

Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

AMDEC D'UN BROYEUR DU CHARBON A GALETS A LAFARGEHOLCIM DE MEKNES

Lieu : LafargeHolcim de Meknès

Référence : 06 /17GI

Préparé par :

- Benlkhadir Hassna
- Boughlaf Chaimae

Soutenu le 07 Juin 2017 devant le jury composé de :

- Pr Abderrahim Chamat (Encadrant FST)
- Pr Fahd Kaghat (Encadrant FST)
- Pr Habib Hamedi (Examineur FST)

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail :

*Tout d'abord à nos familles qui ont fait des sacrifices énormes
pour que nous puissions arriver à ce niveau aujourd'hui.*

*À nos amis et tous ceux qui nous ont aidé à réaliser ce
Projet dans les meilleures conditions.*

*Aux professeurs du département génie industriel de la
Faculté des sciences et techniques Fès.*

À nos camarades de licence génie industriel.

*Et enfin à tout qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation
de ce travail.*

.....Remerciements.....

Nous remercions Dieu, le tout puissant, qui a éclairci notre voie par le savoir, et qui nous a armés par la foi.

*Nous tenons tout d'abord à remercier vivement Monsieur **FATMI** Younes qui a accepté d'être notre tuteur de projet de fin d'études au sein de LafargeHolcim Meknès, pour avoir eu l'amabilité de partager son savoir-faire et qui nous a accordé sa confiance et attribuer des missions valorisantes durant ce stage et qui s'est engagé tout au long de cette période de stage à l'élaboration et à la réussite de ce modeste projet.*

Nous remercions également l'ensemble des personnes de bureau des méthodes Qui nous ont toujours soutenues et qui ont apporté un éclairage à toutes nos questions.

*Nous tenons à présenter nos vifs remerciements à notre professeur encadrant Mr. **CHAMAT** Abderrahim pour le temps consacré à la lecture et aux réunions qui ont rythmé les différentes étapes de notre sujet. Les discussions que nous avons partagées ont permis d'orienter notre travail d'une manière patiente, nous le remercions aussi pour sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions d'amélioration.*

*Enfin, nous remercions les membres de jury le Professeur **HAMED** et le Professeur **KAGHAT** d'avoir accepté de juger ce travail.*

Sommaire:

Chapitre I:présentation générale de l'entreprise

1. Présentation du groupe LafargeHolcim :	11
1.1 Que signifie les termes Lafarge et Holcim :	11
1.2 Fusion entre Lafarge et Holcim:	11
1.2.1 Historiques :.....	11
1.2.2 Fiche signalétique :.....	12
2. Présentation de LafargeHolcim Maroc :	12
2.1 Généralités :.....	12
2.2. LafargeHolcim usine de Meknès :	13
2.2.1 Situation géographique :.....	13
2.2.2 Chiffres et dates clés.....	13
2.2.3 Fiche signalétique de l'usine de Meknès :.....	14
2.2.4 Services et organigramme :	14
2.3 Processus de fabrication de ciment :	15
3. Cahier de charges du projet :.....	20
3.1 Objectif et contraintes:	20
3.2 Périmètre et parties prenantes :	20
3.2 Démarche adoptée :.....	20
Conclusion :.....	21

Chapitre II:atelier charbon et présentation de la méthode AMDEC

1. Vue globale de l'atelier charbon :	23
1.1 Partie alimentation :	23
1.2 Broyeur :.....	24
1.3 Filtre :	25
2. Le contexte du projet en chiffre (Méthode Pareto):.....	26

3. Définition d'AMDEC :.....	27
3.1 AMDEC machine :.....	28
3.2 Démarche pratique de l'AMDEC:	28

Chapitre III : Application de l'AMDEC sur le broyeur

1. Analyse fonctionnelle :.....	31
1.1 Diagramme de pieuvre:	31
1.2 Décomposition structurelle:	32
1.3 La Décomposition fonctionnelle :.....	33
1.3.1 Corps du broyeur :	33
1.3.2 Suspension hydraulique :.....	34
1.3.3 Partie commande :	35
1.4 Application d'AMDEC sur le broyeur:.....	35
1.4.1 Corps du broyeur :	36
1.4.2 Suspension hydraulique.....	37
1.4.3 Partie commande :	39
1.5Analyse AMDEC :.....	41
2. criticité et actions préventives :.....	41
2.1 Corps du broyeur :	42
2.2 Suspension hydraulique :.....	43
2.3 Partie commande :	44
2.4 Synthèse :.....	45
Conclusion :.....	46
Bibliographie :.....	
Webographie :	

Listes des tableaux:

Tableau 1 : listes des pannes d'atelier charbon avec fréquence et cumulé :.....	26
Tableau 2 : tableau AMDEC du corps broyeur.....	36
Tableau 3 : tableau AMDEC de la suspension hydraulique du broyeur	37
Tableau 4 : tableau AMDEC de la partie commande du broyeur	39
Tableau 5 : grille de la cotation.....	41
Tableau 6 : calculs des criticités et actions préventives su corps broyeur	42
Tableau 7 : calculs des criticités et actions préventives sur la suspension hydraulique.....	43
Tableau 8 : calculs des criticités et actions préventives sur la partie commande du broyeur ..	44

Listes des figures:

Figure 1 : fiche signalétique du groupe LafargeHolcim.....	12
Figure 2 : schéma de création LafargeHolcim.....	11
Figure 3 : situation géographique de LafargeHolcim usine de Meknès	13
Figure 4 : fiche signalétique de l'usine de Meknès	14
Figure 5 : organigramme d'usine de Meknès.....	15
Figure 6 : abattage	16
Figure 7 : transport	16
Figure 8 : concassage et transport.....	16
Figure 9 : broyage cru.....	17
Figure 10 : silos d'homogénéisation	18
Figure 11 : cuisson.....	18
Figure 12 : broyage.....	19
Figure 13 : stockage, conditionnement et expédition	20
Figure 14 : atelier charbon.....	23
Figure 15 : broyeur vertical du charbon	25
Figure 16 : dépoussiéreur à manches.....	25
Figure 17 : diagramme de Pareto d'atelier charbon	27
Figure 18 : diagramme bête à cornes.....	31
Figure 19 : diagramme de pieuvre	31
Figure 20 : décomposition structurelle du broyeur.....	32
Figure 21 : les principales parties du broyeur.....	33
Figure 22 : décomposition fonctionnelle du corps broyeur du broyeur vertical.....	33
Figure 23 : la décomposition fonctionnelle de la suspension hydraulique du broyeur	34
Figure 24 : la décomposition fonctionnelle de la partie commande du broyeur	35

Liste des abréviations:

ADAP : Agenda D'accessibilité Programmée

AFNOR : Agence Française de la Normalisation.

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités.

BK : broyeur cru.

Broyeur LM : broyeur Loesche Mill.

CaCO₃ : bicarbonate de calcium (calcaire).

CaO : oxyde de calcium.

C2S: silicate de di calcium.

C3S: silicate tricalciate.

CADEM: ciment artificiel de Meknès.

Cde: commande.

CO₂:dioxyde de carbone.

CPJ : ciments portland composés.

ISO : organisation internationale de normalisation.

LIMANOR : institut internationale de la normalisation.

Ltd : cabinet de recrutement à paris.

MW : méga watt.

RH : ressources humains.

SA : société anonyme.

Si : silice

SNI : société nationale d'investissement.

Introduction

LafargeHolcim du Maroc est une industrie de poids du fait qu'elle produit près du tiers de la capacité de production totale du secteur.

Etant le leader dans son domaine, Lafarge Ciment usine de Meknès s'est considérablement développée ces dernières années et s'est affirmée comme grand producteur de qualité.

Ainsi l'industrie cimentière a dû optimiser son processus de fabrication pour produire un ciment de très bonne qualité avec un coût bien raisonnable.

Notre projet de fin d'études consiste à faire une étude AMDEC « Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leurs criticités » sur le broyeur LM 17.20 D. Elle a pour objectif de cerner les pannes afin d'empêcher leur réapparition et améliorer le rendement de la machine et réduire le temps improductif.

La présentation de notre rapport s'articule autour de trois chapitres. Le premier est consacré à la présentation de LafargeHolcim, ce chapitre intègre également le cahier des charges. La présentation de l'atelier charbon ainsi que la justification du choix du broyeur pour l'étude sont présentées dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre comporte une application d'AMDEC sur la machine critique, ainsi que les propositions relatives à la maintenance préventive de ce broyeur. Enfin nous terminerons par une conclusion générale dont laquelle est rassemblé les principaux résultats obtenus de notre travail.



Chapitre I :

Présentation générale de l'entreprise

1. Présentation du groupe LafargeHolcim :

1.1 Que signifie les termes Lafarge et Holcim :

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.

1.2 Fusion entre Lafarge et Holcim:

1.2.1 Historiques :

- 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, figure 1.

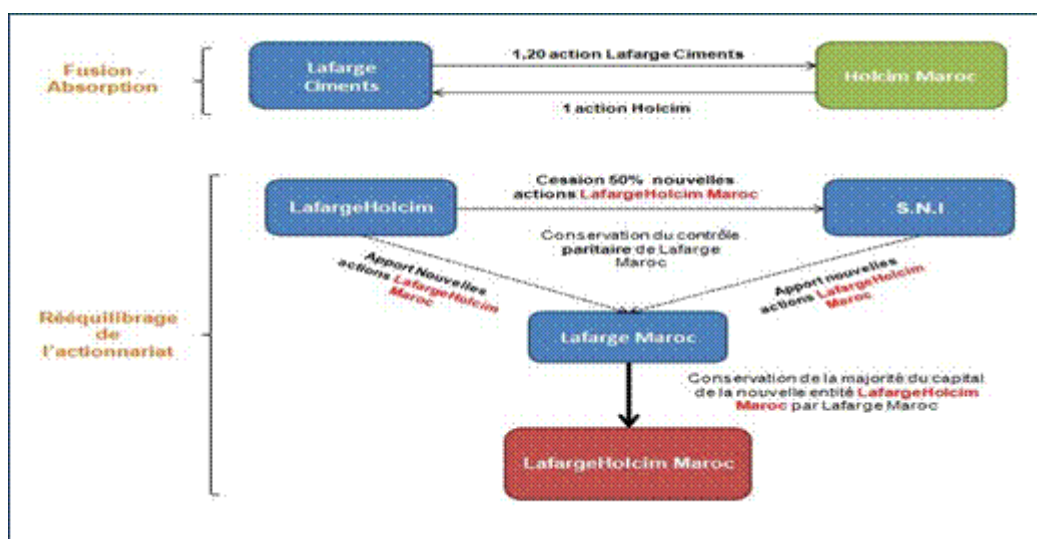


Figure 1 : schéma de création LafargeHolcim

1.2.2 Fiche signalétique :

La figure 2, présente la fiche signalétique globale de l'entreprise.



LafargeHolcim Ltd	
Création	2015
Forme juridique	Société anonyme
Action	Euronext : LHN [archive] SWX : LHN [archive]
Slogan	"A new leader for a new world"
Siège social	 Jona (Suisse)
Direction	Eric Olsen (CEO), Wolfgang Reitzle et Bruno Lafont (Co-Chairmen)
Actionnaires	Thomas Schmidheiny (en)
Activité	Matériaux de construction
Produits	Ciment, béton et granulat
Effectif	115 000 (2015)
Site web	http://www.lafargeholcim.com [archive]
Capitalisation	29 Mds € (oct. 2016)
Chiffre d'affaires	30 Mds €

Figure 2 : fiche signalétique du groupe LafargeHolcim

2. Présentation de LafargeHolcim Maroc :

2.1 Généralités :

LafargeHolcim Maroc est le leader national du secteur des matériaux de construction avec près de 50 sites industriels et 1300 collaborateurs présents sur l'ensemble du territoire marocain. Elle est présente dans le Royaume depuis 1928, LafargeHolcim Maroc a participé à la modernisation du secteur de la construction et à l'essor économique du Maroc.

**Toutes les usines sont certifiées ISO 9001 (qualité) et ISO 14001 (environnement)
Conjointement par les experts de l'AFNOR (Agence Française de Normalisation)
et de l'IMANOR (Institut Marocain de la Normalisation)**

2.2. LafargeHolcim usine de Meknès :

2.2.1 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 terme de capacité, du groupe LAFARGE MAROC. Elle occupe une position majeure grâce à sa situation géographique (figure 3).

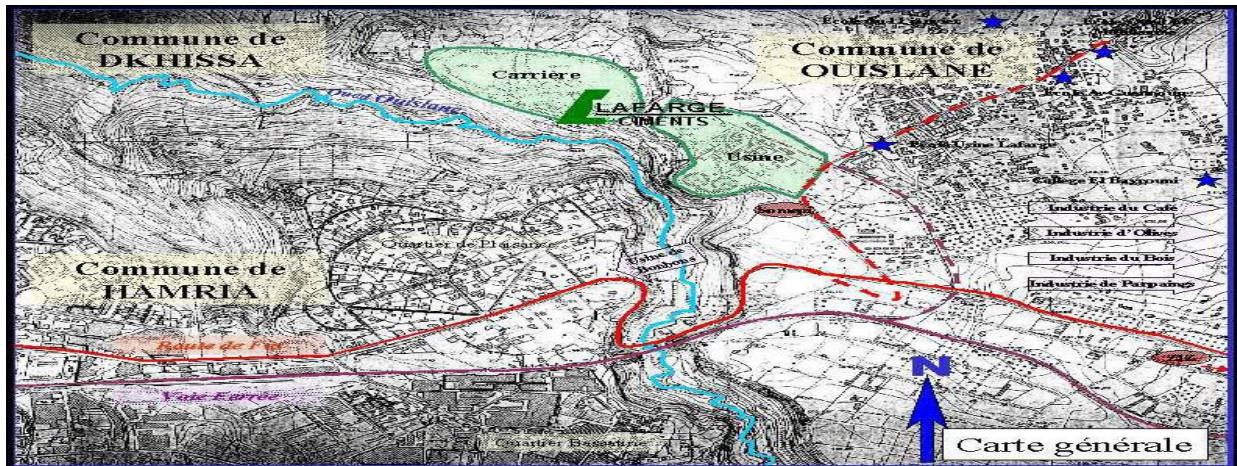


Figure 3 : situation géographique de LafargeHolcim usine de Meknès

2.2.2 Chiffres et dates clés

- **1952** : démarrage de l'usine sous le nom de La CADEM avec une seule ligne de production d'une capacité de 400 T/j.
- **1971** : Amélioration de la capacité productive grâce à l'installation d'un nouveau four de 650 T/j.
- **1989** : installation d'un broyeur à ciment Bk.
- **1990** : effectuation des modifications pré calcination au charbon et au refroidisseur de la capacité de production en passant de 1500 à 1800 tonnes par jour.
- **1993** : démarrage d'une nouvelle ligne de cuisson.
- **1997** : La Cadem est devenu Lafarge ciment de Meknès et faisant partie du groupe Lafarge.
- **2001** : mise en place d'un filtre a manche F1 en aval du four au service de la protection de l'environnement.
- **2004** : lancement d'une Nouvelle organisation usine /secteur.
- **2015** : Lafarge a concrétisé sa fusion et a donné la naissance de la nouvelle entité LafargeHolcim Maroc.

2.2.3 Fiche signalétique de l'usine de Meknès :

La figure 4 représente la fiche signalétique de l'usine de Meknès :

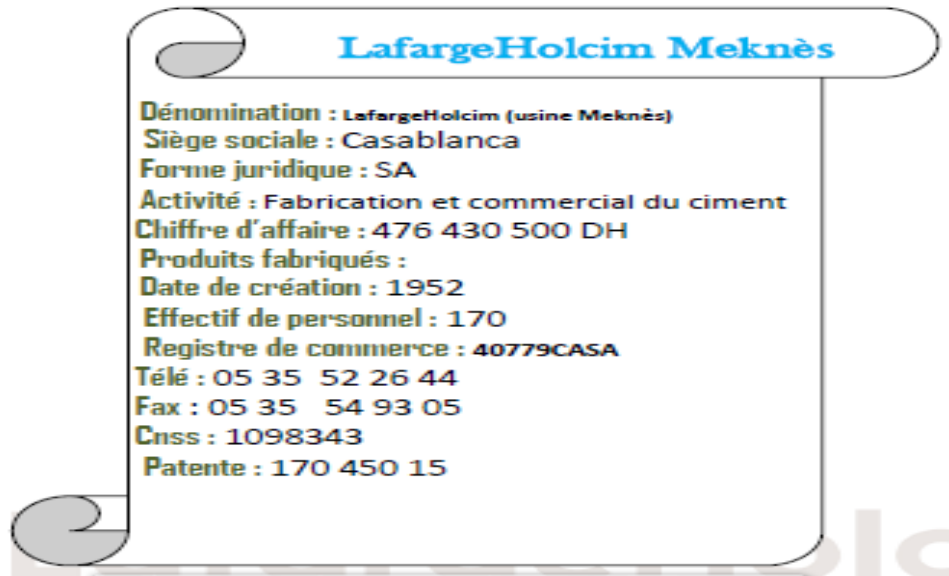


Figure 4: fiche signalétique de l'usine de Meknès

2.2.4 Services et organigramme :

➤ services :

En partant de l'extraction des matières premières jusqu'à l'obtention du produit fini. Le processus de fabrication nécessite l'existence de plusieurs services s'occupant chacun d'une ou plusieurs tâches.

- Service carrière.
- Service fabrication et procédé.
- Service bureau méthodes.
- Service maintenance mécanique.
- Service maintenance électrique.
- Service contrôle qualité.
- Service Sécurité.
- Service Finance - Gestion.
- Service Ressources Humaines.
- Service Formation.

➤ Organigramme :

LafargeHolcim usine de Meknès présente une firme à organisation hiérarchique très organisée dont l'organigramme (figure 5).

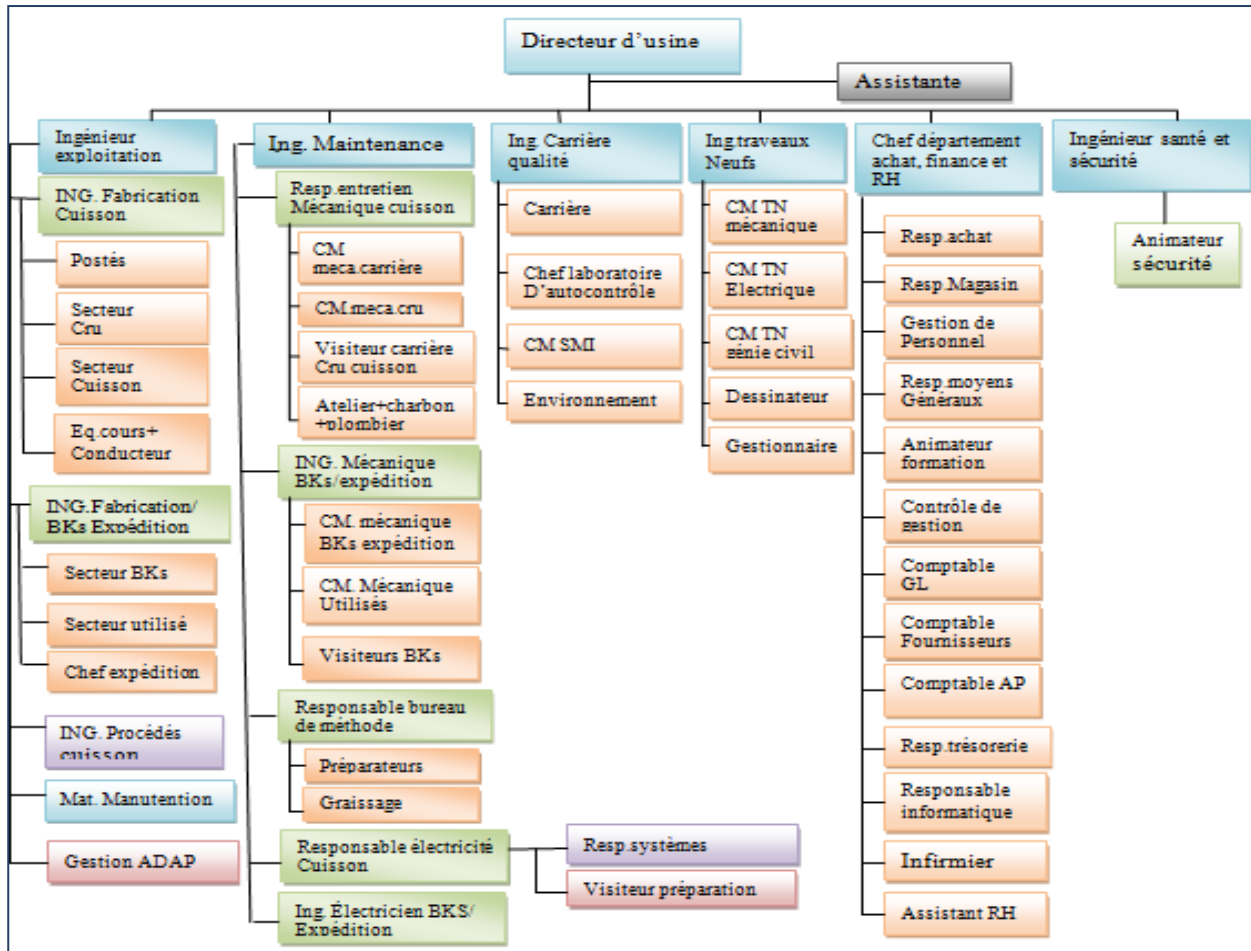


Figure 5 : organigramme d'usine de Meknès

2.3 Processus de fabrication de ciment :

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

➤ Étapes de fabrication :

• Carrière et concassage:

LAFARGE Ciments dispose de carrières fournissant deux matières premières : le calcaire est très riche en carbonate de calcium CaCO_3 et le schiste contient des teneurs importantes de silice Si. L'extraction de ces roches se fait dans ces carrières par abattage (figure 6) à

l'explosif qui consiste à fragmenter le massif exploité à l'aide d'explosifs en procédant par forage, la mise en place de l'explosif, et le sautage.

Pour réduire des dimensions de la matière première et faciliter le stockage, une opération de concassage est nécessaire qui consiste à soumettre les matières premières à des efforts d'impact, d'attrition et de cisaillement. Après concassage, ces matières premières sont transportées à l'usine par un tapis roulant ou elles sont stockées et homogénéisées.

À noter que l'usine LafargeHolcim de Meknès dispose de deux concasseurs à marteaux consommant une puissance de 1.21MW.

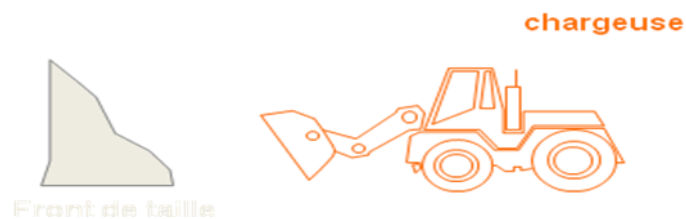


Figure 6 : abattage



Figure 7 : transport

La carrière est située à 5,6 Km de l'usine, la matière première est extraite sur des fronts de 8 à 15 mètres par abattage et tirs de mine (figure 7).



Figure 8 : concassage et transport

Les blocs de calcaire extraits peuvent atteindre 1 m³ de volume, ils sont concassés et ramenés à dimensions inférieures à 120 mm, ce qui permet de réaliser un premier mélange, de régulariser la granulométrie du cru, et réduire la consommation en énergie pendant le broyage. Le tout est acheminé du concasseur jusqu'à l'usine par une bande transporteuse (figure 8).

- **Echantillonnage –Pré homogénéisation :**

Chimiquement, les matières de carrière sont souvent variables et il s'avère nécessaire de les mélanger pour éviter les variations brusques qui ont un impact néfaste sur la cuisson. C'est le rôle du pré homogénéisation: on confectionne un tas en superposant les calcaires et les argiles afin d'obtenir une répartition quasi-uniforme. Avant l'arrivée des produits concassés au stock, ils sont échantillonnés automatiquement par une installation prévue à cet effet avant d'être analysés. Un échantillon de 800 g est prélevé pour chaque lot de 1500 tonnes. Pour obtenir un produit homogène (mélange très intime des constituants : calcaire, argile, sable, minerai de fer).

- **Broyage cru :**



Figure 9 : broyage cru

L'extraction de la matière est faite par un gratteur (transporteur à godets), la matière est raclée par des herse au niveau de toute la surface d'attaque du tas. Ce raclage permet d'avoir un mélange homogène (appelé cru doser) de l'ensemble des cordons réalisés lors de la constitution du tas. La matière est envoyée par un ensemble de transporteurs jusqu'à la trémie cru dosée du broyeur cru (figure 9). L'opération du broyage est assurée par des galets qui sont actionnés par des vérins hydrauliques (montée et descente) qui viennent écraser la matière sur une piste munie d'un mouvement de rotation moyennant un réducteur vertical. Le séchage et le transport de la matière broyée se fait à l'aide des gaz chauds provenant du four. La séparation des particules suffisamment broyées de celles nécessitant encore du broyage se fait moyennant un séparateur placé au dessus des galets.

- **Homogénéisation :**

Après broyage, le cru est expédié, à l'aide de deux élévateurs, vers deux silos d'homogénéisation de capacité (figure 10):

-silo n°1 : 7500 tonnes.

-silo n°2 : 5000 tonnes.

Cette homogénéisation permet d'alimenter les fours avec un cru de composition chimique constante dans le temps.



Figure 10 : silos d'homogénéisation

• **Cuisson :**

La cuisson du cru est l'opération fondamentale de la préparation du ciment. Elle est effectuée dans deux fours rotatifs (inclinés de 3%) munis d'un pré-chauffeur à 4 étages de cyclones et d'une pré-calcination (pour le four 1). Le four 1 fonctionnait en voie humide, converti en voie sèche depuis 1985 (figure 11).

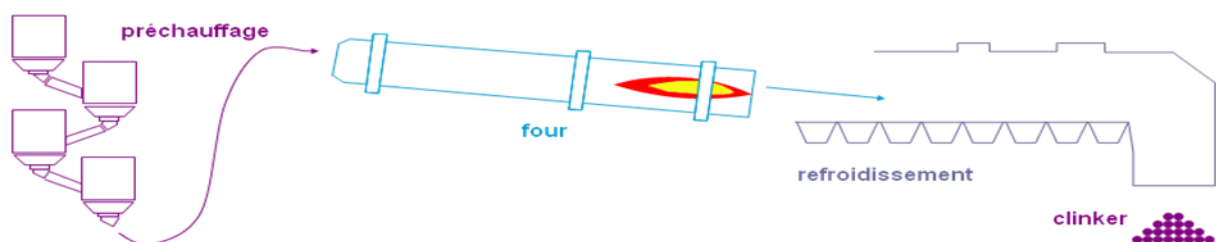


Figure 11 : cuisson

➤ **Les étapes de la cuisson sont :**

- **Evaporation de l'eau :** Les granules du cru humide passent dans une grille mobile (grille LEPOL), qui les font progresser jusqu'au four. La grille divisée en deux chambres : la première pour le séchage et la deuxième pour la décarbonatation.
- **La décarbonatation :** Le cru étant séché, il s'échauffe sans grande réaction chimique jusqu'à une température de l'ordre de 950 °C où intervient la décarbonatation de la phase calcaire : $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. De cette réaction endothermique résulte la formation de CaO naissante indispensable pour la formation des différentes phases du clinker.

- **La clinkérisation** : A la sortie de grille, la farine arrive dans un four rotatif de longueur 41 m et de diamètre 3 m, où s'effectue l'étape la plus importante de sa transformation. L'alimentation en farine est située à l'extrémité opposée du brûleur. La rotation et l'inclinaison du four de 5° font progresser la matière. La clinkérisation commence vers 1200 °C pour culminer à 1450 °C
- **Le refroidissement** : Le silicate tricalcique C₃S est un composé métastable qui peut se décomposer en C₂S et C : $C_3S \rightarrow C_2S + C$. Cette décomposition qui nuit aux propriétés hydrauliques du clinker est évitée par un refroidissement rapide du clinker. Plusieurs refroidisseurs peuvent être envisagés :
 - Refroidisseurs rotatifs.
 - Refroidisseurs planétaires.
 - La grille de refroidisseur.
- **Broyage ciment** :

A la sortie du four, le clinker se présente sous forme de granulés. Pour donner naissance au ciment, il doit être finement broyé avec du gypse qui est un régulateur de prise (figure 12). LafargeHolcim usine de Meknès fabrique actuellement 3 types de ciment à savoir le CPJ 45, le CPJ 35 et le CPJ 55.

Le broyage du ciment s'effectue dans des broyeurs à boulets.

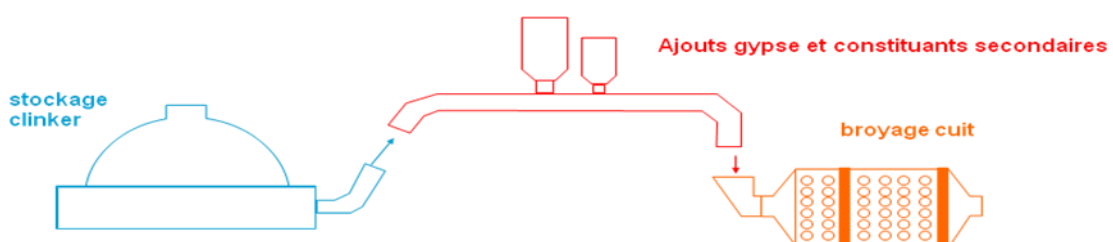


Figure 12 : broyage

- **Stockage et expédition:**

Le ciment est expédié par des pompes à vis à l'aide des compresseurs d'air vers des silos de stockage du produit fini (figure 13).

L'usine de Meknès dispose de 2 silos d'environ 5000 tonnes chacun, et 4 silos de 1800 tonnes chacun. Pour la mise en sacs du ciment, LafargeHolcim dispose de deux ensacheuses rotatives ayant chacune un débit de 100 T/h et trois ensacheuses en ligne, d'un débit de 50 T/h chacune.



Figure 13 : stockage, conditionnement et expédition

3. Cahier de charges du projet :

Le processus du broyage est très complexe, en effet plusieurs paramètres réglables qui influencent les performances du broyeur. La maîtrise, le réglage et l'ajustage de ces paramètres est d'une grande importance et vient après s'être assuré du bon fonctionnement des équipements mécaniques et hydrauliques du broyeur.

3.1 Objectif et contraintes:

Nous visions à travers ce projet de fin d'études de réaliser une étude AMDEC du broyeur LM 17 de l'atelier charbon, ainsi que la proposition des actions préventives qui permettront de réduire la criticité de l'ensemble des équipements du broyeur toute fois cet objectif est soumis à deux contraintes principales à savoir :

- 0 DH d'investissement.
- 0 accidents.

3.2 Périmètre et parties prenantes :

Notre projet est étalé sur les trois sous-ensembles principaux du broyeur à savoir le corps du broyeur, la partie commande et la suspension hydraulique.

Toutefois la réussite de ce projet est conditionnée par la mise en place d'un management participatif afin de créer une atmosphère qui encourage la créativité. Dans cette vision, Nous avons constitué un groupe de travail composé des membres suivants :

- Mr. Ehteteh Saïd : Préparateur cru, carrière et four.
- Mr. Fatimi Younes : visiteur.
- Mr. Lamrani Aymen : visiteur et préparateur ensachage.

3.2 Démarche adoptée :

Pour réaliser notre projet nous avons opté pour la démarche suivante :

- Analyse des données statistiques de l'atelier charbon (Pareto)
- Application de la méthode AMDEC pour le broyeur

- Elaboration des actions préventives

Conclusion :

Pour clore ce chapitre, nous pouvons avancer que la présentation effectuée de LafargeHolcim nous a permis de comprendre les différents services existants dans l'usine ainsi que les différentes étapes de procédé de fabrication du ciment.

Chapitre II :
Atelier charbon et présentation
de la méthode AMDEC

1. Vue globale de l'atelier charbon :

L'atelier charbon (figure 14) est parmi les ateliers vitaux de l'usine LafargeHolcim de Meknès, vu que c'est ce dernier qui assure l'alimentation des deux fours rotatifs dont l'arrêt causera des pertes énormes au niveau de la production. Le charbon, et du fait que son cout est beaucoup moins cher que les autres combustibles, tels que le fuel, est utilisé dans la cuisson de cru.

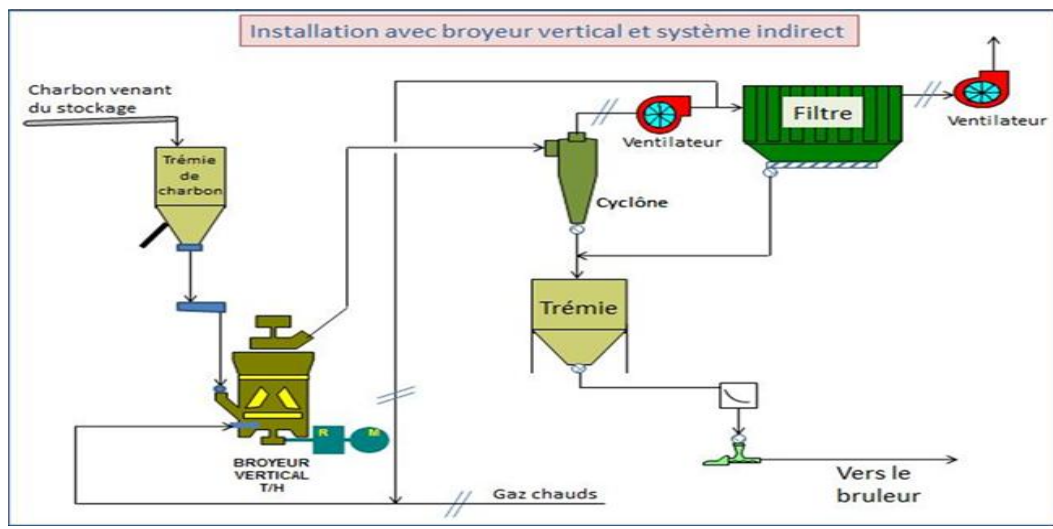


Figure 14 : atelier charbon

1.1 Partie alimentation :

La fourniture en charbon est destinée à l'extraction sous trémie pour l'alimentation du broyeur, du type vertical à galets, installés à l'usine des ciments LAFARGE Meknès. La chaîne d'alimentation est composé de :

- Convoyeur à raclettes.
- Convoyeur à chaîne composé de deux tambours d'inflexion, deux tambours de tension, un tambour de commande (Moteur, poulie-courroie, réducteur, accouplement PV), un tambour de queue et des rouleaux pour simplifier le glissement.
- Détecteur de matériaux.
- Déferrailleur magnétique.
- Trémie tampon.
- Convoyeur à vis.

1.2 Broyeur :

Le broyeur LM 17.20 D (figure 15) est conçu pour broyer le coke de pétrole destiné à la chauffe des fours. Sa production peut varier progressivement entre les allures minima et maxima des fours et il peut fonctionner pendant de longues périodes sans arrêt pour entretien, graissage ou réglage. Il est constitué d'une cuve tournante fixé sur le plateau au réducteur, qui reçoit en son centre le charbon brut et le répartit par effet centrifuge sur ses bords où deux galets l'écrasent. L'alimentation en coke de pétrole brut est centrale. Elle s'effectue à l'aide d'une vis d'alimentation dans l'axe de cuve à travers le séparateur.

Les pendulaires oscillants au nombre de deux portent les galets de broyage qui tournent librement sur leur axe. L'entraînement des galets, par frottement, n'est possible qu'en cas de présence d'une hauteur de couche suffisante de charbon.

La pression de broyage est donnée par des vérins hydrauliques. La pression d'huile dans les vérins varie suivant la charge du broyeur, la nature du charbon, et la hauteur de couche de charbon sous les galets.

La ventilation du broyeur, qui assure le séchage et le transport de la matière est assuré par les ventilateurs d'air primaire placés en amont du broyeur. L'air chaud entre tangentiellement dans la chambre de broyage et dans un mouvement ascendant autour de la cuve entraîne le coke de pétrole éjecté par centrifugation. Après son passage sous les galets et l'emmène dans le séparateur placé à la partie supérieur du broyeur. Le séparateur assure la sélection entre les grains fins et les grains grossiers. Une première sélection s'effectue dans la chambre de détente qui renvoie les plus gros grains à la cuve de broyage tandis que les plus fins atteignent les volets de finesses qui les remettent en vitesse. Le réglage de l'inclinaison des volets du séparateur détermine la finesse du charbon pulvérisé. Par la centrifugation du produit, les grains les plus lourds sont entraînés vers la périphérie du séparateur où ils perdent leur vitesse au contact de la paroi et tombent le long du cône intérieur dans la cuve où ils sont broyés à nouveau, les grains à la bonne finesse partent vers les tuyauteries jusqu'aux filtres à manches.



Figure 15 : broyeur vertical du charbon

1.3 Filtre :

Les gaz et la matière entrent dans le filtre qui contient des manches poreux (figure 16) dans lesquelles les gaz peuvent passer et la matière ne passe pas, donc la matière s’accumule sur les manches, ce qui va diminuer la pression à l’entrée du filtre et l’augmenter à la sortie. Donc il ya un système automatique qui donne un signe aux rompes, pour souffler l’air comprimé. Par secouage mécanique, le charbon collecté tombe dans une chambre de récupération.

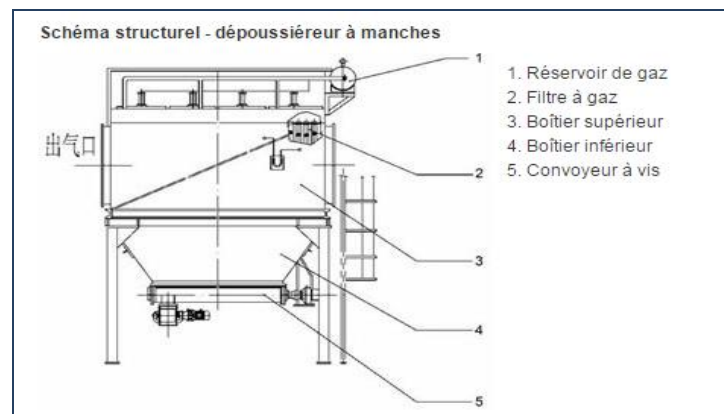


Figure 16 : dépoussiéreur à manches

2. Le contexte du projet en chiffre (Méthode

Pareto):

L'étude statistique des arrêts sur les différentes machines utilisées dans l'atelier charbon durant les trois dernières années 2014-2015-2016 nous a permis de relever les anomalies enregistrées et de détecter les problèmes les plus récurrents, sur lesquelles on va agir, les résultats se résument dans le tableau 1.

Tableau 1 : listes des pannes d'atelier charbon avec fréquence et cumulé :

Equipement	Fréquence	Pourcentage	Cumule %
Broyeur vertical LM 17-20D	108,5	65,54%	65,54%
Chaîne à raclettes d'alimentation broyeuse	14,72	8,89%	74,43%
Vis d'alimentation broyeuse	13,5	8,15%	82,59%
Clapet de vidange	12	7,25%	89,83%
Séparateur dynamique	7,83	4,73%	94,56%
Ventilateur tirage broyeur	2,5	1,51%	96,07%
Sas d'alimentation dosage F2	2	1,21%	97,28%
Vis d'alimentation dosage F1	1,5	0,91%	98,19%
Ventilateur HURICLON	1,17	0,71%	98,89%
Chaîne à raclette sous trémie hall	1	0,60%	99,50%
Filtre charbon 3	0,5	0,30%	99,80%
Variateur de vitesse Cde. broyeur	0,33	0,20%	100,00%

À partir des données du tableau 1, on a pu déduire le diagramme représenté sur la figure 17:

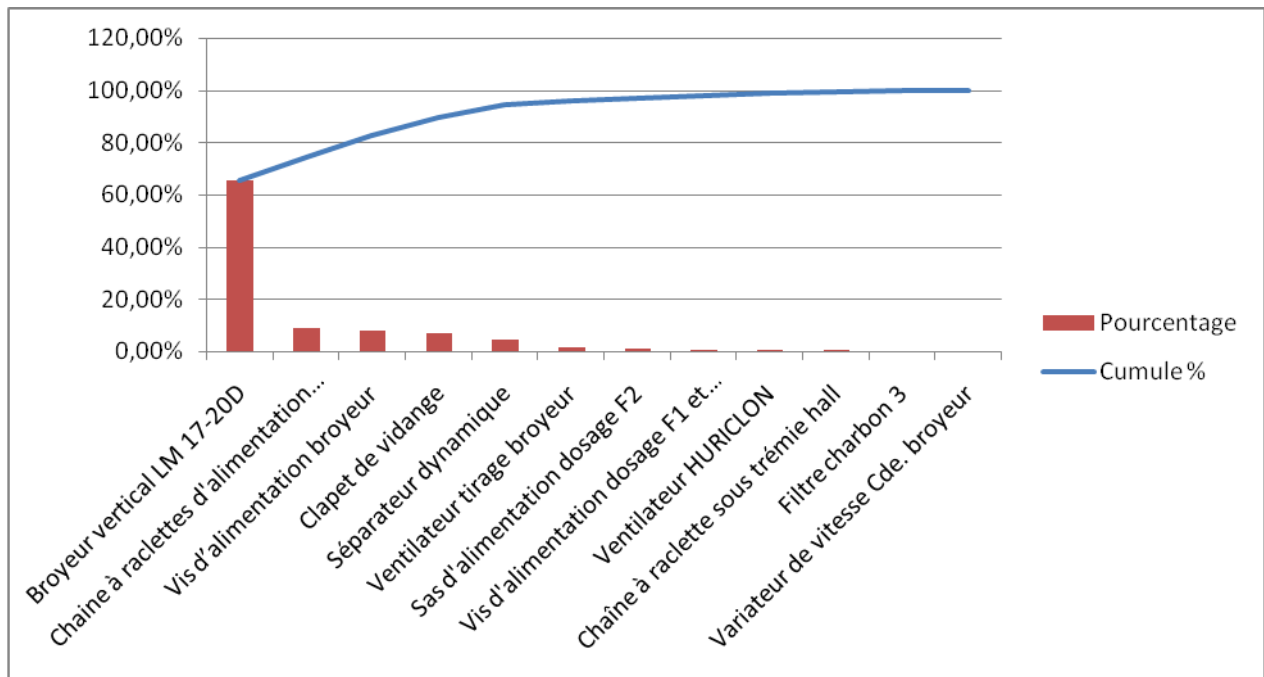


Figure 17 : diagramme de Pareto d'atelier charbon

Nous constatons que le broyeur LM 17 concentre plus que 65% des durées des pannes enregistrés sur toutes les machines de l'atelier charbon. Donc Il est nécessaire de conduire une démarche inductive pour connaître les modes de défaillance, leurs effets, les causes possibles de dysfonctionnement de se dernier afin de définir des actions préventives assurant le bon fonctionnement du broyeur en garantissant sa disponibilité et en réduisant le coût global de la maintenance.

3. Définition d'AMDEC :

C'est un outil d'analyse qui permet d'améliorer la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global. Cette méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960 : est devenue aujourd'hui, soit réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie), soit contractuelle (pour les fournisseurs automobile par exemple).

Etablie en équipe, menée à différents niveaux d'avancement, elle permet de définir les priorités d'action par la confrontation des opinions.

Elle est applicable à :

- Un produit : AMDEC produit.
- un processus : AMDEC processus.
- un système de production : AMDEC moyen de production.

Nous allons nous intéresser à l'AMDEC moyen de production ou AMDEC machine.

3.1 AMDEC machine :

AMDEC machine : analyse de la conception et / ou de l'exploitation d'un moyen ou d'un équipement de production pour améliorer la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, disponibilité, maintenabilité) de celui-ci.

L'AMDEC machine est une technique d'analyse qui a pour but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement des machines par la maîtrise des défaillances. Elle a pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels.

Son rôle n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions ne peuvent plus être assurées correctement.

L'étude de l'AMDEC machine vise à :

- réduire le nombre de défaillances.
- réduire le temps d'indisponibilité après défaillance.
- améliorer la sécurité.

La méthode fait ressortir la nécessité de mettre en place des actions correctives et/ou préventives. C'est un outil très efficace pour appliquer l'un des principaux préceptes de la Qualité qui est **LA PREVENTION**

À condition de:

- définir le système étudié de façon rigoureuse (analyse fonctionnelle).
- examiner de manière exhaustive l'ensemble des défaillances et des risques.
- quantifier ces défaillances en évaluant leur criticité.
- déclencher des actions correctives et/ou préventives et de vérifier leur mise en œuvre et leur efficacité.

3.2 Démarche pratique de l'AMDEC:

La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 4 étapes :

ETAPE 1 : INITIALISATION DE L'ETUDE

- Quel Système à étudier ?

- Quels Objectifs à atteindre ?
- Constituer le Groupe de Travail
- Définir les supports de travail (Grilles, tableaux de saisie...)

ETAPE 2 : DECOMPOSITION FONCTIONNELLE DE LA MACHINE

- Découpage arborescent du système
- Inventaire des Fonctions de service
- Inventaire des fonctions élémentaires.

ETAPE 3 : ANALYSE AMDEC DU SYSTEME

- Analyse des mécanismes de défaillances (Modes de défaillance, causes, effets, détections éventuelles).
- Evaluation de la CRITICITE (Estimation des Temps d'intervention, des fréquences 'apparition des défaillances, évaluation des critères de cotation, calcul de la criticité).

ETAPE 4 : SYNTHESE DE L 'ETUDE

- Hiérarchisation des défaillances (liste des pannes résumées, défaillances de causes communes, classement par catégories, symptômes observables....)
- Liste des points critiques et plan de maintenance préventive.

Chapitre III :
Application de l'AMDEC sur le
broyeur

Cette partie consiste à :

- étudier le fonctionnement du broyeur de coke du pétrole.
- décrire les organes et la décomposition de la machine.
- étudier l'historique de pannes et de réalisation d'une AMDEC.
- proposer des actions préventives afin d'améliorer le système.

1. Analyse fonctionnelle :

Pour définir la fonction principale du broyeur nous allons utiliser un outil d'analyse fonctionnelle du besoin qui est le diagramme "Bête à cornes" (figure 18).

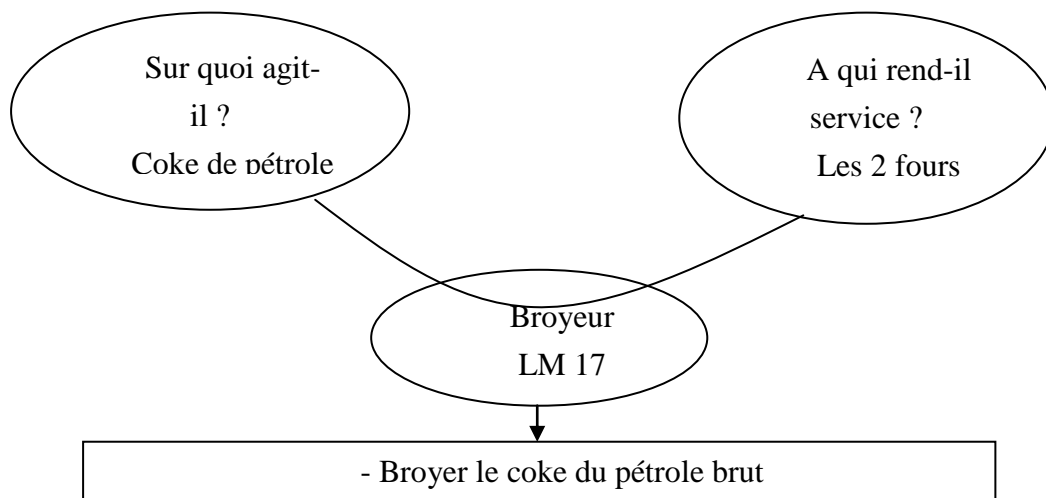


Figure 18 : diagramme bête à cornes

1.1 Diagramme de pieuvre :

Il est utilisé principalement pour décrire les relations du système avec le milieu extérieur (figure 19).

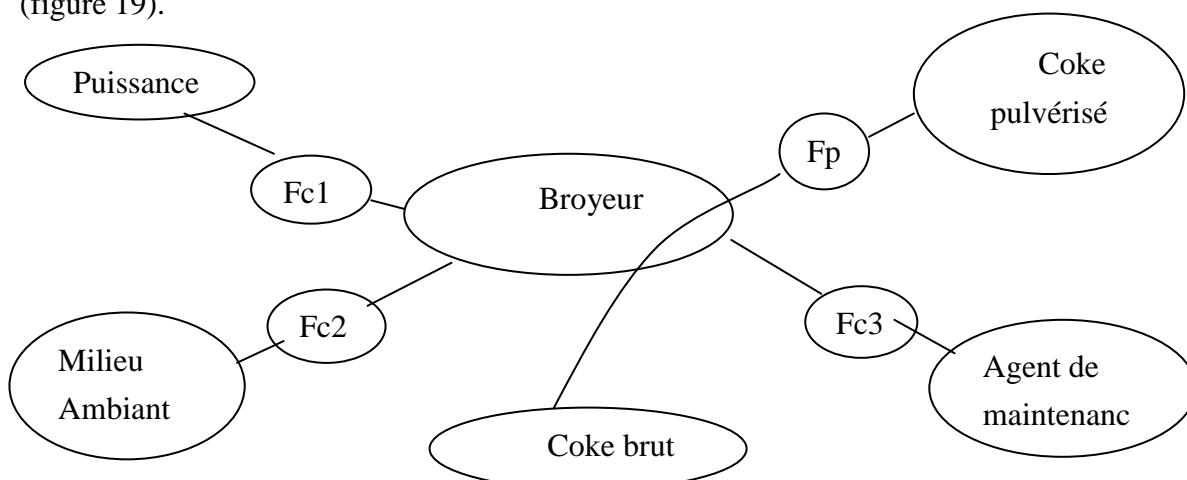


Figure 19 : diagramme de pieuvre

FP : Transformer le coke brut en pulvérisé
Fc1 : Etre alimenté par la puissance électrique
Fc2 : Résister aux agressions du milieu ambiant
Fc3 : Etre accessible à l'agent de maintenance

1.2 Décomposition structurelle:

La figure 20 présente les composants de ce broyeur :

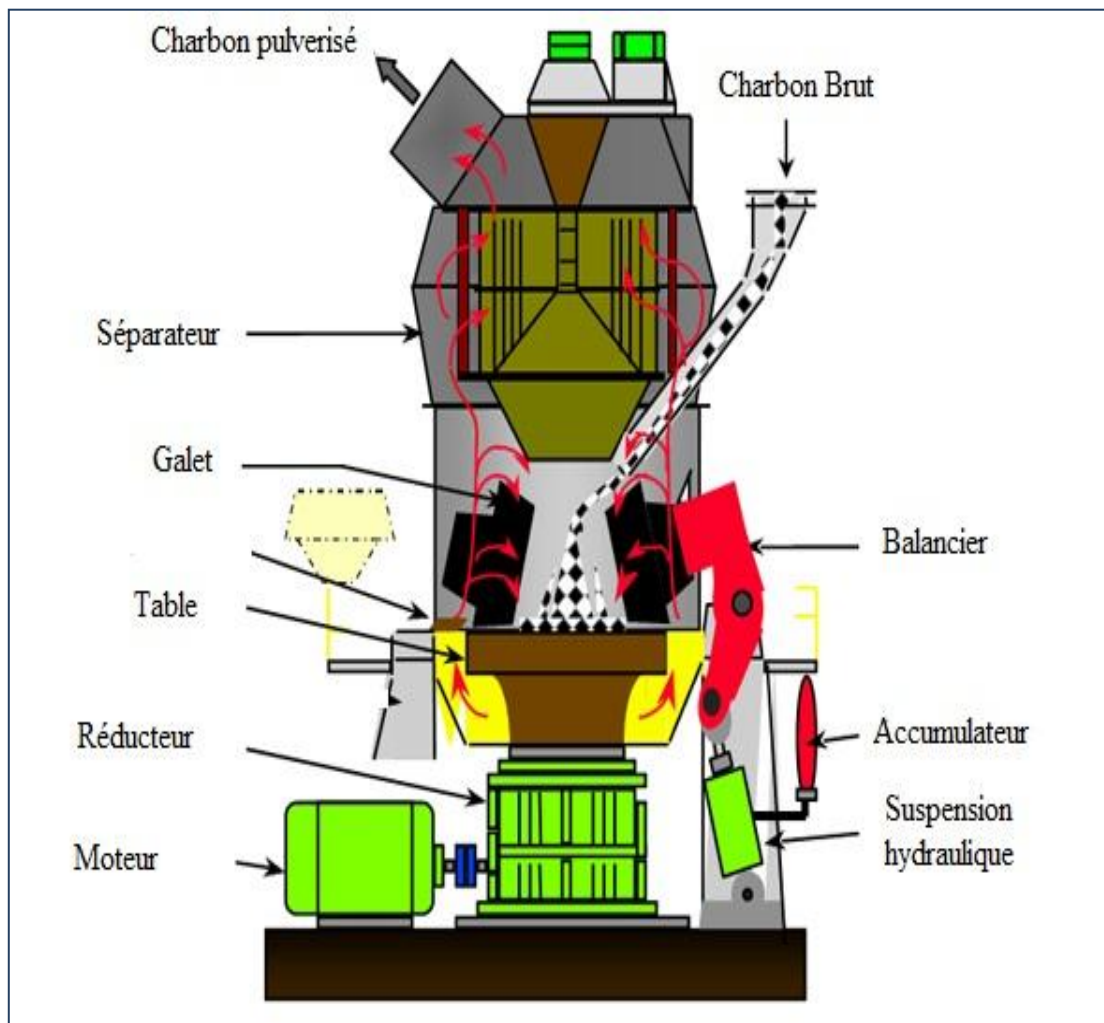


Figure 20 : décomposition structurelle du broyeur

Pour mieux comprendre le fonctionnement du broyeur et appliquer la méthode AMDEC, nous allons le décomposer en trois ensembles puis en sous-ensemble jusqu'aux pièces élémentaires. Ces trois parties sont présentées dans la figure 21 :

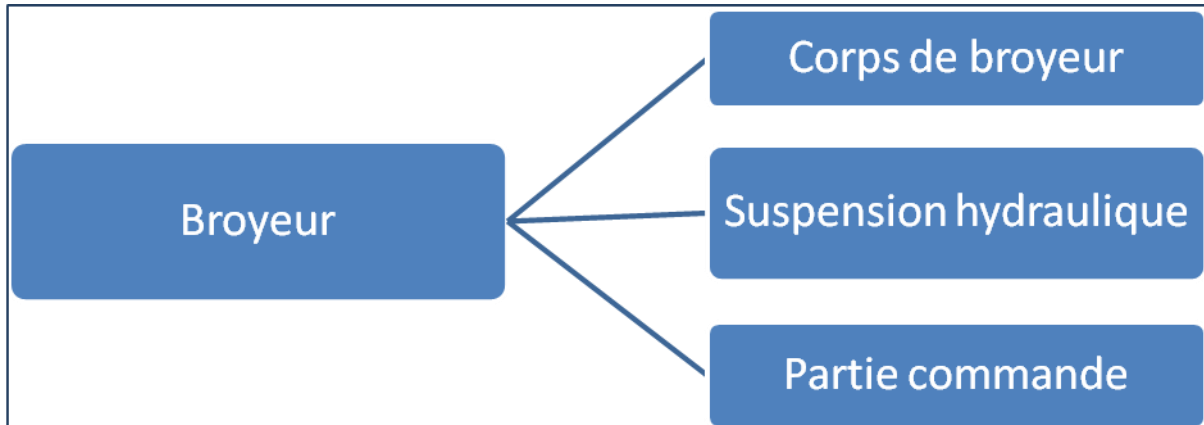


Figure 21 : les principales parties du broyeur

1.3 La Décomposition fonctionnelle :

1.3.1 Corps du broyeur :

La décomposition fonctionnelle du corps broyeur du broyeur LM17.20D est présentée dans la figure 22 :

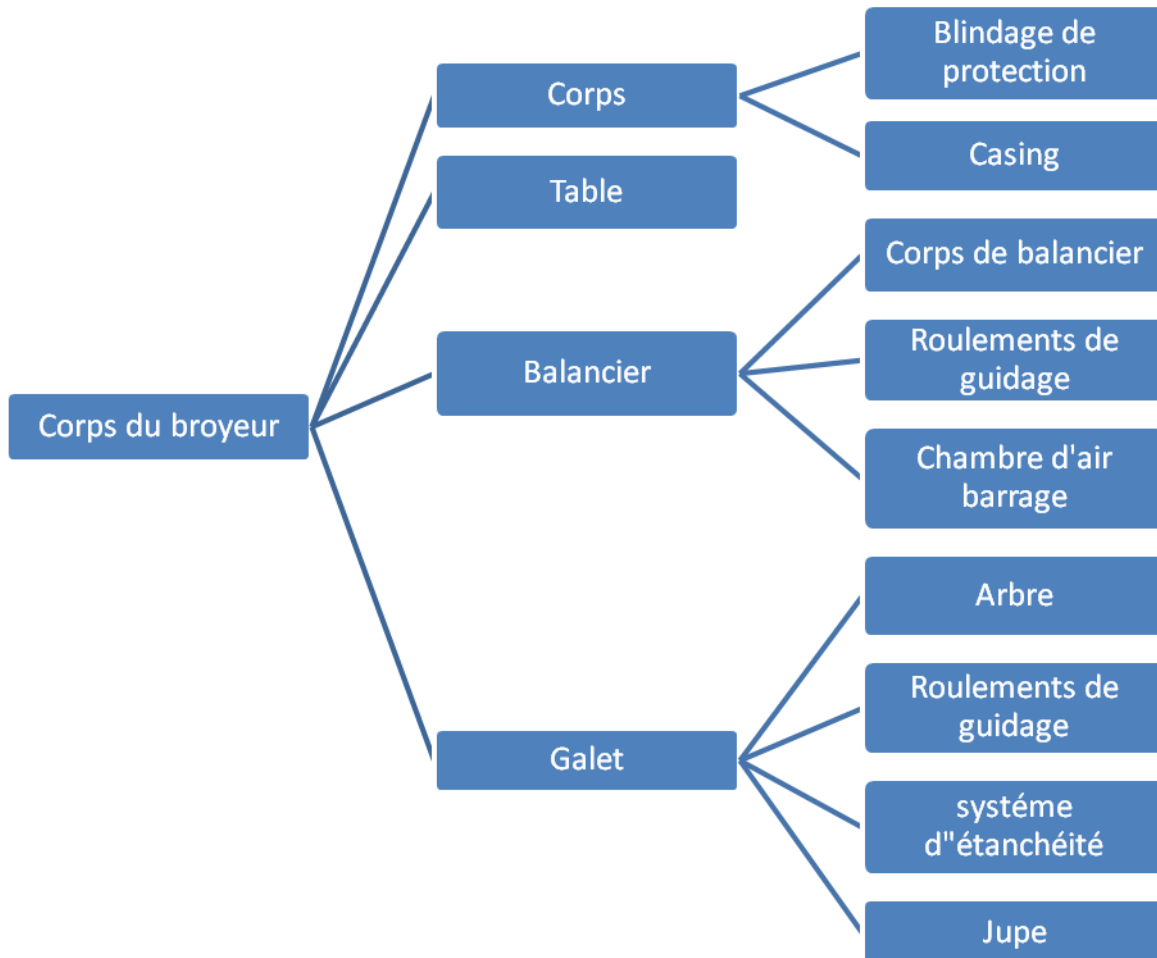


Figure 22 : décomposition fonctionnelle du corps broyeur du broyeur vertical

1.3.2 Suspension hydraulique :

La figure 23 présente une décomposition fonctionnelle de la suspension hydraulique :

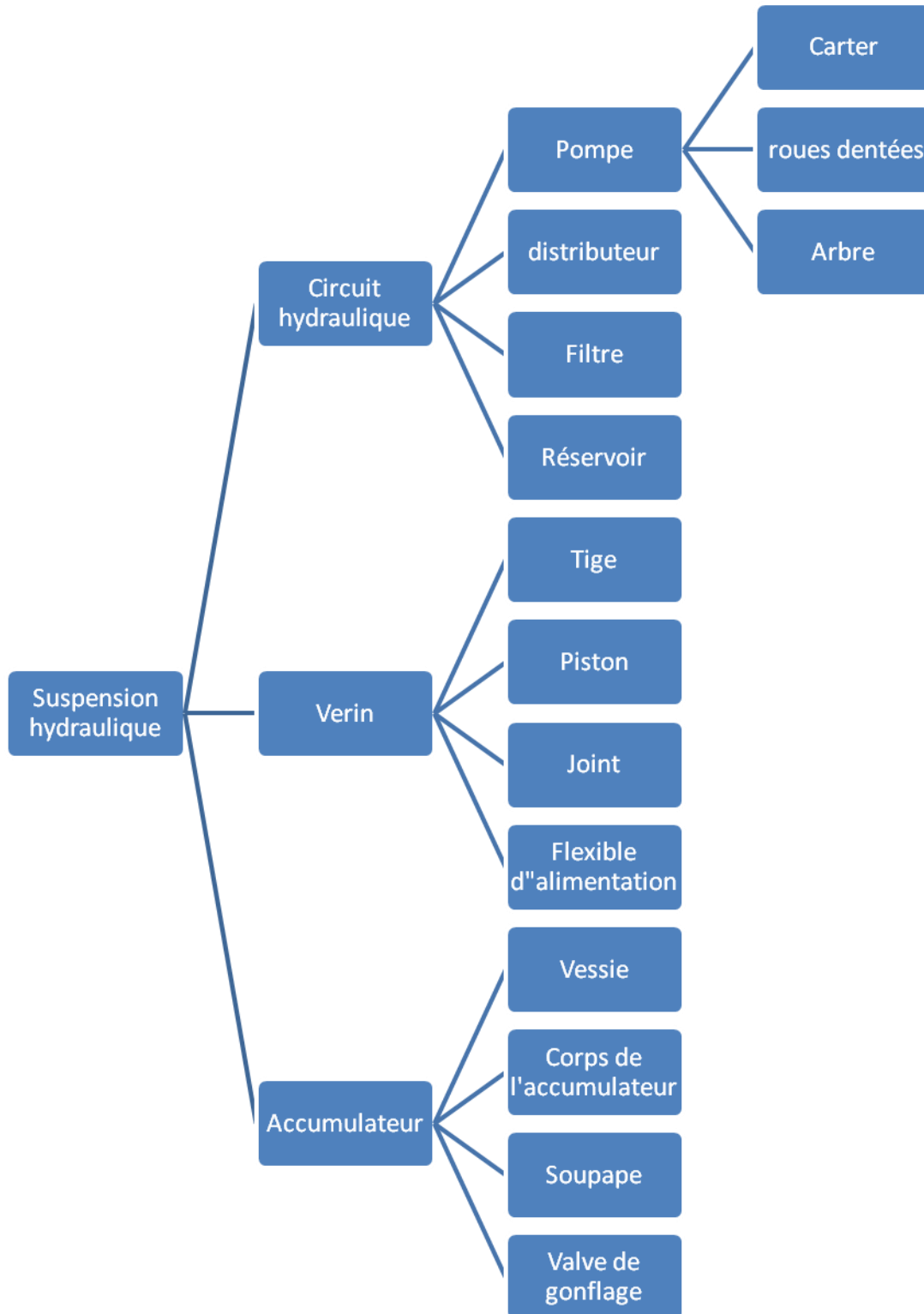


Figure 23 : la décomposition fonctionnelle de la suspension hydraulique du broyeur

1.3.3 Partie commande :

La figure 24 représente une décomposition fonctionnelle de la partie commande du broyeur :

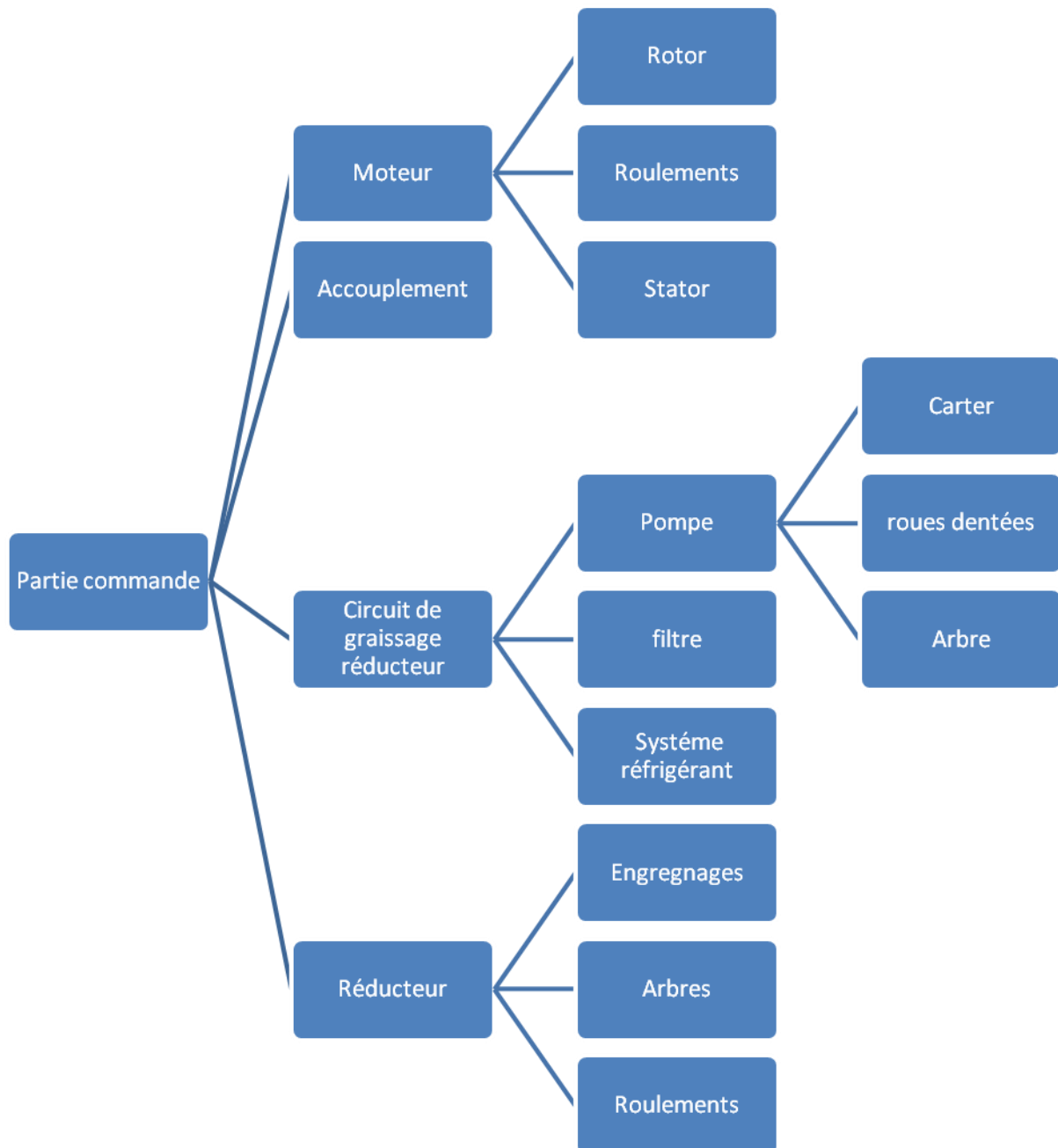


Figure 24 : la décomposition fonctionnelle de la partie commande du broyeur

1.4 Application d'AMDEC sur le broyeur:

Après avoir fini la décomposition structurelle et fonctionnelle du broyeur, nous allons maintenant appliquer l'AMDEC pour chaque sous ensemble de ce dernier.

1.4.1 Corps du broyeur :

Le tableau 2 représente la fonction de chaque élément du corps broyeur, son mode de défaillance, ses causes et ses effets.

Tableau 2 : tableau AMDEC du corps broyeur

		AMDEC			
Sous ensemble	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets
Galet	Arbre	Transmettre le mouvement de rotation	<ul style="list-style-type: none"> • Usure • Fissure • Cassure 	Mauvais montage	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise transmission de mouvement • Arrêt du broyeur
	Roulements	Assurer le guidage en rotation	<ul style="list-style-type: none"> • Usure • Ecaillage • Echauffement • Vibration 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubrification inadaptée • Corrosion liée au contact • Infiltration des impuretés « charbon » 	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage du galet
	Système d'étanchéité	Assurer l'étanchéité des galets	<ul style="list-style-type: none"> • Détérioration des joints du galet 	<ul style="list-style-type: none"> • Fatigue 	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage du galet
	Jupe	Protéger le corps du galet	<ul style="list-style-type: none"> • Usure 	<ul style="list-style-type: none"> • Matière abrasive 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la durée de vie du broyeur

Balancier	Corps du balancier	Maintenir les galets	<ul style="list-style-type: none"> • Déformation de la tige 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion • Fluage 	<ul style="list-style-type: none"> • Disfonctionnement du galet
	Chambre d'air barrage	Assurer l'étanchéité des roulements du galet	<ul style="list-style-type: none"> • Colmatage fréquent • Fuite d'air 	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltration des impuretés charbon 	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage du galet
	Roulements de guidage	Assurer le guidage du balancier	<ul style="list-style-type: none"> • Usure • Ecaillage • Echauffement • Vibration 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubrification inadaptée • Corrosion liée au contact • Infiltration des impuretés « charbon » • Mauvais ajustement et jeu 	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage du balancier
Corps	Blindage	Protéger l'intérieur du casing	<ul style="list-style-type: none"> • Usure 	<ul style="list-style-type: none"> • Contact charbon-blindage • Corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la durée de vie du broyeur
	Casing	contenir les composants du broyeur	<ul style="list-style-type: none"> • Usure 	<ul style="list-style-type: none"> • Contact charbon casing 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la durée de vie du broyeur
Table		Supporter la matière broyée	<ul style="list-style-type: none"> • Usure 	<ul style="list-style-type: none"> • Chocs • fatigue • corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la durée de vie du broyeur

1.4.2 Suspension hydraulique

Le tableau 3 représente la fonction de chaque élément de la suspension hydraulique, son mode de défaillance, ses causes et ses effets.

Tableau 3 : tableau AMDEC de la suspension hydraulique du broyeur

		AMDEC			
Sous ensemble	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets
Pompe	Carter	Assurer l'aspiration et le refoulement à haute pression du fluide	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de débit • manque d'huile • débit insuffisant 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture accouplement • Cassure ou usure des dents du système d'engrenages 	<ul style="list-style-type: none"> • Grippage d'engrenages • Diminution de la durée de vie du système • Arrêt de la machine
	Roues dentées				
	Arbre				
Distributeur		Distribuer l'huile au vérin	<ul style="list-style-type: none"> • Fuite • Colmatage • Arrêt de fonctionnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Coincement du tiroir • Bobine défectueuse • Obturation des orifices par les impuretés 	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage du cycle
Filtre		Assurer la propreté du fluide aspiré et refoulé	<ul style="list-style-type: none"> • Colmatage • Mauvais filtrage 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubrifiant non conforme • Détérioration du filtre • Fuite 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de la machine • Usure pompe
Réservoir		stocker le lubrifiant	<ul style="list-style-type: none"> • Oxydation • Disfonctionnement des capteurs de niveau 	<ul style="list-style-type: none"> • Huile dégradée 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuite • Mauvaise lubrification

Vérin	Piston	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage du vérin • Fuite interne ou externe 	<ul style="list-style-type: none"> • Usure du piston • Débit du fluide insuffisant • Usure des joints 	• Cycle désordonné
	Tige				
	Joint d'étanchéité				
Flexible d'alimentation		Assurer la canalisation entre l'installation et les récepteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Fissure • Déchirure 	• Vieillesse	• Cycle désordonné
Accumulateur	Vessie	stocker un certain volume de fluide sous pression pour le restituer en fonction des besoins	• Chute de pression	<ul style="list-style-type: none"> • Déchirure de la vessie • Dépassement de pression admissible 	
	Corps				
	Valve				

1.4.3 Partie commande :

Le tableau 4 représente la fonction de chaque élément de la partie commande, son mode de défaillance, ses causes et ses effets.

Tableau 4 : tableau AMDEC de la partie commande du broyeur

		AMDEC			
Sous ensemble	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets
Moteur	Rotor	Assurer le mouvement en rotation	• Blocage du moteur	• Fatigue	• Arrêt du moteur
	Stator	Créer un champ tournant	<ul style="list-style-type: none"> • Vibration • Bruit 	<ul style="list-style-type: none"> • Fatigue • Défaut 	• Détérioration des roulements

				d'alignement du moteur.	
	Roulements	Guider et supporter le rotor	<ul style="list-style-type: none"> • Usure • Cassure 	<ul style="list-style-type: none"> • Fatigue • Mauvais graissage 	<ul style="list-style-type: none"> • Echauffement • Vibration
Accouplement		Assurer la liaison entre l'arbre du moteur et l'arbre du réducteur	<ul style="list-style-type: none"> • Cassure • Vibration • bruit 	<ul style="list-style-type: none"> • Vieillesse • Défaut d'alignement des arbres 	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise liaison
Pompe de graissage	Carter	Assurer l'aspiration et le refoulement à haute pression du fluide	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de débit manque d'huile • débit insuffisant 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture accouplement • Cassure ou usure des dents du système d'engrenages 	<ul style="list-style-type: none"> • Grippage des engrenages • Diminution de la durée de vie du système
	Roues dentées				
	Arbre				
Filtre		Assurer la propreté du fluide aspiré et refoulé	<ul style="list-style-type: none"> • Colmatage • Mauvais filtrage 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubrifiant non conforme • Fuite • Détérioration du filtre 	<ul style="list-style-type: none"> • Disfonctionnement du circuit de graissage
Système réfrigérant		Refroidissement d'huile du réducteur	Tartre dans les conduites d'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Bouchage du système 	<ul style="list-style-type: none"> • Détérioration prématuré des composants du réducteur
Réducteur	Engrenages	Réduire la vitesse d'entraînement	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture • Usure 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépôt de sédiments 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt du broyeur
	Roulements		<ul style="list-style-type: none"> • Grippage 	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau 	

	Arbres		• Manque de graissage	d'huile insuffisante	
--	---------------	--	-----------------------	----------------------	--

1.5 Analyse AMDEC :

L'analyse AMDEC a été faite pour chaque élément du broyeur. L'évaluation de la criticité « C » est déterminée à partir des trois indicateurs suivants :

- F : la fréquence d'apparition d'une défaillance.
- G: la gravité de la défaillance.
- N : la probabilité de non détection de la défaillance. À valeur de « C » est obtenue par le produit des 3 notes.

$$C = F \times G \times N$$

Tableau 5 : grille de la cotation

	1	2	3	4
Gravité G	Temps d'arrêt inférieur à une heure	Temps d'arrêt entre une et 8 heures	Temps d'arrêt entre 8 et 16 heures	Temps d'arrêt supérieur à 16 heures
Fréquence F	Supérieur à un trimestre	Une défaillance par trimestre	une défaillance par mois	Une défaillance par semaine
Détection D	Visuelle	Détection après action du technicien	Détection difficile	Détection impossible

Les notes attribuées aux indicateurs fréquence, gravité, ainsi que la probabilité de détection de chaque sous-élément sont déterminés à partir des propositions du groupe de travail.

2. criticité et actions préventives :

Dans le cadre de notre projet nous avons été amené à agir sur tous les équipements du broyeur par des actions préventives afin d'appliquer la politique de l'entreprise qui vise le 0 panne. Pour proposer des actions préventives aux anomalies détectées par l'étude AMDEC, nous nous sommes basées sur le dossier du constructeur et les suggestions de l'équipe du travail, ensuite on a été amené à recalculer la criticité.

2.1 Corps du broyeur :

Le tableau 6 présente la criticité calculée de chaque élément du corps broyeur, l'action préventive proposée ainsi que la nouvelle criticité estimée après application de ces actions

Tableau 6 : calculs des criticités et actions préventives su corps broyeur

Elément		Criticité				Action prévue	Fréquence	Moyen	Nouvelle criticité			
		F	G	D	C				F	G	D	C
Galet	Arbre	2	3	3	18	Contrôle par ressuage	Semestrielle		2	3	2	12
						Contrôle par ultrasons	Semestrielle	Traducteur ultrason				
	Roulements de guidage	2	3	3	18	Visite pour détection d'un bruit anormal	Hebdomadaire		2	3	2	12
						Contrôle des roulements par thermographie infrarouge	Mensuelle	Camera thermique				
	Jupe	2	2	3	12	Relevé d'usure	Semestrielle	Gabarit	2	2	2	8
	Système d'étanchéité	2	2	4	16	Vérification du montage des joints et les conditions d'utilisation	A chaque arrêt		1	2	4	8
Remplacement des joints						A chaque arrêt						
Balancier	Corps du balancier	2	3	2	12	Respect des charges			1	3	2	6
	Chambre d'air barrage	3	4	2	24	Inspection visuelle	Journalière		2	4	2	16
						Inspection de l'intérieur du broyeur	Hebdomadaire					
Roulements de guidage	2	2	3	12	Contrôle de température	Mensuelle	Thermomètre à surface digital	2	2	2	8	

Corps	Blindage de protection	2	2	3	12	Relevé d'usure	mensuelle	Gabarit	2	2	2	8
	Casing	2	2	2	8	Inspection visuelle	mensuelle		2	2	1	4
Table		2	3	3	18	Inspection visuelle	Mensuelle	Gabarit	2	3	2	12
						Relevé d'usure	Semestrielle					

2.2 Suspension hydraulique :

Le tableau 7 présente la criticité calculée de chaque élément de la suspension hydraulique, l'action préventive proposée ainsi que la nouvelle criticité estimée après application de ces actions

Tableau 7 : calculs des criticités et actions préventives sur la suspension hydraulique

Elément	Criticité				Action prévue	Fréquence	Moyen	Nouvelle criticité			
	F	G	D	C				F	G	D	C
Pompe	2	2	2	8	Vidange	Systematique		1	2	2	4
					Visite pour détection du bruit	Semestrielle					
Distributeur	2	2	4	16	Contrôle de température de l'élément	Hebdomadaire	Thermo mètre à surface digital	2	2	3	12
Filtre	2	2	3	12	Vérification de l'encrassement du filtre	Trimestrielle		1	2	3	6
					Nettoyage	systematique					
					Remplacement	Systematique					
Réservoir	3	2	1	6	Prise d'échantillon	mensuelle		2	2	1	4

					pour analyse						
Vérin	2	3	3	18	Vérification visuelle d'absence des fuites au niveau des raccords des flexibles	Hebdomadaire		1	3	3	9
					Nettoyage de l'ensemble	trimestrielle					
Flexible d'alimentation	2	2	2	8	Remplacement	Systématique		1	2	2	4
Accumulateur	2	2	2	8	Respect de pression de gonflage	Systématique		1	2	2	4

2.3 Partie commande :

Le tableau 8 présente la criticité calculée de chaque élément de la partie commande, l'action préventive proposée ainsi que la nouvelle criticité estimée après application de ces actions.

Tableau 8 : calculs des criticités et actions préventives sur la partie commande du broyeur

Elément	Criticité				Action prévue	Fréquence	Moyen	Nouvelle criticité			
	F	G	D	C				F	G	D	C
Moteur	2	3	2	12	Graissage des roulements	systématique		1	3	2	6
					Nettoyage du ventilateur de refroidissement du moteur	Semestrielle					
Accouplement	2	3	2	12	Contrôle d'alignement par laser	Trimestrielle		1	3	2	6
					Analyse vibratoire	Trimestrielle	Analyseur des vibrations				
Pompe	2	2	2	8	Vidange de	Systématique		1	2	2	4

Graissage					pompe						
Filtre	2	2	2	8	Vérification d'encrassement	Mensuelle		1	2	2	4
					Nettoyage	Systematique					
					Remplacement	systematique					
Système réfrigérant	3	2	2	12	Vérification de la température	Hebdomadaire	Thermomètre à surface digital	2	2	2	8
					Nettoyage des conduites du système	Mensuelle					
Réducteur	2	3	3	18	Analyse des vibrations	Mensuelle	Analyseur de vibration	2	3	2	12

2.4 Synthèse :

Après avoir fixé les formes de défaillance pour chaque ensemble du broyeur. Les tableaux 6, 7 et 8 établis, résument toutes les actions à mener pour la maintenance préventive du corps du broyeur, de la suspension hydraulique et de la partie commande pour améliorer la criticité de chaque élément de ces derniers. Il permet également d'agir d'une façon organisée, et avec plus d'efficacité.

Conclusion :

Nous avons effectué notre stage de fin d'études au sein de l'entreprise LafargeHolcim usine de Meknès. Lors de ce stage de 2 mois nous avons pu mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant notre formation, de plus, nous sommes confrontées aux difficultés réelles du monde de travail et de management d'équipe.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études au bureau de méthodes, nous avons réalisé une étude statistique sur les différentes pannes de l'atelier charbon.

Le résultat de cette étude a montré que le broyeur est considéré comme la machine la plus critique vu que le broyage du coke est une étape essentielle dans la fabrication du ciment, alors que sa défaillance entraîne un arrêt de la production.

Pour analyser ce problème nous nous sommes basées sur la méthode AMDEC, pour minimiser les anomalies rencontrées et augmenter la disponibilité du broyeur nous avons proposé des actions préventives.

Malheureusement nous n'avions pas le temps pour mettre en place nos progrès pendant notre stage pour évaluer les performances du broyeur après mise en place des actions préventives suggérées.

En effet, ce stage nous a permis d'enrichir nos connaissances techniques, de s'intégrer dans le milieu industriel ainsi que la réactivité face aux problèmes rencontrés.

Au terme de ce travail, nous espérons que notre projet trouvera son application au sein de l'entreprise et qu'il satisfera leurs besoins.

Bibliographie :

- Cours de gestion de la maintenance « Pr.Chafi », Faculté des sciences et techniques de Fès, 2016-2017.
- Pratique de la maintenance « Jean Heng », Série gestion industrielle, Edition DUNOD.
- AMDEC-Guide pratique-2 édition « Gérard Landy »
- Document du constructeur « LOESCHE »

Webographie :

- <https://fr.wikipedia.org/wiki/LafargeHolcim>
- <http://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/controle/general/index.html>
- https://www.loesche.com/assets/PageContent/Data/Multimedia/Brochures/Cement-Raw-Material/pdf/156_loesche_mills_for_cement_raw_material_F.pdf