité.
- Faire une étude Pareto des criticités.
- Proposer des actions préventives.
- Construire un plan de la maintenance préventive du refroidisseur.

2. Décomposition fonctionnelle du refroidisseur :

2.1. Diagramme de pieuvre :

La figure suivante présente le diagramme pieuvre du refroidisseur

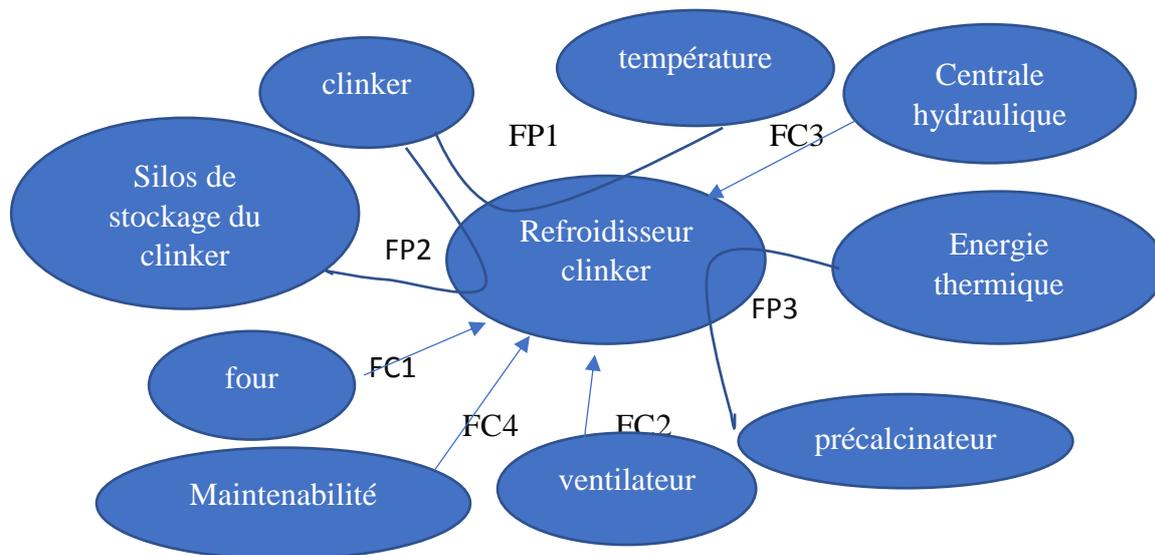


Figure 17 : diagramme pieuvre du refroidisseur

FP1 : permettre de diminuer la température de clinker.

FP2 : permettre de déplacer le clinker vers les silos de stockage du clinker.

FP3 : permettre de récupérer le maximum d'énergie thermique vers le précalcinateur.

FC1 : être compatible avec le fonctionnement du four.

FC2 : respecter l'état du ventilateur, être compatible avec la quantité d'air soufflé par les ventilateurs.

FC3 : respecter la capacité d'énergie hydraulique donnée par la centrale hydraulique.

FC4 : être facile à maintenir.

2.2. Décomposition structurelle :

Nous allons maintenant décomposer chaque composant du refroidisseur en éléments et sous-éléments.

La figure 18 représente la décomposition du refroidisseur. La figure 19 représente la décomposition du couloir. La figure 20 représente la décomposition du ventilateur. La figure 21 représente la décomposition du concasseur. La figure 22 représente la décomposition de la centrale hydraulique.

2.2.1. Le système étudié : le refroidisseur clinker

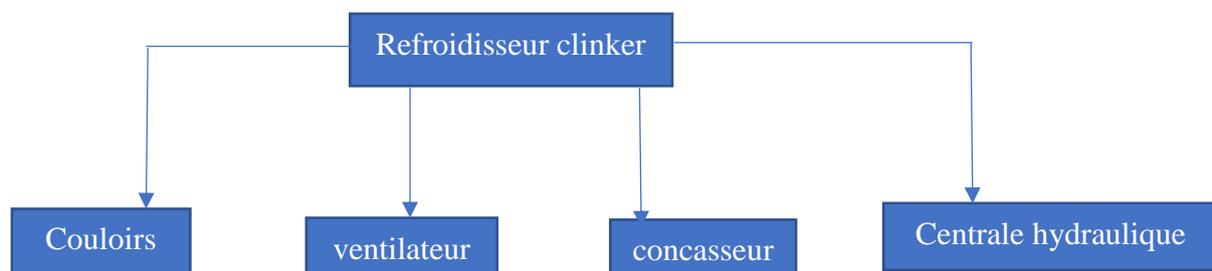


Figure 18 : les principales parties du refroidisseur

2.2.2. Le sous-système 1 : couloirs

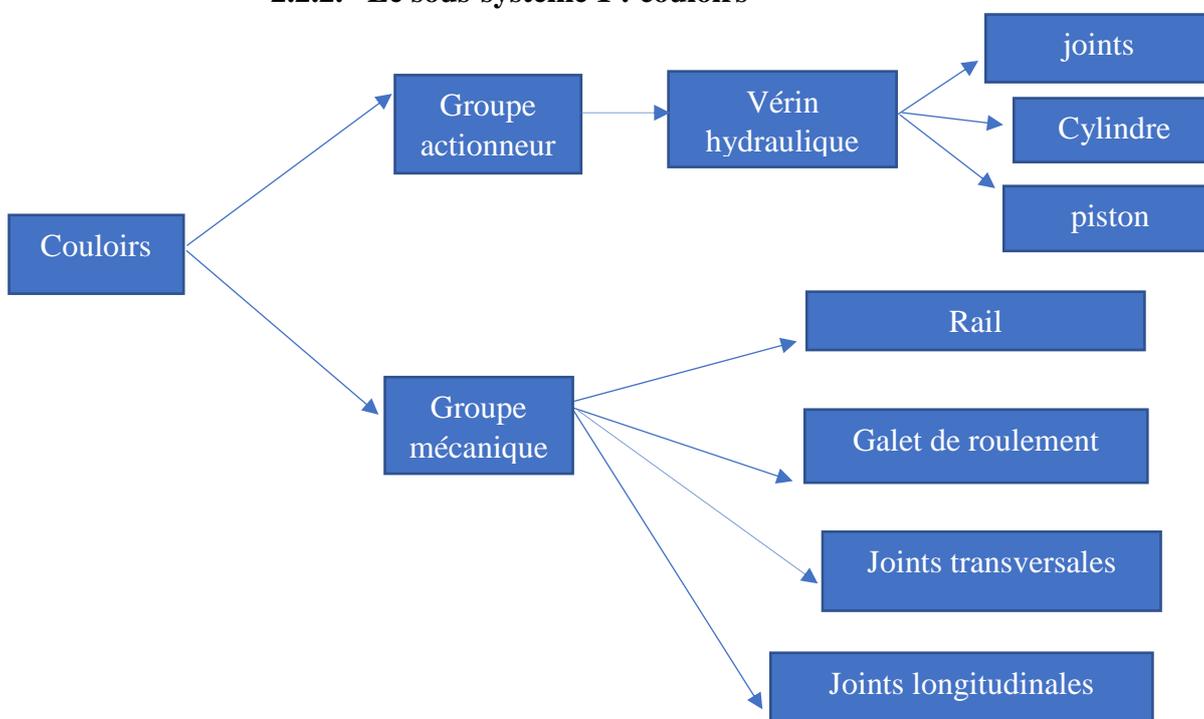


Figure 19 : découpage structurelle du couloir

2.2.3. Le sous-système 2 : ventilateur

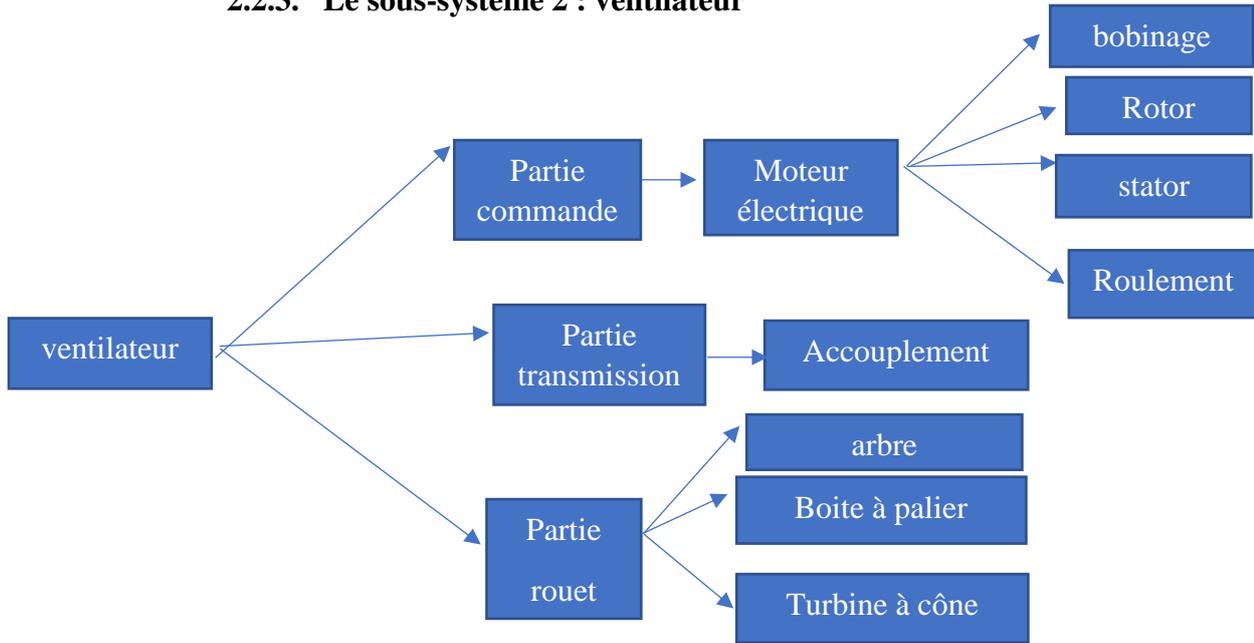


Figure 20 : découpage structurelle du ventilateur

2.2.4. Le sous-système 3 : concasseur :

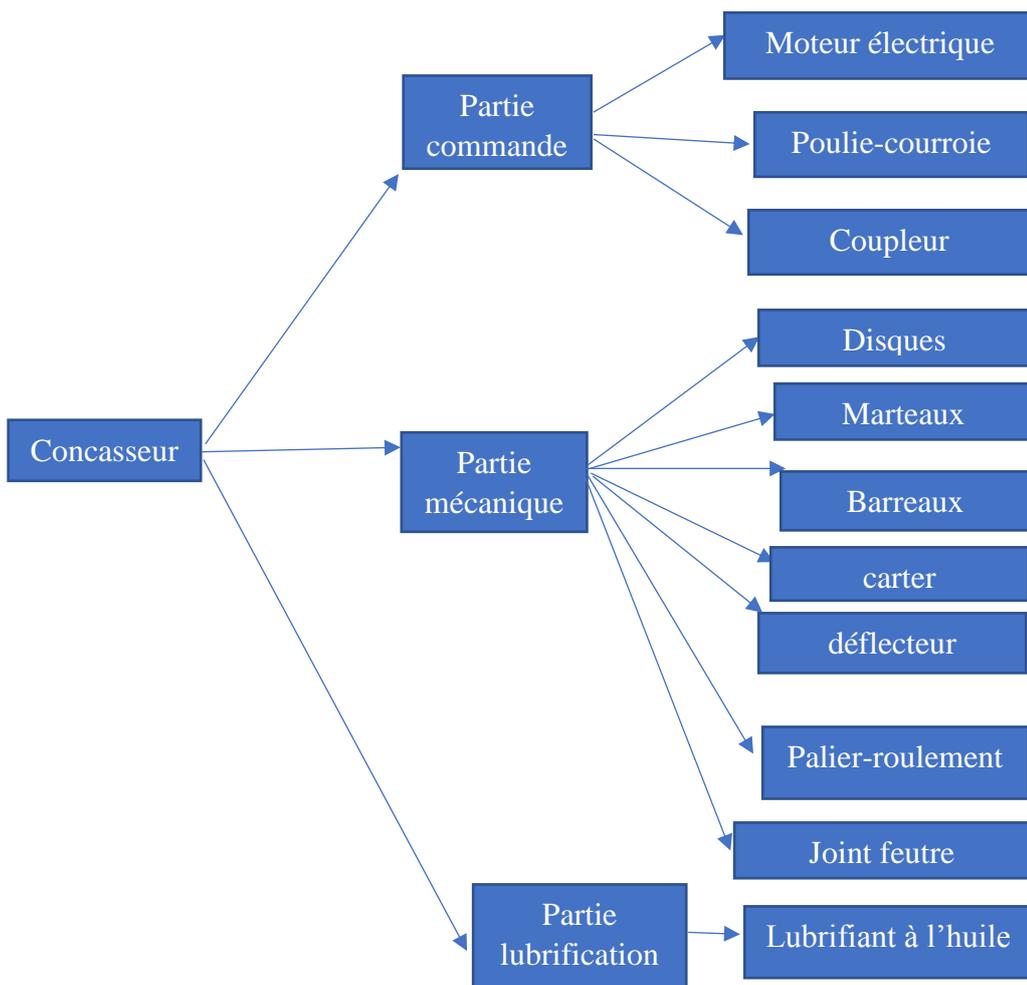


Figure 21 : découpage structurelle du concasseur

2.2.5. Le sous-système 4 : centrale hydraulique

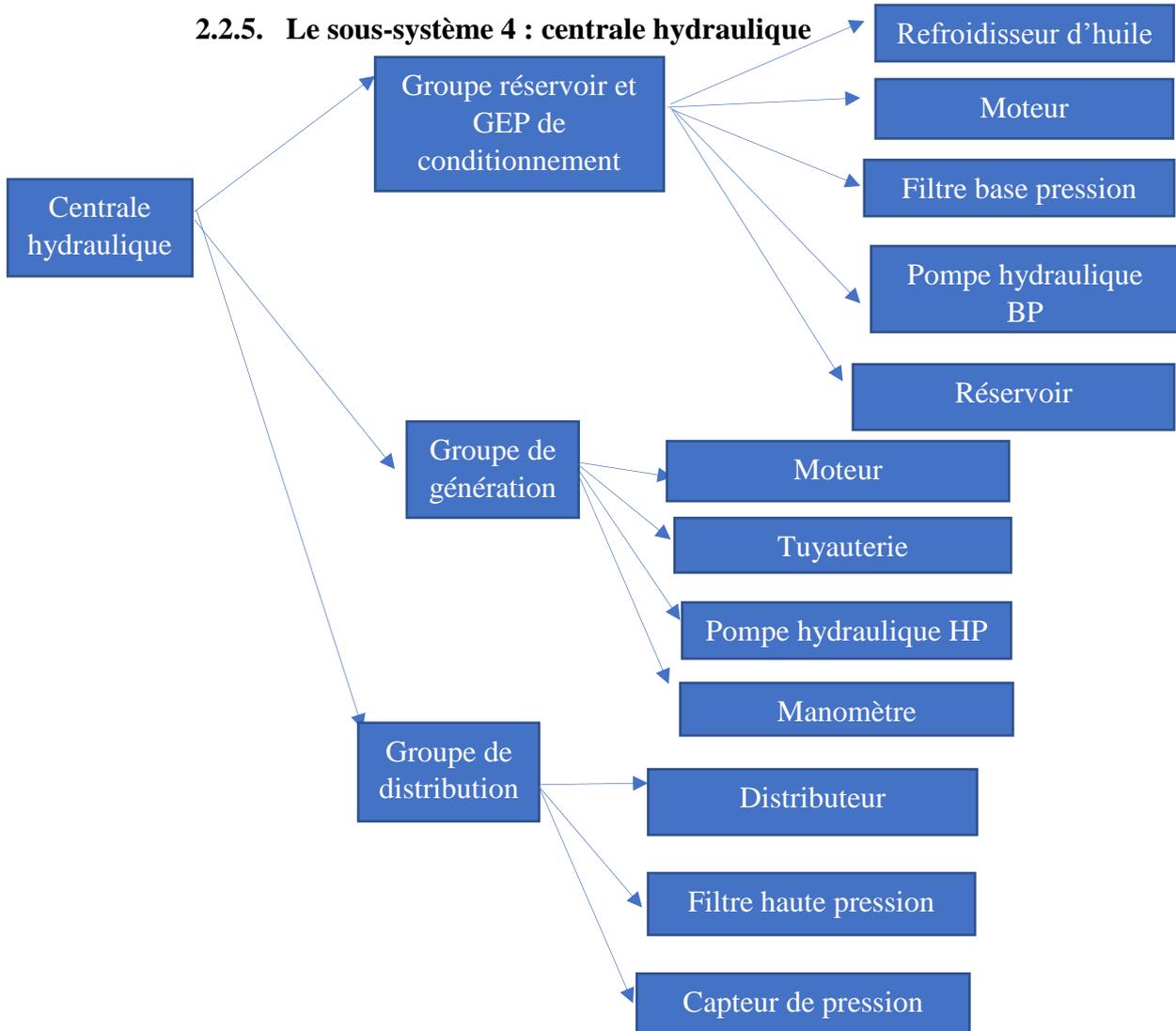


Figure 22 : découpage structurelle de la centrale hydraulique

2.3. Description des éléments et sous-éléments du refroidisseur ETA :

2.3.1. Vérin hydraulique :

Le vérin hydraulique transforme une énergie hydraulique (un débit ou une pression) en énergie mécanique, la plupart des vérins sont composés d'un cylindre hydraulique qui joue le rôle d'un réservoir d'huile dans lequel se trouve un piston qui sépare le volume du cylindre en deux chambres hermétiques et isolées. L'introduction d'un fluide sous pression dans une des chambres permet le déplacement du piston qui transmet son mouvement à une tige rigide sortant du vérin. L'étanchéité des chambres est permise grâce à des joints. L'étanchéité du vérin est importante car elle influe directement sur son rendement et sa durée de vie.

2.3.2. Galet de roulement :

Les galets de roulement sont des roulements à aiguilles et à rouleaux prêts au montage avec une bague extérieure à paroi particulièrement épaisse, Ils supportent, outre des charges radiales élevées, également des charges axiales qui résultent de faibles défauts d'alignement, d'un fonctionnement en biais ou de poussées de faible durée. Les galets de roulement existent avec et sans guidage axial de la bague extérieure ainsi qu'avec et sans étanchéité.

2.3.3. Joint transversale :

C'est un joint d'étanchéité qui a pour but d'assurer la liaison entre les éléments du système et la protection.

2.3.4. Joint longitudinale :

C'est équivalence au joint transversale, la différence est au niveau du type de montage.

2.3.5. Rail :

C'est une barre métallique a pour rôle de guider en translation le galet de roulement.

2.3.6. Accouplement :

un accouplement est un dispositif de liaison entre deux arbres en rotation, permettant la transmission du couple.

2.3.7. Turbine :

La turbine est un mécanisme de plusieurs forme géométrique, son rôle est d'assurer le mouvement d'air soufflée par le ventilateur vers l'intérieur du refroidisseur.

2.3.8. Boîte à palier :

La boîte à palier est le réservoir d'huile du moteur électrique.

2.3.9. Moteur électrique :

Le moteur électrique est une machine électromécanique qui a pour mission de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

Le moteur est composé de : rotor, stator, roulement et bobinage.

- Le rotor est la partie mobile du moteur qui permet d'assurer le mouvement en rotation.

- Le stator est la partie fixe qui permet de guider et supporter le rotor.
- Le bobinage permet de créer un champ tournant

2.3.10. Poulie :

Une poulie est une machine simple, c'est-à-dire un dispositif de mécanique élémentaire. Elle est constituée d'une pièce en forme de roue servant à la transmission du mouvement.

2.3.11. Courroie :

La courroie est une pièce mécanique utilisée pour la transmission du mouvement. Dans le concasseur à marteaux. Le couple poulie-courroie permet la transmission de la puissance.

2.3.12. Coupleur hydraulique :

Un coupleur hydraulique est un organe de transmission d'un mouvement de rotation, permettant d'assurer la protection et le démarrage d'un moteur électrique.

2.3.13. Disque :

Le disque du concasseur est Une forme géométrique simple subie une rotation pendant le fonctionnement du concasseur pour permet aux marteaux de faire un mouvement pour concasser le clinker. Le concasseur à marteaux posséd 10 disques.

2.3.14. Marteaux :

Un marteau est un outil percuteur , son but ici est de concasser le clinker , Le concasseur à marteaux posséd de 30 marteaux.

2.3.15. Barreaux :

Les barreaux permettre le contact entre les particules de clinker et les marteaux.

2.3.16. Carter :

Le carter est un organe mécanique son rôle est de supporter le concasseur à marteaux et protéger la matière contre les fuites.

2.3.17. Déflecteur :

Le déflecteur permette le refroidissement et empêcher la pénétration des poussières dans le palier-roulement

2.3.18. Roulement :

Un roulement est un dispositif destiné à guider un assemblage en rotation, c'est-à-dire permettre à une pièce de tourner par rapport à une autre selon un axe de rotation défini.

2.3.19. Palier :

Palier est un organe utilisé en construction mécanique pour supporter et guider en rotation un arbre.

2.3.20. Joint feutre :

Un joint feutre est un élément installé entre deux dispositifs, pour assurer une fonction d'étanchéité ou une liaison au niveau du palier-roulement.

2.3.21. Lubrifiant d'huile :

Son rôle est d'assurer la lubrification du palier-roulement. En générale La lubrification a pour but d'éviter les frottements.

2.3.22. Refroidisseur d'huile :

Au niveau du centrale hydraulique il existe un refroidisseur d'huile a pour mission de refroidir l'huile de transmission pour éviter l'exploitation d'huile.

2.3.23. Filtre

Le filtre est un équipement qui permet la filtration d'huile pour empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les Organes sensibles.

2.3.24. Tuyauterie :

Notre circuit hydraulique a besoin d'une alimentation, la tuyauterie a pour mission d'alimenter le circuit.

2.3.25. Pompe hydraulique :

La pompe hydraulique permet de générer la puissance hydraulique.

2.3.26. Distributeur :

Le distributeur est un équipement qui permet de distribuer l'énergie hydraulique au vérin hydraulique.

2.3.27. Réservoir :

Le réservoir est la place où on stocke l'huile.

2.3.28. Manomètre :

Un instrument permet de mesurer la pression d'un fluide dans un espace fermé.

2.3.29. Capteur de pression :

Un capteur de pression est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique

3. Analyse AMDEC :

3.1 Analyse des causes/effets des défaillances :

3.1.1. Le diagramme d'Ishikawa :

Avant d'entamer l'application de la méthode AMDEC on va faire un diagramme d'Ishikawa (figure 23) de dysfonctionnement du refroidisseur pour bien maîtriser les cause/effets des défaillances des équipements lors de l'étude AMDEC

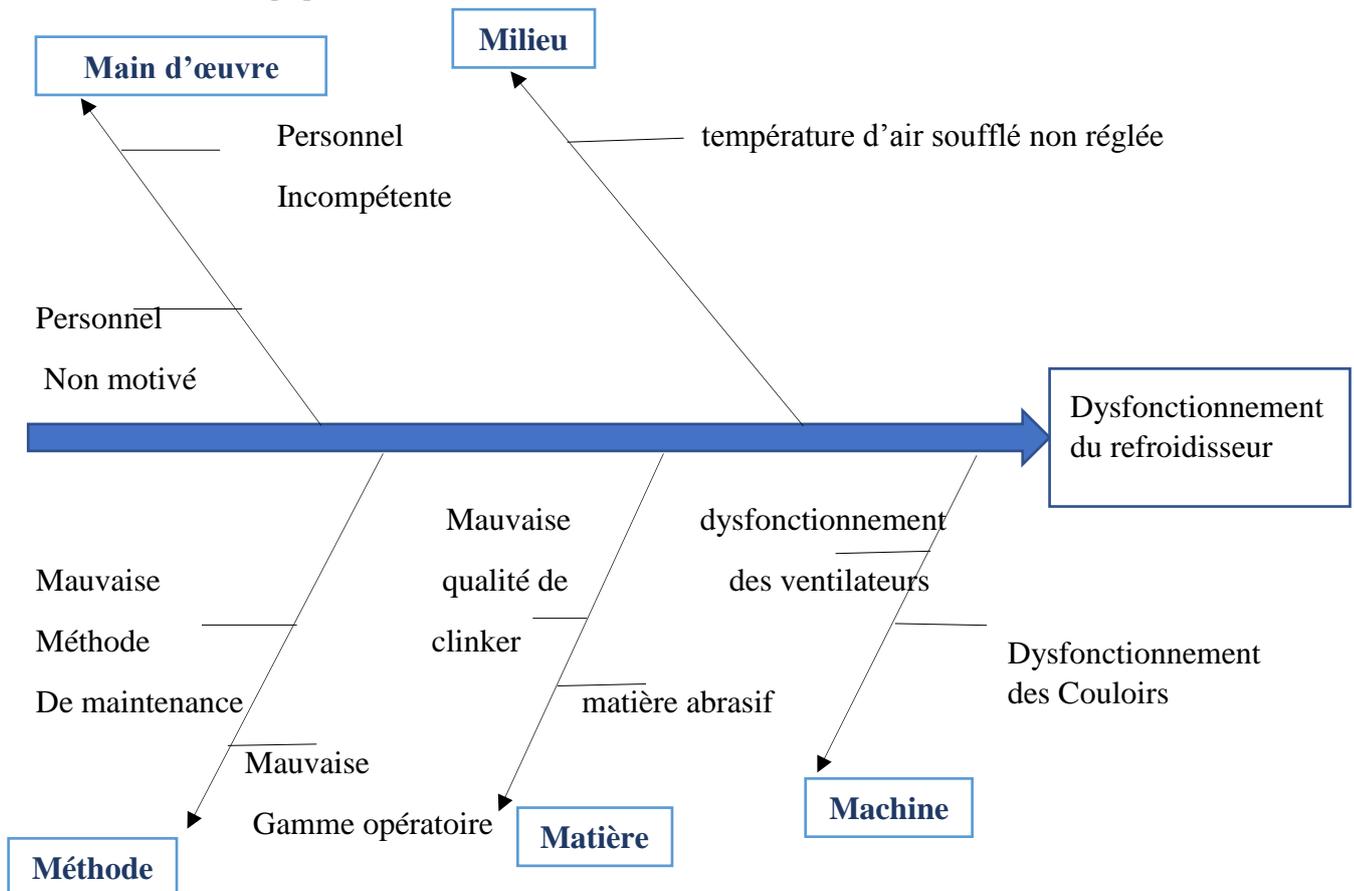


Figure 23 : diagramme d'Ishikawa du refroidisseur

3.2. Les tableaux d'AMDEC du refroidisseur :

Nous allons maintenant identifier les différentes défaillances qui peut subir pour chaque élément et sous-élément du refroidisseur leur cause / effet / détection et nous allons calculer la criticité c'est-à-dire on va faire une analyse AMDEC

Le tableau 4 représente l'analyse AMDEC du couloir.

Le tableau 5 représente l'analyse AMDEC du ventilateur.

Le tableau 6 représente l'analyse AMDEC du concasseur.

Le tableau 7 présente l'analyse AMDEC de la centrale hydraulique.

3.2.1. Tableau AMDEC du couloir :

Elément/sous élément		Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				
							F	G	D	C	
Groupe actionneur	Vérin Hydraulique	Cylindre hydraulique	Réservoir d'huile	Usure	Vieillessement	Dégradation de la durée de vie du vérin	Par démontage	1	4	3	12
		Piston	Assurer le mouvement du vérin	Usure	Existence des impuretés dans l'huile	Arrêt potentiel	Par démontage	1	4	2	8
		Joint	Assurer l'étanchéité	Détérioration	Durée de vie expirée	Arrêt potentiel	Visuel	4	3	1	12
Groupe mécanique	Gale de roulement	Assurer le mouvement et éviter le frottement		Usure	Frottement	Altération dimensionnelle	Visuel	1	3	1	3
				Grippage roulement	Fatigue	Arrêt potentiel	Visuel	1	3	2	6
				Echauffement	Température élevée de la graisse	Micro arrêt	Mesure spécifique	1	2	2	4
	Rail	Guidage en translation du galet de roulement	Matage	Frottement	Micro arrêt	Visuel	1	2	2	4	
	Joint transversale	Assurer la liaison et la protection	Usure	Frottement	Arrêt potentiel	Par démontage	1	4	2	8	
	Joint longitudinale	Assurer la liaison et la protection	Usure	Frottement	Arrêt potentiel	Par démontage	1	4	2	8	

Tableau 4 : Tableau AMDEC du couloir

3.2.2. Tableau AMDEC du ventilateur :

Elément/sous-élément		Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
							F	D	G	C
Partie commande (moteur électrique)	Rotor	Faire tourner l'arbre	Usure ou fissure	Augmentation de la température	Arrêt potentiel	Par démontage/ suivie prédictive	1	3	3	9
			Rupture d'une bague du rotor	Vibration excessive et vieillissement	Arrêt potentiel	Mesure spécifique	1	3	4	12
	Stator	Guider et supporter le rotor	Vibration	Fatigue	Arrêt potentiel	Visuel	1	2	3	6
	Bobinage	Créer un champ tournant	Grillage	Surintensité	Arrêt potentiel	Mesure spécifique	1	2	3	6
	Roulement	Guidage en rotation du rotor	Echauffement	Mauvais montage ou mauvaise lubrification	Arrêt potentiel	Par mesure	1	2	3	6
			Grippage	Mauvaise lubrification ou durée de vie expirée	Arrêt potentiel	Par un agent de maintenance	1	2	3	6
partie transmission	Accouplement	Assurer la liaison entre l'arbre de la boîte à palier et celle du moteur	Vibrations excessives	Défaut d'alignement	Bruit	Agent de maintenance	1	2	3	6
			Fissure ou cassure	Vieillessement et défaut d'alignement	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	2	3	6
Partie rouet	Turbine à cône	Assurer le mouvement d'air soufflée	Bruit	Défaut	Réglage	Visuel	1	2	3	6
			Vibration	Balourd	Défaut d'homogénéité massique	Agent de maintenance	2	2	2	8
	Boîte à palier	Réservoir d'huile	Usure des paliers	Jeu anormale	Elévation de température	Agent de maintenance	1	2	4	8
			Vibration	Défaut de roulement	Elévation de la température	Agent de maintenance	1	2	4	8
	Arbre	Transmission du mouvement	Déformation	Défaut de montage	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	3	4	12

Tableau 5 : Tableau AMDEC du ventilateur

3.2.3. Tableau AMDEC du concasseur :

Elément/sous-élément		Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	criticité			
							F	D	G	C
Partie commande	Moteur électrique	Entraîner le concasseur à marteaux à grande vitesse (1000tr/mn)	Pas de rotation du moteur	- Pas d'alimentation - Moteur hors service - Court-circuit	Arrêt de l'installation	Visuel	2	2	4	16
			Vibration	Désalignement	Elévation du température	Agent de maintenance	2	3	4	24
	Poulie-courroie	Transmission de la puissance	Désalignement	Desserrage des boulons	Vibration	Agent de maintenance	2	2	4	16
			Usure poulie	Fatigue	Rupture des courroies	Visuel	2	1	3	6
			Usure courroie	Fatigue	Patinage- fissure	Visuel	2	1	3	6
Coupleur hydraulique	Assurer la protection et le démarrage du moteur électrique.	Bruit	Usure des roulements	Elévation de température	Agent de maintenance	1	1	3	3	
Partie mécanique	Disques	Permettre la fixation des marteaux	Usure	Clinker abrasif	Vibration	Agent de maintenance	2	1	4	8
	Marteaux	Permettre la fragmentation du clinker diffusé sur les barreaux	Usure	Contacts excessifs avec le clinker	Vibration	Agent de maintenance	2	1	4	8
	Barreaux	Permet le contact entre les particules « clinker » et les marteaux	Usure	Jeu entre les barreaux et les marteaux atteint les 80mm	Le non concassage du clinker	Visuel	2	1	4	8
	Carter	Supporter le concasseur à marteaux et protection contre projection matière	Usure	Matière abrasif	Fuite de matière	Visuel	2	2	3	12
	Déflexeur	Permettre le refroidissement et empêcher la pénétration des poussières dans le palier-roulement.	Usure	Echauffement	Pénétration de la poussière dans le palier-roulement	Visuel	1	1	2	2
	Palier-roulement	Guidage en rotation	Grippage du roulement	Pénétration de la poussière dans le palier-roulement	Arrêt de l'installation	Visuel	3	2	4	24
	Joint feutre	Assurer l'étanchéité au niveau du palier roulement	Usure	Fuite d'huile	Arrêt de l'installation	Visuel	1	2	4	8
Partie lubrification	Lubrifiant à l'huile	Assurer la lubrification du palier roulement	Niveau bas d'huile	Echauffement	Arrêt de l'installation	Agent de maintenance	1	2	4	8

Tableau 6 : Tableau AMDEC du concasseur

3.2.4. Tableau AMDEC de la centrale hydraulique :

Elément / sous-élément		Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
							F	D	G	C
Système : refroidisseur clinker							sous-système : centrale hydraulique			
AMDEC moyen de production										
Groupe réservoir et GEP de conditionnement	Refroidisseur d'huile	Refroidir l'huile de transmission	Fuite d'huile	Endommagement des joints	Détérioration	Visuel	2	2	3	12
			Elévation de Température	-Impureté -Saleté	Détérioration	Agent de maintenance	1	2	2	4
	Moteur	Alimenter la pompe hydraulique	Grippage du roulement	Lubrification inadéquate	Rupture de la lubrification	Agent de maintenance	1	2	3	6
			Grillage du bobinage	Surintensité	Arrêt de l'installation	Agent de maintenance	1	2	3	6
	Filtre BP	Filtration d'huile	Bouchage des mailles	Contamination d'huile	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	3	3	9
	Pompe hydraulique BP (pompe à engrenages)	Générer la puissance hydraulique	Échauffement et perte de débit	Frottement	Élévation de la température	Agent de maintenance	1	2	3	6
Réservoir	Stocker l'huile	Oxydation	Fatigue	Mauvaise lubrification	Agent de maintenance	1	2	4	8	
Groupe de génération	Pompe hydraulique HP (Pompe à pistons Axiaux)	Générer la puissance hydraulique	Echauffement et perte de débit	Frottement	Elévation de la température	Agent de maintenance	1	2	3	6
	Tuyauterie	Alimenter le circuit	Desserrage des raccords	Fuite d'huile	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	2	2	4
	Moteur	Alimenter la pompe hydraulique	Grippage du roulement	Lubrification inadéquate	Rupture de la lubrification	Agent de maintenance	1	2	3	6
			Grillage du bobinage	Surintensité	Arrêt de l'installation	Agent de maintenance	1	2	3	6
Groupe de distribution	Distributeur	Distribuer l'énergie hydraulique au vérin	Blocage	Bobine grillée	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	2	2	4
	Filtre HP	Filtration d'huile	Bouchage des mailles	Contamination d'huile	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	3	3	9
	Capteur de pression	Mesurer la pression	Fausse indication de pression	Mauvaise filtration	Mauvaise lubrification	Agent de maintenance	1	2	2	4
			Non détection de la pression	Mauvaise réglage	Marche dégradée	Agent de maintenance	1	2	2	4

Tableau 7 : Tableau AMDEC de la centrale hydraulique

4. Synthèse :

D'après L'application de l'analyse AMDEC effectuée, on a déduit un bilan de l'étude, ce bilan est constitué de deux parties :

- Hiérarchisation des défaillances par la méthode PARETO selon leur criticité a pour but de classer les défaillances et construire une maintenance adaptable plus la minimisation du cout.
- Elaboration des actions préventives.

4.1. Hiérarchisation des défaillances :

On va maintenant appliquer la méthode PARETO ou ABC pour classer les défaillances Chaque intervalle des pourcentages cumulées (tableau 8) réfère à une classe donnée.

4.1.1. Calcul des pourcentages cumulés :

Défaillance	Criticité	Cumulé	Pourcentage cumulé
Vibration de moteur électrique	24	24	6,81%
Grippage du roulement au niveau du palier-roulement	24	48	13,63%
Pas de rotation du moteur électrique	16	64	18,18%
Désalignement du poulie-courroie du concasseur	16	80	22,72%
Usure de cylindre du vérin	12	92	26,13%
Détérioration de joint du vérin	12	104	29,54%
Rupture d'une bague du rotor	12	116	32,95%
Déformation de l'arbre	12	128	36,36%
Usure de carter	12	140	39,77%
Fuite d'huile au niveau du refroidisseur d'huile	12	152	43,18%
Usure ou fissure du rotor	9	161	45,73%
Bouchage des mailles du filtre	9	170	48,29%
Usure des joints	8	178	50,56%
Vibration de la turbine	8	186	52,84%
Usure de piston du vérin	8	194	55,11%
Usure des paliers	8	202	57,38%
Vibration de la boîte à palier	8	210	59,65%
Usure des disques	8	218	61,93%

Usure des marteaux	8	226	64,20%
Usure des barreaux	8	234	66,47%
Niveau d'huile bas au niveau du lubrifiant d'huile	8	242	68,75%
Oxydation du réservoir	8	250	71,02%
Grippage roulement du galet	6	256	72,72%
Vibration stator	6	262	74,43%
Grillage de bobinage	6	268	76,13%
Echauffement du roulement	6	274	77,84%
Grippage roulement du moteur	6	280	79,54%
Vibration de l'accouplement	6	286	81,25%
Fissure ou cassure de l'accouplement	6	292	82,95%
Bruit de la turbine	6	298	84,65%
Usure poulie	6	304	86,36%
Usure courroie	6	310	88,06%
Echauffement et perte de débit de la pompe hydraulique	6	316	89,77%
Echauffement du galet	4	320	90,90%
Matage du rail	4	324	92,04%
Elévation de la température du refroidisseur d'huile	4	328	93,18%
Desserrage des raccords de la tuyauterie	4	332	94,31%
Blocage du distributeur	4	336	95,45%
Fausse indication de pression par le capteur	4	340	96,59%
Non de détection de la pression par le capteur	4	344	97,72%
Usure du galet	3	347	98,57%
Bruit du coupleur	3	350	99,43%
Usure du déflecteur	2	352	100,00%

Tableau 8 : Tableau des pourcentages cumulées des criticités

Remarque : on a classifié les défaillances (pour déterminer la périodicité des interventions) selon les fréquences cumulées comme suit :

- Classe A (c'est la plus critique) : fréquence [0%, 25%] qui correspond à la criticité [24,16].
- Classe B (moyenne critique) : fréquence [25%,71%] qui correspond à la criticité [15,8].
- Classe C (n'est pas critique) : fréquence [71% ,100%] qui correspond à la criticité [7,1].

4.1.2. Diagramme PARETO :

En utilisant Excel on obtient le diagramme suivant :

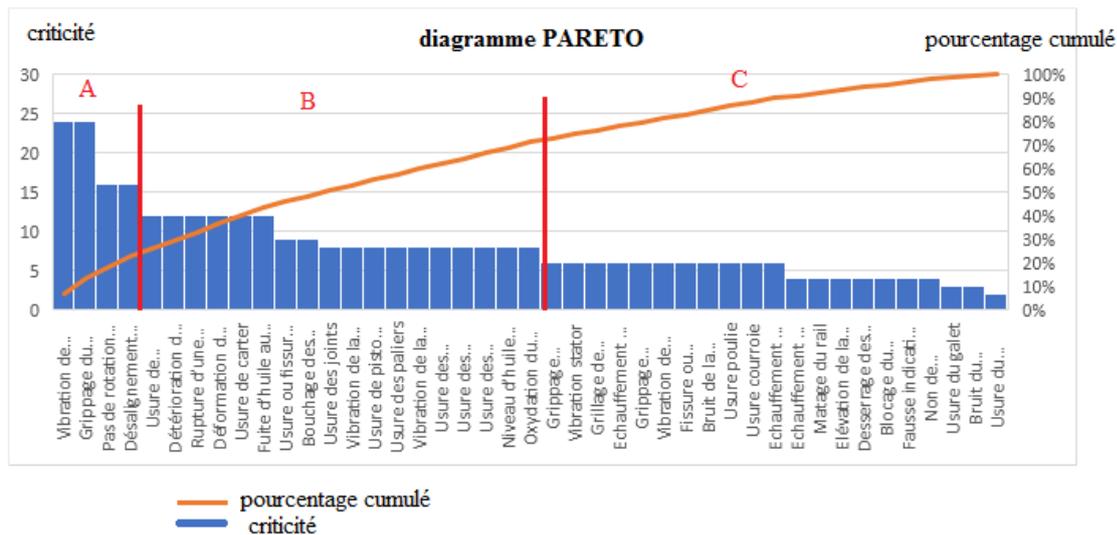


Figure 24: diagramme PARETO

4.2. Elaboration des actions préventives :

Le tableau suivant représente des actions préventives pour prévenir les défaillances

Défaillance	Criticité	Action préventive
Vibration de moteur électrique	24	-Contrôle de vibration du moteur. -changement du moteur électrique
Grippage du roulement au niveau du palier-roulement	24	-nettoyage du palier-roulement -remplacement du roulement
Pas de rotation du moteur électrique	16	-vérifier l'alimentation du moteur -remplacement du moteur
Désalignement du poulie-courroie du concasseur	16	-fixation des boulons -remplacement de la courroie -remplacement de la poulie.
Usure de cylindre du vérin	12	-remplacement du cylindre
Détérioration de joint du vérin	12	-remplacement des joints
Rupture d'une bague du rotor	12	-contrôler la vibration par un instrument de mesure spécifique
Déformation de l'arbre	12	-assurer un bon montage
Usure de carter	12	-contrôle systématique

		-remplacement du carter
Fuite d'huile au niveau du refroidisseur d'huile	12	-contrôle systématique des joints
Usure ou fissure du rotor	9	-contrôle systématique de température
Bouchage des mailles du filtre	9	-nettoyage des mailles -remplacement des filtres
Usure des joints	8	-contrôle systématique
Vibration de la turbine	8	-contrôle systématique par un instrument de mesure de vibration
Usure de piston du vérin	8	-contrôle systématique de l'état des filtres
Usure des paliers	8	-contrôle systématique avec mesure de température +vérification des jeux avant l'installation
Vibration de la boîte à palier	8	-contrôle systématique de la vibration + l'état des roulements
Usure des disques	8	-contrôle systématique
Usure des marteaux	8	-contrôle systématique
Usure des barreaux	8	-contrôle systématique
Niveau d'huile bas au niveau du lubrifiant d'huile	8	-vérification du niveau d'huile
Oxydation du réservoir	8	-contrôle + nettoyage
Grippage roulement du galet	6	-Graissage systématique
Vibration stator	6	-contrôle systématique de vibration
Grillage de bobinage	6	-contrôle systématique
Echauffement du roulement	6	-s'assurer le bon montage -lubrification systématique
Grippage roulement du moteur	6	-lubrification systématique -remplacement du roulement
Vibration de l'accouplement	6	-contrôle systématique des vibrations
Fissure ou cassure de l'accouplement	6	-contrôle systématique de l'état d'accouplement
Bruit de la turbine	6	-contrôle systématique
Usure poulie	6	-contrôle systématique par mesurage spécifique

		-remplacement poulie
Usure courroie	6	-contrôle systématique par mesurage spécifique -remplacement courroie
Echauffement et perte de débit de la pompe hydraulique	6	-contrôle systématique : mesure de la température
Echauffement du galet	4	-contrôle systématique : mesurer la température de graissage
Matage du rail	4	-contrôle systématique des frottements
Elévation de la température du refroidisseur d'huile	4	-nettoyage systématique -contrôle systématique de la température
Desserrage des raccords de la tuyauterie	4	-vérifier la fixation des raccords systématiquement
Blocage du distributeur	4	-contrôle systématique des bobines
Fausse indication de pression par le capteur	4	-contrôle systématique
Non de détection de la pression par le capteur	4	-s'assurer le bon réglage
Usure du galet	3	-contrôle systématique des altérations dimensionnelles
Bruit du coupleur	3	-contrôle systématique de la température
Usure de déflecteur	2	-nettoyage systématique -contrôle systématique de la température

Tableau 9 : tableau des actions préventives

III. Plan de la maintenance préventive (PMP) :

1. La maintenance préventive :

Avant d'entamer la description d'un PMP, il faut premièrement savoir c'est quoi la maintenance préventive, Selon la norme AFNOR « elle est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu » les interventions sont prévues, préparées et programmées avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

2. La définition d'un PMP :

Selon la norme NF EN 13306. "Ensemble structuré de tâches qui comprennent les activités, les procédures, les ressources et la durée nécessaire pour exécuter la maintenance préventive."

4. PMP du refroidisseur clinker :

Le tableau 11 représente le PMP du refroidisseur ou nous allons :

- Organiser les actions préventives.
- Déterminer la périodicité des interventions selon la classification ABC.
- Déterminer la charge prévue, l'exécutant et l'état de la machine on utilise le retour d'expérience des personnels.

LafargeHolcim-usine de Meknès																
Système étudiée : Refroidisseur clinker		Plan de la maintenance préventive														
Système	Sous-système	Organe	Intervention	Périodicité						Exécutant	Charge prévue	Etat de la machine	Type de la maintenance			
				J	H	M	T	S	A							
Couloir	Groupe actionneur (vérin hydraulique)	Cylindre	-contrôle systématique 1ère niveau : fuite d'huile +échauffement +fixation -remplacer le cylindre		■						■	Vis Exc	30mn 5H	M Ar	Sys Sys	
		Piston	-contrôle systématique 1 ère niveau		■								Vis	30mn	M	Sys
		Joint	-contrôle systématique 1ère niveau -remplacement du joint		■							■	Vis Exc	30mn 5H	M Ar	Sys Sys
	Groupe mécanique	Galet de roulement		-contrôle systématique spécifique : mesurer de la température de graissage et des altérations dimensionnelles (relevé de jeu) -graissage systématique			■						Vis Gra	1H 30mn	M M	Sys Sys
			Rail	-contrôle systématique d'existence des frottements			■							Vis	30mn	M
		Joint	-voir joint du vérin													
		Ventilateur	Partie commande (moteur électrique)	Rotor	-contrôle systématique spécifique : mesure de vibration + température		■							Vis	1H	M
Stator	-contrôle systématique spécifique : mesure de vibration					■							Vis	1H	M	Sys
Bobinage	-contrôle systématique spécifique : mesure isolement					■							Vis	30mn	Ar	Sys
Roulement	-contrôle systématique spécifique : s'assurer le bon montage + lubrification systématique -remplacer les roulements					■						■	Vis Exc	1H 5H	M Ar	Sys Sys
Partie transmission	Accouplement		-contrôle systématique spécifique : mesure de vibration +l'état de l'accouplement			■						Vis	1H	M	Sys	
Partie rouet	Turbine		-contrôle systématique spécifique : mesure de vibration		■								Vis	1H	M	Sys
	Boite à palier		-contrôle systématique spécifique : mesure de température +vérification des jeux +mesure de vibration +vérifier l'état des roulements		■								Vis	2H	M	Sys
	Arbre		-contrôle systématique spécifique : assurer un bon montage		■								Vis	30mn	M	Sys

Concasseur	Partie commande	Moteur électrique	-Contrôle systématique : 1ère niveau (5 sens) : fixation +propreté + +échauffement -contrôle systématique spécifique : mesure de vibration +vérification de l'alimentation -entretien du moteur électrique	■					Vis	30mn	M	Sys
								Vis	1H	M	Sys	
								■	Exc	7H	Ar	Cond
		Poulie-courroie	-contrôle systématique : 1ère niveau -contrôle systématique spécifique : vérifier la fixation des boulons -remplacement de la courroie -remplacement de la poulie	■					Vis	30mn	M	Sys
								Vis	1H	M	Sys	
								■	Exc	6H	Ar	Sys
								■	Exc	6H	Ar	Cond
		Coupleur	Contrôle systématique spécifique : mesure de température						Vis	30mn	M	Sys
		Partie mécanique	Disques	Contrôle systématique 1 ère niveau					Vis	30mn	Ar	Sys
			Marteaux	Contrôle systématique 1 ère niveau					Vis	30mn	Ar	Sys
	Barreaux		Contrôle systématique 1 ère niveau					Vis	30mn	Ar	Sys	
	Carter		-contrôle systématique 1 ère niveau -remplacer					■	Exc	5H	Ar	Cond
	Défecteur		- Contrôle systématique : usure + fixation -nettoyage systématique						Vis	30mn	M	Sys
								■	Techn	5H	Ar	Sys
									Vis	30mn	M	Sys
								■	Techn	5H	Ar	Sys
								■	Exc	8H	Ar	Cond
		Joint feutre	Voir joint de vérin dans les couloirs									
	Partie lubrification	Lubrifiant à l'huile	-contrôle systématique spécifique : vérification de niveau d'huile					Vis	2H	M	Sys	
Centrale hydraulique	Groupe réservoir et GEP de conditionnement	Refroidisseur d'huile	- Contrôle systématique spécifique : mesure de la température - nettoyage systématique					■	Vis	1H	M	Sys
								■	Tech	5H	Ar	Sys
		Moteur	Voir la partie commande du ventilateur									
		Pompe BP	-contrôle systématique spécifique : mesure de la température						Vis	2H	M	Sys
		Filtre BP	- nettoyage des mailles -remplacement des filtres						■	Techn	7H	Ar
								■	Exc	4H	Ar	Sys
		Réservoir	-contrôle d'état interne /corrosion -nettoyage						Vis	1H	M	Sys
								■	Techn	5H	Ar	Sys
		Groupe de génération	Moteur	Voir la partie commande du ventilateur								
			Tuyauterie	-vérifier la fixation des raccords					Vis	1H	M	Sys
			Pompe HP	Voir la pompe BP du groupe réservoir								
		Groupe de distribution	Distributeur	-contrôle systématique des bobines					Vis	1H	M	Sys
			Filtre HP	Voir filtre BP dans le groupe réservoir								
	Capteur de pression		-contrôle systématique : s'assurer le bon réglage					Vis	2H	M	Sys	

Tableau 11 : le PMP du refroidisseur clinker

IV. Conclusion :

ce chapitre nous a permis d'appliquer AMDEC moyen de production sur «le refroidisseur clinker » en suivant une démarche structurée, on a commencé par l'étape d'initialisation qui comporte la description du refroidisseur, le principe de fonctionnement de ce dernier, la constitution du groupe de travail et la détermination des objectifs qu'il faut atteindre selon un planning, puis l'étape de décomposition fonctionnelle qui comporte une analyse fonctionnelle du refroidisseur à l'aide du diagramme pieuvre, les découpages structurelles des différentes composantes du refroidisseur et la description des différents éléments et sous-éléments du refroidisseur, ensuite on est passé à l'étape de l'analyse AMDEC, on a essayé d'identifier les défaillances subit pour chaque équipement et une analyse cause / effet /détection des défaillances pour calculer la criticité, on a utilisé la grille de cotation et le retour d'expérience des opérateurs de LafargeHolcim Meknès et la dernière étape de synthèse comporte la hiérarchisation des défaillances selon la criticité à l'aide de la méthode ABC et l'élaboration des actions préventives qui sont adaptables a les défaillances qu'on a citer .

Finalement, on a construit un plan de la maintenance préventive du refroidisseur qui est le résultat final de l'étude AMDEC et le produit fini de mon projet de fin d'étude

CONCLUSION GENERALE :

Ce projet de fin d'étude effectué au sein de LafargeHolcim-usine de Meknès a pour but principale l'élaboration d'un plan de la maintenance préventive d'un équipement important et neuve, c'est le refroidisseur clinker, Ceci est fait dans un but d'assurer 100% de fiabilisation et 0 panne avec un coût raisonnable.

Pour atteindre les objectifs qu'on a fixé dans notre cadre du projet, on a utilisé la méthode « AMDEC moyen de production » une démarche structurée et efficace.

D'après l'application de la méthode AMDEC on est arrivé à :

- Comprendre le refroidisseur ses composants, son principe de fonctionnement...
- Savoir les défaillances qu'on peut rencontrer leur causes / effets / détection.
- Savoir les défaillances les plus critiques, le moyenne critique et le non critique.
- Construire un Plan de maintenance préventive du refroidisseur général et avec un cout raisonnable.

Pour conclure, Ce stage constitue une occasion d'évaluer et de mettre en pratique mes connaissances Théoriques acquis pendant tout ma carrière universitaire surtout dans le domaine de la maintenance car la méthode AMDEC est parmi les méthodes les plus utilisés dans les industries et il me permet aussi de découvrir le monde industriel

Enfin, j'espère que le travail réalisé à une grande utilité dans le cadre du développement de l'entreprise à l'avenir, notamment pour l'audit de suivi de la certification qualité de l'organisation et l'amélioration continue des trois facteurs (coût, qualité, délai).

Bibliographie et webographie

- Cours de l'analyse fonctionnelle Pr Mohammed RAMADANY « professeur à la faculté des sciences et techniques de FES » 2018/2019 GI S5.
- Cours de gestion de la maintenance Pr Anas CHAFI « professeur à la faculté des sciences et techniques de FES » 2018/2019 GI S5.
- Document interne à l'entreprise : « Cours AMDEC, Manuel constructeur ».
- Gérard Landy « AMDEC guide pratique » 2^{ème} édition 2007.
- <https://www.lafargeholcim.com/>
- <http://www.claudiuspeters.com/fr-FR/documents/353/claudius-peters-eta-cooler-brochure-fr.pdf>
- <https://www.wikipedia.org/>
- <http://vfarineau.thomasfar.fr/P12/1/3%20Pareto.pdf>
- www.memoirepfe-usmba.ac.ma