

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : DE GENIE MECANIQUE
N° :



DOMAINE : Sciences et Technologie.
FILIERE : Génie Mécanique.
OPTION : Maintenance Industrielle.

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: ESSAIDE Arbiha

Intitulé

**Application de l'A.M.D.E.C aux deux broyeurs
(a boulet et a galets) de LAFARGE M'sila**

Soutenu devant le jury composé de:

Nom et prénom des enseignants :

Mr. DAOUADARI .A	Université de M'sila	Président
Mr. BENDJAIMA .T	Université de M'sila	Rapporteur
Mr. MEDDAH .M	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 / 2017

Remerciement

Tout d'abord je remercie Allah le tout puissant qui m'a éclairé le bon chemin.

Je tient à exprimer ma profonde reconnaissance à Mr . Bendjaima Taieb qui fait le maximum d'effort pour me permettre d'accomplir ce travail dans des bonnes conditions.

Comme je présent mes remerciements également a tout l'équipe de LAFARGE de M'sila en particulier Messieurs : Mounir , Abderahamne ; Messaoud Mearzguia Ksentini .Djidel .

Et tous le personnel du département de Génie Mécanique et a tout ceux ont contribué de proche ou de loin à réaliser ce modeste travail.

A tous merci

Arbiha

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Ma chère mère et mon cher père que dieu les
protège mes frères et mes sœurs.*

Toute la famille (ESSAIDE)

Tous mes amis .

*Tous les enseignants qui m'ont aidé , et les
étudiants de Génie Mécanique, surtout les
étudiants de 2^{eme} année Master*

promotion

2016/2017.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

	Chapitre I	Page
I.1.	Introduction	01
I.2.	Historique Lafarge ciment	01
I.3.	Lafarge ciment usine de M'sila	01
I.3.1.	Présentation de l'usine ACC du M'sila	01
I.3.2.	Situation	01
I.3.3.	Investissement	02
I.3.4.	Création d'emplois	02
I .3.5.	Capacité	02
I .3.6.	Autres Caractéristiques	02
I .4.	Organigramme	03
I .5.	Procédé de fabrication du ciment	03
I .5.1.	Définition du ciment	03
I .5.2.	Composition du ciment	03
I .5.3.	Organigramme du procédé	04
I .6.	Différent types de ciment	04
I .7.	Les étapes de fabrication du ciment	05
I .7.1.	Exploitation de la carrière	05
I .7.2.	Concassage	05
I .7.3.	Echantillonnage	06
I .7.4.	Pré-homogénéisation (doseur)	06
I .7.5.	Broyage cru (verticale)	07
I .7.6.	Homogénéisation	08
I .7.7.	Cuisson	08
I .7.8.	Refroidissement	09

I .7.9. Broyage ciment (horizontale)	10
I .7.10. Ensachage et expédition	11
I .8. Conclusion	12

Chapitre II

	Page
II .1. Le Broyeur a boulet	13
II .1.1. Construction d'un broyeur a boulet	13
II .1. 2. Les éléments du broyeur a boulet	14
II .1. 2.1. La virole	14
II .1. 2.2. La goulotte d'entrée	15
II .1. 2.3. Les blindages d'entrée	16
II .1. 2.4. Blindages virole	16
II .1. 2.5. Engins broyant	17
II .1. 2.6. Les cloisons	18
II .1. 2.7. Grilles de décharge	18
II .1. 2.8. Paliers de broyeur	19
II .1. 2.9. Commande	20
II .1. 2.10. Pompes de lubrification	21
II .2. Broyeur a galet	22
II .2.1. Principe de fonctionnement du broyeur vertical	22
II .2.2. Les composants de broyeur a galet	23
II.2.2.1. Les galets du broyeur vertical	24
II.2.2.2. Le plateau de broyage	25
II.2.2.3. Le séchage	26
II.2.2.4. La séparation	27
II.2.2.5. Système d'injection d'eau	28
II.2.2.6. Système hydraulique	29
II.3. Conclusion	31

Chapitre III

	Page
III.1. Introduction	32
III.2. Généralité sur la maintenance	32
III.2.1. Définition et objectifs de la maintenance	32

III.2.2.	Les phénomènes précurseurs de pannes	32
III.2.3.	Types de maintenance	33
III.2.3.1.	La maintenance préventive	34
III.2.3.1.1.	Les opérations de maintenance préventive	34
III.2.3.1.2.	Types de maintenance préventive	34
III.2.3.2.	La maintenance corrective	35
III.2.3.2.1.	Types de maintenance corrective	35
III.2.4.	Niveaux de maintenance	35
III.2.5.	Coût de maintenance	37
III.3.	Moyens et techniques de la maintenance	37
III.3.1.	Fonction de la maintenance	37
III.3.2.	Notions fondamentales	37
III.3.2.1.	Définition	37
III.3.2.2.	Méthodes et approches du diagnostic	39
III.4.	Présentation de MAXIMO	40
III.4.1.	Mise en place de MAXIMO	41
III.4.2.	Objectifs	41
III.4.3.	Modules de MAXIMO	42
III.5.	Conclusion	43

Chapitre IV

	Page	
IV.1.	Introduction	46
IV.2.	Définition de l'AMDEC : afnor (norme x-510)	46
IV.3.	Principes de base	46
IV.4.	Les différents types d'AMDEC et leur objectif	46
IV.5.	Le but d'étude AMDEC-MACHINE	47
IV.6.	Démarche pratique de L'AMDEC-MACHINE	47
IV.6.1.	Etape 1 : Initialisation	48
IV.6.2.	Etape 2 : Décomposition fonctionnelle	48
IV.6.2.1.	But	48
IV.6.2.2.	La phase de découpage du système	48
IV.6.3.	ETAPE 3 : ANALYSE AMDEC	49

IV.6.4. Etapes 4 : synthèses	52
Application de l'AMDEC sur broyeur a boulet	51
Application de L'AMDEC sur broyeur a galet	53
Conclusion général	
Annexe	
Bibliographie	
Résumé	

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de Lafarge ciment		Page
Tableau I.1.	Les symboles utilisés dans l'industrie du ciment.	03
Tableau I.2.	pourcentage des ajouts selon le type de ciment.	10
Chapitre III :Généralité sur maintenance		Page
Tableau III.1.	Les Niveaux de maintenance.	36
Chapitre IV : Application de l'AMDEC aux deux broyeurs		Page
Tableau IV.1.	Les types de l'AMDEC.	45
Tableau IV.2.	Tableau de fréquence.	47
Tableau IV.3.	Tableau de gravité.	48
Tableau IV.4.	Tableau de non détection.	48
Tableau IV.5.	Niveau de criticité	49

LISTE DES FIGURES PAR CHAPITRE:

Chapitre I: Présentation de Lafarge ciment		Page
Figure I. 1 :	Situation géographique de Lafarge M'sila	02
Figure I. 2 :	Organigramme de Lafarge M'sila	03
Figure I. 3 :	Les étapes de fabrication du ciment.	04
Figure I. 4 :	Exploitation de la carrière.	05
Figure I. 5 :	Concassage.	06
Figure I. 6 :	Pré-homogénéisation.	07
Figure I. 7 :	Broyage cru (vertical).	08
Figure I. 8 :	Zone cuisson.	09
Figure I. 9 :	Refroidisseur.	09
Figure I.10 :	Broyage ciment.	10
Figure I.11:	Ensachage et expédition.	11
Chapitre II : Description des deux broyeurs		Page
Figure II.1:	Le broyeur a boulet.	13
Figure II.2:	Le broyeur à boulet.	14
Figure II.3:	La virole.	15
Figure II.4:	Les portes de visite du broyeur.	15
Figure II.5:	La goulotte d'entrée.	16
Figure II.6:	Blindage.	16
Figure II.7:	Blindages virole.	17
Figure II.8:	Compartiment vide.	17
Figure II.9:	Le Cloisons.	18
Figure II.10:	Grilles de décharge.	19
Figure II.11:	Les patins.	19
Figure II.12:	Les tourillons	20
Figure II.13:	Commande.	20
Figure II.14:	Pompes de lubrification.	21
Figure II.15:	Injection d'eau.	21
Figure II.16:	L'ensemble du broyeur vertical (cru) .	23

Figure II.17:	galet du broyeur vertical.	24
Figure II.18:	Le plateau de broyage.	25
Figure II.19:	Mouvements des galets sur le plateau.	25
Figure II.20:	Position de tiroir de réglage pour l'anneau de buse.	26
Figure II.21:	Circuit interne de la matière.	27
Figure II.22:	Séparateur dynamique.	28
Figure II.23:	Injection de l'eau en amont du galet.	29
Figure II.24:	Système hydraulique tirant un train de galet.	30

Chapitre II :I Généralité sur maintenance

Page

Figure III.1:	types de maintenance.	33
Figure III.2:	champs d'application du diagnostic.	38
Figure III.3:	Les différentes étapes du diagnostic industriel	40
Figure III.4:	Présentation de logiciel MAXIMO.	41

Chapitre IV : Application de l'AMDEC aux deux broyeurs

Page

Figure IV.1:	Découpage du système sous forme arborescente.	47
---------------------	---	----

Introduction Général

Depuis le début de l'agriculture (8000 avant JC), l'homme a commencé des activités de réduction de taille de particules. Les poudres sont utilisées par l'homme comme une des formes principales de la valorisation industrielle des minéraux. L'application de ces poudres est très variée, on peut constater deux grands domaines principaux : les matériaux de construction (ciments, chaux, plâtres, bétons, etc.) et l'utilisation comme charge (peintures, pigments, produits pharmaceutiques, etc).

Les premiers humains ont pilonné des grains et des noix avec des pierres pour libérer les parties intérieures comestibles des coquilles de protection rigide. C'est la première conscience du broyage. L'existence de l'ensemble du mortier et du pilon en fait le premier outil de la procédure du broyage, ce type de moulin est encore utilisé dans beaucoup de pays traditionnels pour des préparations culinaires domestiques plus délicates. La première activité du broyage visant à des particules très fines est le broyage de pigments. Il y a plus de 40 000 ans, les aborigènes australiens extrayaient des ocres de haute qualité à partir de dépôts d'oxyde de fer et les broyaient en poudre avec des pierres pour une utilisation cosmétique, et de décoration (peintures rupestres). Comme la population du monde ne cesse d'augmenter, la demande de conversion de matières premières en produits tels que les médicaments, les minéraux et pigments devient de plus en plus importante. En même temps, la demande de la finesse de particules entraînent l'amélioration de la machine du broyage .

Notre mémoire est présenté en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous exposons « présentation de l'entreprise (LAFARGE) »

Le deuxième chapitre est « description des deux broyeurs »

Dans le troisième chapitre nous avons « généralité sur maintenance »

Dernier chapitre « application de l'AMDEC aux deux broyeurs »

I.1. INTRODUCTION :

Le ciment est un produit qui porté a une température de 1450 ° , avec un mélange de calcaire et d'argile. Nous donne des nodules durs appelés clinker. Le clinker additionné a du gypse est broyé très finement pour obtenir le ciment « portland ». l'ajout au clinker, lors de son broyage, d'autres élément minéraux, permet l'obtention des déférentes catégories de ciments « à ajouts » . mélangé à des granulats, de sable, des adjuvants et de l'eau, le ciment est l'élément de base indispensable pour la fabrication du béton, dont il est le composant actif. C'est pourquoi il est aujourd'hui l'élément essentiel et incontournable du secteur de la construction contemporaine et donc du monde moderne.

I.2. HISTORIQUE LAFARGE CIMENT :

Créée en 1833, en Ardèche, par la famille Pavin de Lafarge afin de produire de la chaux, la Société dirigée par Bertrand Colomb est aujourd'hui devenue un groupe internationalisé qui se positionne au premier rang mondial des producteurs de ciment.et contribue largement dans la participation à des grands chantiers internationaux, notamment la construction du canal de Suez ou l'édification du bâtiment abritant la bourse américaine à Wall Street.

LAFARGE groupe occupe la position de premier plan dans toutes les activités liées à la construction, leader mondial du ciment et des granulats, et numéro trois mondial du béton et du plâtre. Le groupe est présent dans 76 pays avec 90000 collaborateurs et 2000 sites industriels dans le monde. En 2008, le groupe a affiché un chiffre d'affaires de 17,6 milliards d'euros et 1.9 milliards d'euros de résultats nets [1] .

I.3 LAFARGE CIMENT USINE DE M'SILA :

I.3.1 PRESENTATION DE L'USINE LAFARGE DU M'SILA :

C'est une usine installée en Algérie, particulièrement à M'sila par le groupe égyptien ORASCOM en 2002 Lafarge, sous le nom : ALGERIAN CEMENT COMPAGNY (ACC), en 2008 elle a été racheté par le groupe français LAFARGE, en 2015 une fusion a été faite avec le groupe suisse Holcim, pour devenir groupe LafargeHolcim.

I.3.2 SITUATION :

Sis Hammam Dalaa, wilaya de M'sila .

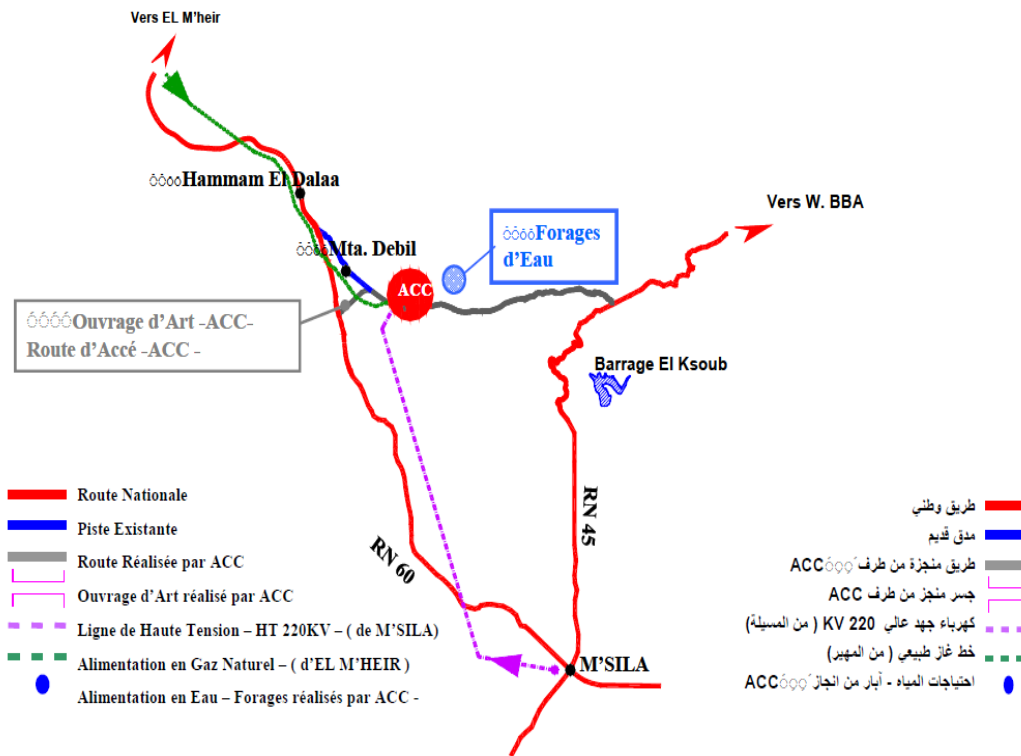


Figure (I.1) : Situation géographique de Lafarge M'sila.

I.3.3 INVESTISSEMENT :

- ✓ 1^{ere} ligne complète : 260 millions \$ US .
- ✓ 2^{eme} ligne complète : 190 millions \$ US .

Total : 450 millions \$ US .

I.3.4 CREATION D'EMPLOIS :

- ✓ 1ere ligne complète : 800 Emplois .
- ✓ 2éme ligne complète : 200 Emplois .

Total : 1000 Emplois.

I.3.5 CAPACITE :

L'usine comporte deux lignes de production d'une capacité de :

- ✓ 1ere ligne : initialement 2 millions de tonnes\An , actuellement 2.5 m t/an.
 - ✓ 2eme ligne : initialement 2 millions de tonnes\An , actuellement 2.5 m t/an.
- Soit : 5 millions de tonnes \An.

I.3.6 AUTRES CARACTERISTIQUES:

ACC peut être classé parmi les plus modernes cimenteries sur le plan international par :

- ✓ Un contrôle moderne, systématique et permanent de la qualité.
- ✓ Une optimisation pour la consommation d'énergie.

- ✓ Un contrôle systématique de la pollution.
- ✓ Une sécurité industrielle performante.
- ✓ Centralisation de la commande et de la conduite de toute l'usine [1] .

I.4. ORGANIGRAMME :

La situation de l'usine suite l'organigramme suivant :

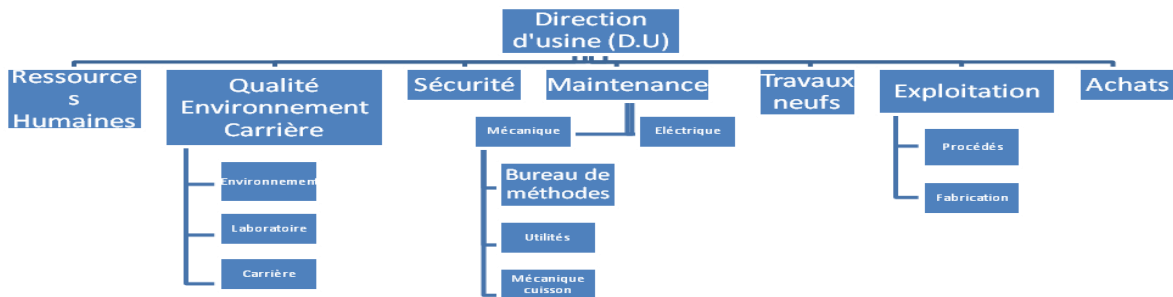


Figure (I.2) : Organigramme de Lafarge M'sila .

I.5. PROCEDE DE FABRICATION DU CIMENT :

I.5.1 . DEFINITION DU CIMENT :

Le ciment est un liant hydraulique constitué d'une poudre minérale, d'aspect grisâtre, obtenue par broyage et cuisson à 1450 °C d'un mélange de calcaire et d'argile . Le produit de la cuisson, appelé clinker, forme une combinaison de chaux, de silice, d'alumine et d'oxyde ferrique.

I.5.2 . COMPOSITION DU CIMENT :

Les symboles utilisés dans l'industrie du ciment sont :

Symboles de l'industrie du ciment	Symboles chimiques	compositions
C	CAO	Chaux
S	SiO ₃	Silice
A	AiO ₃	Alumine
F	Fe ₂ O ₃	Oxyde de fer

Tableau (I.1) : Les symboles utilisés dans l'industrie du ciment.

I.5.3. ORGANIGRAMME DU PROCEDE :

Il existe deux lignes de productions du ciment à la cimenterie LAFARGE de M’sila qui sont presque identiques du point de vue construction. Le type de procédé qui est utilisé à l’usine est la voie sèche dont on fabrique un cru en sec (poudre) qui est introduit dans une tour de préchauffage , de la carrière à l’ensachage la matière première du ciment suit des étapes différentes qui sont des transformations physique et chimique , selon les l’organigramme ci-dessous qui résume les différentes étapes pour Les deux lignes de production à l’usine M’sila.

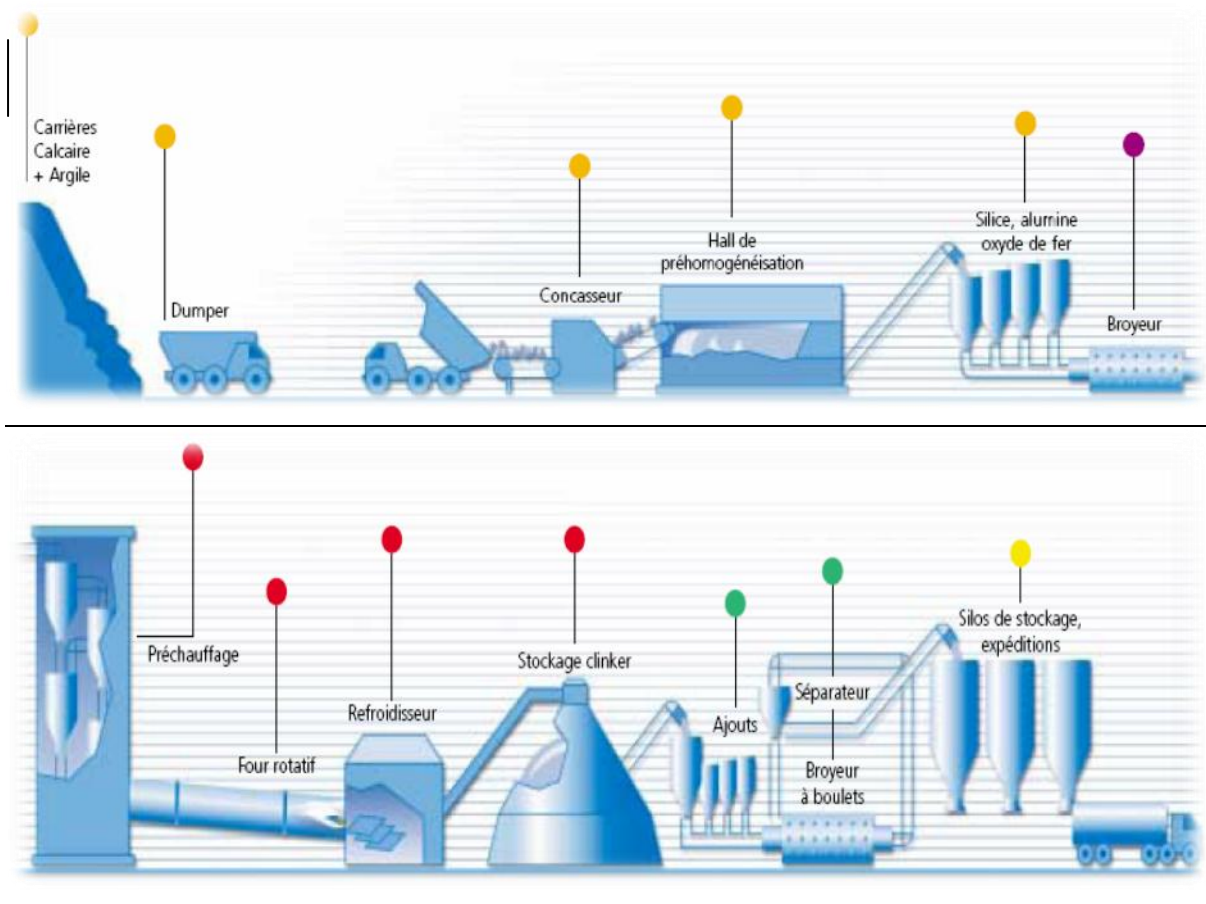


Figure (I.3) : Les étapes de fabrication du ciment.

I.6. DIFFERENT TYPES DE CIMENT :

Il y a trois types de ciment sont produit au niveau des fabricants Lafarge M’sila :

- a)- **Chamel** (شامل) ciment à usage courants .
- b)- **Matine** (متين) ciment pour biton exigeant .

c)- **Mokaouem** (مقاوم) ciment résistant aux sulfates .

D)- **Saree** (سريع) pour les besoins urgentes.

I.7. LES ÉTAPES DE FABRICATION DU CIMENT :

Avant d'obtenir du ciment, la matière première passe par diverses étapes de transformation physico-chimiques de l'extraction jusqu'à l'expédition.

I.7.1 EXPLOITATION DE LA CARRIERE :

LAFARGE ciments M'sila exploite une carrière proche à l'usine , qui fournit deux matières premières : le Calcaire et l'argile .

L'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif. Il consiste à fragmenter le massif exploité à l'aide d'explosifs comme on peut le voir.



Figure (I.4) : Exploitation de la carrière.

I.7.2. CONCASSAGE :

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie de la matière première en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm). Elle assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière (calcaire et schiste) . En effet, le calcaire et l'argile transportés par les camions sont déchargés dans une trémie qui est reliée à un alimentateur à vitesse variable qui permet de réguler le débit d'alimentation [1].

Les matières concassées sont ensuite stockées par qualités dans le hall de stockage de l'usine.



Figure (I.5) : Concassage.

I.7.3. ECHANTILLONNAGE :

C'est une étape essentielle entre le concassage et l'opération de broyage . Elle a pour but de déterminer et de réaliser un pré dosage des quatre constituants de base de cru (chaux , silice , alumine et fer) qui assurera la composition correcte et donc la qualité du produit fini . A partir d'analyses de routine effectuées sur des échantillons prélevés périodiquement sur le circuit de matière provenant des concasseurs , le laboratoire de l'usine précise les quantités de chaque composant et définit ainsi la constitution de la pré-homogénéisation [1] .

I.7.4. PRE-HOMOGENEISATION (DOSEUR) :

Après concassage, la matière crue présente toujours des fluctuations importantes dans sa composition, c'est pourquoi elle est introduite dans une tour d'échantillonnage puis stockée dans l'installation de pré homogénéisation. Les matières premières composant le clinker ont une composition chimique déterminée. Le laboratoire de contrôle de l'usine définit la composition optimale de chaque constituant, il fixe alors les proportions de correction afin de s'approcher de la composition recherchée. La correction se fait donc par les quatre trémies de dosage :

- ✓ Doseur du mélange calcaire + argile .
- ✓ Doseur de calcaire riche dont la fonction permet la correction de la matière provenant du mélange quand son titre en CaCO_3 est faible.
- ✓ Doseur de sable dont la fonction permet la correction d'un manque de Silice SiO_2 .

- ✓ Doseur de fer- dont la fonction permet la correction d'un manque d'Oxyde de fer Fe_2O_3 [1].
- ✓ La matière dosée est acheminée vers le broyeur du cru.



Figure (I.6) : Pré-homogénéisation.

I.7.5. BROYAGE CRU (VERTICALE) :

Les matières premières doivent être finement broyées pour faciliter les réactions chimiques au cours de la cuisson dans le four. Dans le broyeur à galets, les matières premières sont séchées par les gaz du four et broyées simultanément pour obtenir la farine cru . La composition chimique de cette dernière est analysée à partir d'échantillons prélevés automatiquement chaque heure et corrigée de manière continue par variation des proportions des différentes composantes sur les doseurs.

La farine crue finement broyée est séparée dans un électro -filtre, dans lequel les gaz du four sont dépoussiérés en même temps. Elle est transportée par voie pneumatique vers les 7 cellules de mélange qui sont remplies l'une après l'autre. Pour obtenir un effet d'homogénéisation, leur contenu est vidé simultanément dans un grand silo à farine crue d'une capacité de 20 000 t [1].



Figure (I.7) : Broyage cru (vertical).

I.7.6. HOMOGENEISATION :

A la suite du broyage et après séparation, les matières premières sont transformées en une poudre très fine appelée dans le jargon cimentier « Farine ». Cette farine doit présenter une composition chimique aussi constante que possible. Ces matières premières sont acheminées vers des silos dans lesquelles elles sont homogénéisées.

L'opération d'homogénéisation complète le processus de pré homogénéisation préalable, elle permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques uniformes qui permettent la fabrication d'un clinker de qualité constante. La préparation de la matière première est maintenant achevée.

I.7.7. CUISSON :

A partir de ce silo, la farine homogénéisée est transportée par voie pneumatique vers l'échangeur de chaleur. Dans celui-ci, elle est réchauffée et partiellement décarbonatée en contre-courant par les gaz chauds du four. Après avoir traversé plusieurs étages de cyclones, la farine chauffée à plus de 850 °C, entre dans le four rotatif incliné. Sous l'effet de la rotation et de l'inclinaison, elle est véhiculée vers la zone de cuisson où elle est transformée sous

Fusion partielle à une température de 1450 °C en clinker de ciment. La haute température est produite par combustion de gaz [1].



Figure (I.8) : Zone cuisson.

I.7.8. REFROIDISSEMENT :

Il est situé à l'aval du four, c'est un refroidisseur à grilles horizontales au nombre de deux à commande hydraulique. Le refroidissement est assuré par onze ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage.

Le refroidisseur a un triple rôle :

- ✓ Refroidir le clinker qui sort du four.
- ✓ Récupérer le maximum de chaleur contenu dans le clinker.
- ✓ Assurer la trempe de clinker par un refroidissement énergétique et rapide.



Figure (I.9) : Refroidisseur.

I.7.9. BROYAGE CIMENT (HORIZONTALE) :

Après son refroidissement, le clinker est broyé très finement avec les adjuvants éventuels, dans des broyeurs à boulets rotatifs. La chaleur à l'intérieur du broyeur est d'environ 100 à 110°C. L'atelier de broyage du ciment comprend quatre broyeurs alimentés chacun par 4 trémies munies des doseurs. Ces trémies comprennent chacun un type d'ajout, dont le débit dépend du pourcentage déterminant les caractéristiques physicochimiques voulues du ciment. Ces ajouts ont pour rôle de :

- ✓ Diminuer le pourcentage du clinker.
- ✓ Diminuer le coût de fabrication tout en gardant les caractéristiques requises.
- ✓ Donner une bonne coloration au ciment.

Les pourcentages des ajouts en fonction du type de ciment voulu :

Généralement les ajouts définissent le type de ciment, ainsi en aura :

	CLINKER	CALCAIRE	GYPSE
Cpj35	62%	32%	6%
Cpj45	80%	14%	6%
Cpj55	89%	5%	6%

Tableau (I.2) : pourcentage des ajouts selon le type de ciment.

Le ciment broyé est véhiculé par l'aérogليسeur vers l'élévateur à godets qui l'achemine au séparateur dynamique. A ce niveau est faite la séparation granulométrique du ciment suivant la finesse. Le produit grossier est recyclé dans le broyeur, tandis que les fines (produit fini) sont envoyées dans des silos de stockage en béton armé avant d'être ensachées et expédiées [1].



Figure (I.10) : broyage ciment

I.7. 10. Ensachage et expédition :

Le ciment prêt à l'emploi est transféré vers des silos de stockage du ciment . Suivant la demande du client , le ciment est livré soit en vrac soit en sacs .

✓ Livraison en vrac : les véhicules à citerne sont placés sur un pont bascule sous une tête de chargement télescopique est adaptée à l'ouverture de la citerne et un système de commande contrôle le chargement. Il existe un poste de livraison en vrac.

Livraison en sac : des sacs de poids net égale à 50 Kg sont mis vides dans des ensacheuses permettant leur remplissage par le ciment . Les sacs du ciment sont dirigés par la suite pour une étape de chargement dans les camions à l'aide d'un robot formé d'une tête de chargement équipée de ventouses (une par sac) qui transfère sur la plateforme du camion les couches de sacs [1] .



Figure (I.11) : Ensachage et expédition.

1.8. Conclusion

L'étude bibliographique démontre que le ciment est un mélange de calcaire et d'argile multi minéral complexe utilisé de manière quasi universelle dans la formulation des bétons. Les nombreuses variétés d'additifs permettent d'obtenir des matériaux aux applications multiples et aux performances exceptionnelles. La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production, des contrôles rigoureux et continus de la qualité.

Dans ce chapitre on va présenter l'étude et la description de deux broyeurs disponibles ou niveaux de Lafarge M'sila.

II.1. LE BROYEUR A BOULET :

On sait que précédemment que le type du broyeurs à boulets le plus utilisés dans le broyage du clinker, c'est celui parce que ce type est utilisés pour le broyage fin.

Il existe quatre broyeurs du clinker qui possède les caractéristiques suivantes :

- ✓ Diamètre du tambour intérieur = 4,8 m.
- ✓ Longueur du tambour = 10,115 m.



Figure (II.1) : Broyeur à boulets.

II.1.1. CONSTRUCTION D'UN BROYEUR A BOULET :

Les broyeurs à boulets (**Figure II.2**) sont formés d'un tambour cylindrique (1) avec les supports (2) et (3), composées de deux paliers à roulements (4) sur lesquelles s'appuie le tambour [2].

Le tambour possède un revêtement interne (**blindage**) en plaques d'acier (5), dans lequel à l'intérieure du tambour il y a des boules en acier de différents diamètres de 25 à 90 mm.

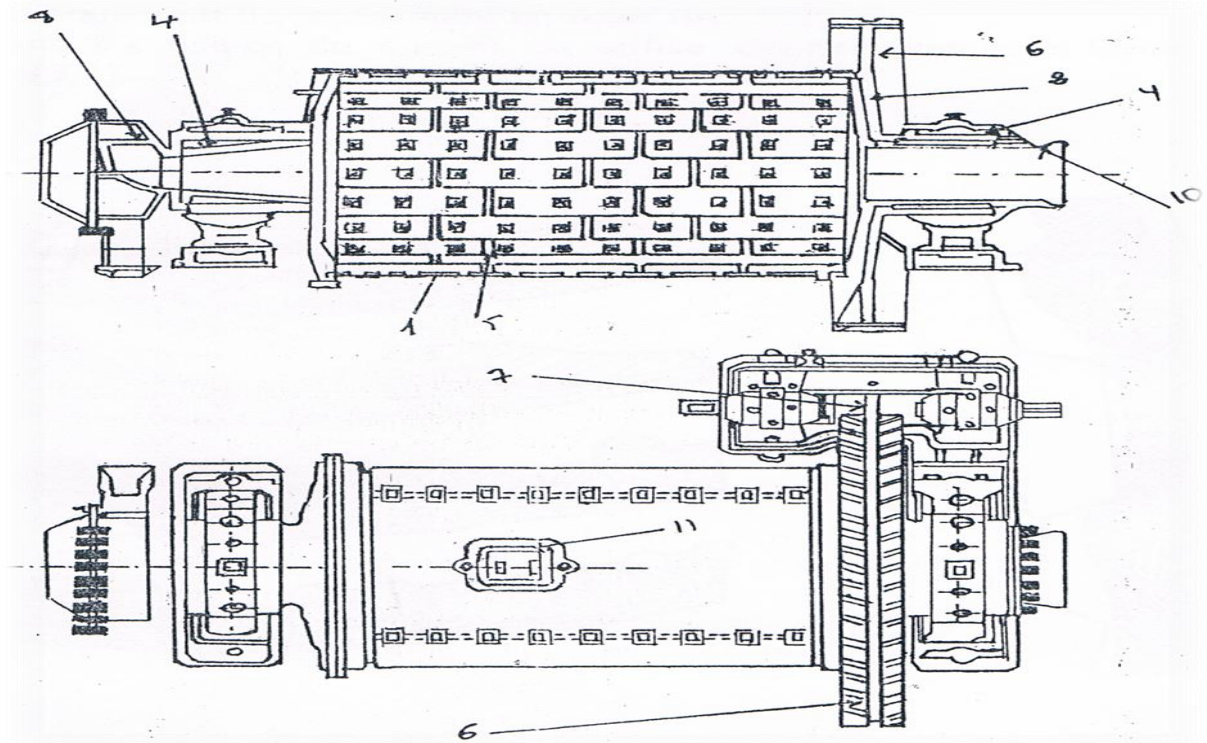


Figure (II .2) : Broyeur à boulets.

La rotation du tambour est transmise par le moteur électrique suivant le pignon (7) qui repose sur l'arbre (6).

Les matériaux d'alimentation passent en premier sur l'alimentateur (8) de l'entonnoir (9), Les matériaux broyés se déchargent par l'entonnoir (10).

Le tambour est construit de plaques épaisses d'aciers soudées, dans les broyeurs de petites dimensions qui possèdent l'entonnoir de déchargement. Les broyeurs possèdent des fenêtres (ouverture) de vérification (11).

II .1. 2. Les Eléments du broyeur à boulet :

Il existe plusieurs types en fonction de leur utilisation :

II .1. 2.1. La virole :

La virole est la structure supportant les éléments internes comme les blindages et la cloison et la couronne externe, les trous percés dans la virole servent à fixer les blindages et la cloison.

Les trois trous percés dans la virole servent à fixer les blindages et la cloison.



Figure (II .3) : La virole.

Les portes de visite du broyeur :

Elles donnent accès au broyeur pour les visites, la maintenance et les réfections de la charge. Le parti de la virole entourant les portes est plus épais que le reste de la virole .Elle est conçue pour accepter l'augmentation des contraintes mécaniques.



Figure (II.4) : Les portes de visite du broyeur.

II .1. 2.2. La goulotte d'entrée :

Elle dirige la matière (et les rejet du séparateur) dans le 1er compartiment du broyeur .

Elle équipée pour résister à l'usure.

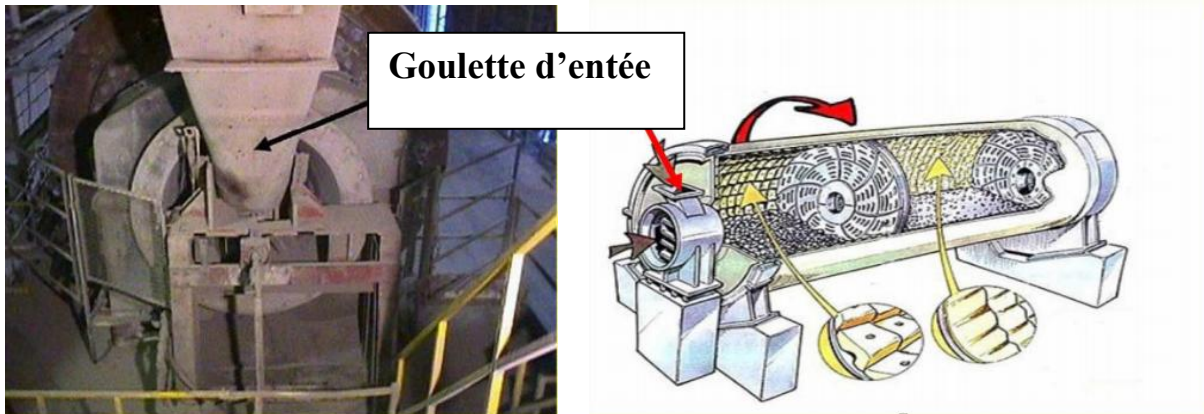


Figure (II .5) : La goulotte d'entrée.

II .1. 2.3. Les blindages d'entrée :

Ce sont des blindages d'usure amovibles placés sur fond d'entrée du 1er compartiment. Ils protègent le fond d'entrée et la virole des chocs, des contraintes et de l'usure. Ce sont des blindages d'usure remplaçables placés sur la virole.

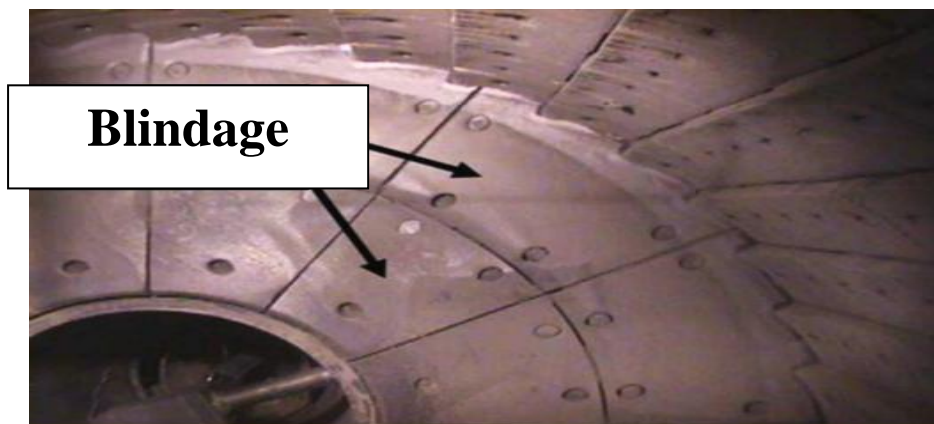


Figure (II .6) : Blindage.

II .1. 2.4. Blindages virole :

Ce sont des blindages d'usure remplaçable sur la virole .Il protègent la virole des chocs , des contraintes et de l'usure .Selon leur emplacement et leur conception ils ont une forme spéciale destinée à optimiser la remontée ou le classement de la charge afin d'augmenter l'efficacité du broyage .

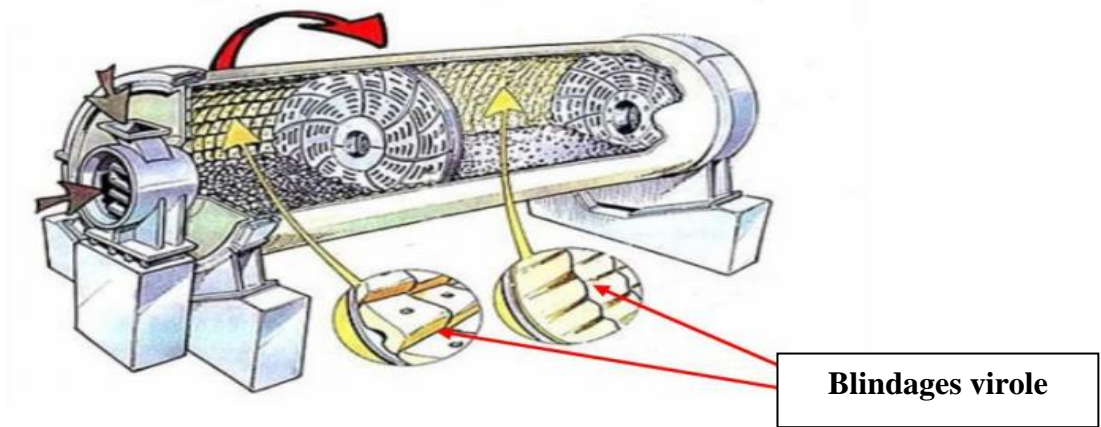


Figure (II .7) : Blindages virole.

II .1. 2.5. Engins broyant :

Il faut toujours adapter la taille des boulets à la granulométrie de la matière pour maintenir la production à son meilleur niveau :

- ✓ Trop petit, pas assez d’inertie pour briser la matière .
- ✓ Trop gros, le nombre de points de contact entre les boulets et la matière diminue

Les gros boulets se trouve dans le premier compartiment et les petits dans le second compartiment [6].

Chargement du broyeur :

Exemple d’un compartiment vide.



Figure (II .8. a) : compartiment vide .

Exemple d’un compartiment trop plein



Figure (II .8. a) : compartiment trop plein

II .1. 2.6. Les cloisons :

Elles séparent le broyeur en différents compartiment :

- ✓ Autorisent des charges différentes dans chaque compartiment
- ✓ Permettent de contrôler le flux de la matière d'un compartiment.

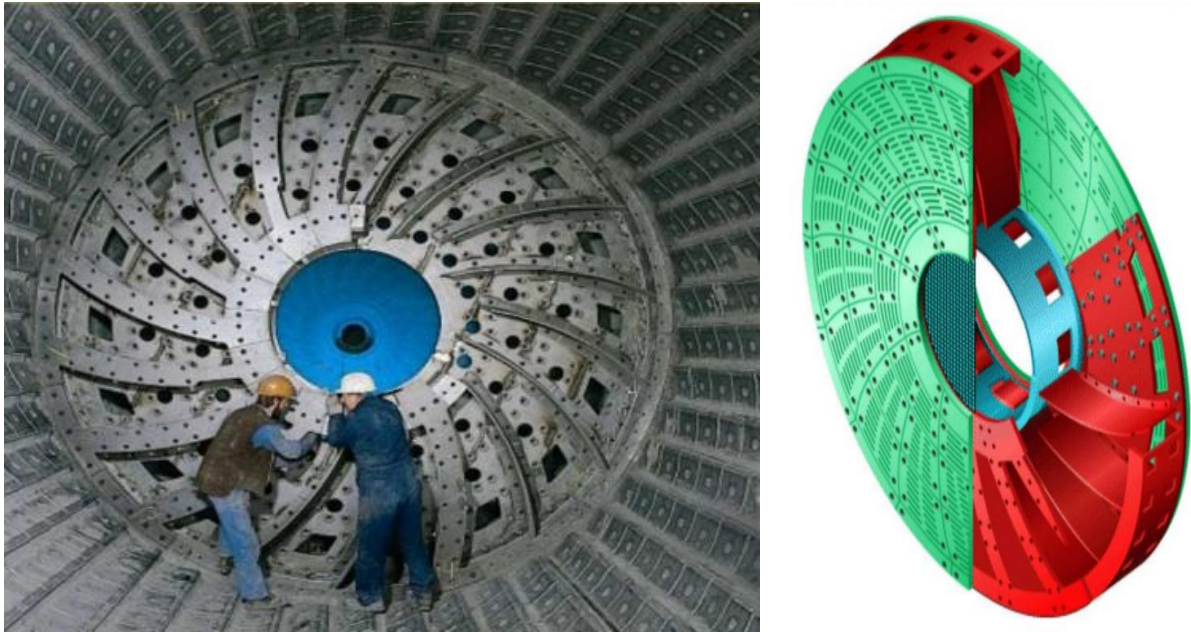


Figure (II .9) : Le Cloisons .

Il existe plusieurs types de cloison pleine

- ✓ Double cloison pleine.
- ✓ Double cloison avec anneau central ajustable.
- ✓ Double cloison avec écopés ajustables.

II .1. 2.7. Grilles de décharge :

Elles possèdent des blindages amovibles résistants à l'usure avec des lumières retenant la matière dans le compartiment jusqu'à ce qu'elle soit assez fin pour passer au travers.

Les lumières se caractérisent par leur double forme évasée (les particules et les fragments de matière ne resteront pas coincés).

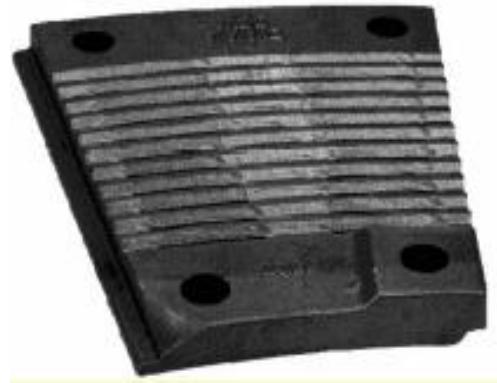


Figure (II .10) : Grilles de décharge.

II .1. 2.8. Paliers de broyeur :

Il y a deux types de paliers [7]:

a) A patins :

- paliers à patins pour petits broyeurs

(conception avec deux coussinets) .

- Patins pour gros broyeurs

(conception avec quatre coussinets) .



Figure (II .11) : Les patins.

b) Les tourillons :

Les tourillons sont du type a coussinets en deux parties dans lesquels repose le bout darbre du tombeur.



Figure (II .12) : Les tourillons

II .1. 2.9. Commande :

Ensemble des éléments électriques et mécaniques nécessaires pour fournir la force motrice au broyeur. dans le groupe LAFARGE, la gamme de puissances de broyeurs va de 200 KWh pour petits broyeur, à 800 KWh pour les plus gros broyeur .

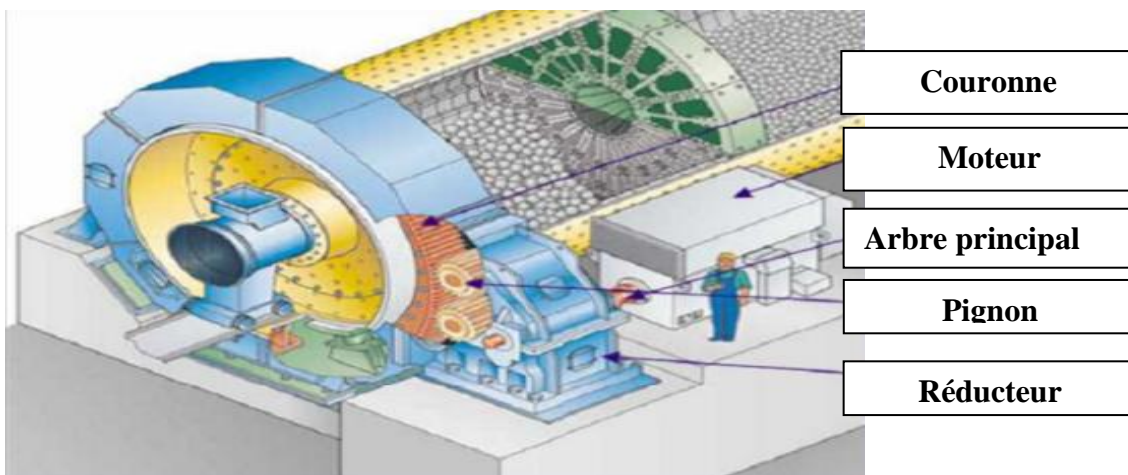


Figure (II .13) : Commande.

La vitesse du broyeur est fixe et calculée en fonction de la charge pour atteindre le plus haut point de libération, afin d'obtenir le maximum d'énergie.

II .1. 2.10. Pompes de lubrification :

Pompes paliers-utilisées pour soulever le tourillon ou la fusée du broyeur sur la piste de roulement

Pompe haute pression et basse pression :

Haute pression : utilisée pour soulever le broyeur au dessus des coussinets durant le démarrage

Basse pression : utilisée pour alimenter la fusée avec un débit constant pour former un film d'huile

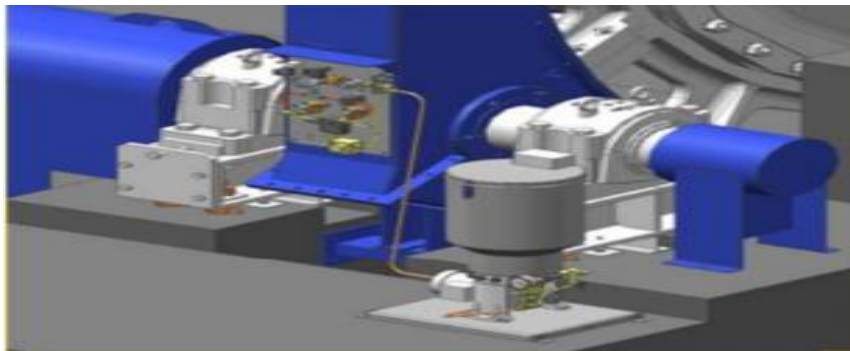


Figure (II .14) : Pompes de lubrification.

Injection d'eau :

Quand le refroidissement du n'est pas suffisant, une injection d'eau utilisée pour faire baisser la température du ciment.



Figure (II.15) : Injection d'eau.

II .2. BROYEUR A GALET :

II.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU BROYEUR VERTICAL :

Cet atelier est composé essentiellement du broyeur cru, il commence de l'extraction de la matière des trémies d'alimentation jusqu'à son stockage dans les silos d'homogénéisation, en tenant compte de l'ensemble du système de filtration des gaz ainsi que le circuit aéraulique du broyeur.

Le broyeur à galets intègre trois opérations dans une unité:

- ✓ le broyage.
- ✓ le séchage.
- ✓ la séparation.

Il fonctionne suivant le processus ci-dessous :

Le broyeur de matières premières utilise la pression et le cisaillement généré entre les galets et la table tournante pour écraser et broyer les matières première .la matière d'alimentation est dirigé sur la table de broyage par la goulotte d'alimentation. La rotation de la table de broyage accélère le matériau vers la piste de broyage et le passe sous les rouleaux. Plus grandes bosses matériau plus grossier et tombe à travers l'anneau de tuyère - et qui est éventuellement recyclé dans l'entrée de matière d'alimentation.

Un flux de gaz chaud arrivant par le bas à travers l'anneau entraîne la matière et la transporte entièrement ou partiellement au séparateur installé au-dessus de la chambre de broyage (circuit interne). En même temps il sèche la matière.

Humidité s'évapore presque immédiatement que le courant de gaz transporte la portion plus fine du matériau dans le séparateur.

Le séparateur sépare la matière contenue dans le flux gazeux en produit fini et gruaux. Les gruaux retombent au centre de la table de broyage. Le produit fini est extrait avec le flux gazeux.

L'effort nécessaire au broyage de la matière est généré par un système hydraulique (trois vérins hydrauliques) qui permet un réglage en continu de la pression, en vue d'adapter l'effort de broyage à l'état d'exploitation du broyeur. Les vérins hydrauliques garantissent une

Introduction de force identique dans les galets par l'intermédiaire de tirants, en conservant une mobilité maximale [1].

Le carter contient une grande porte qui permet un accès facile à l'intérieur pour les travaux d'entretien.

II.2.2. LES COMPOSANTS DE BROYEUR A GALET :

Le broyeur cru (**Figure II.1**) se compose essentiellement de [4]:

- Moteur principale.
- Galets avec bandage.
- L'ensemble Vérin hydraulique avec deux accumulateurs.
- Goulotte d'alimentation.
- Piste de broyage.
- Séparateur.

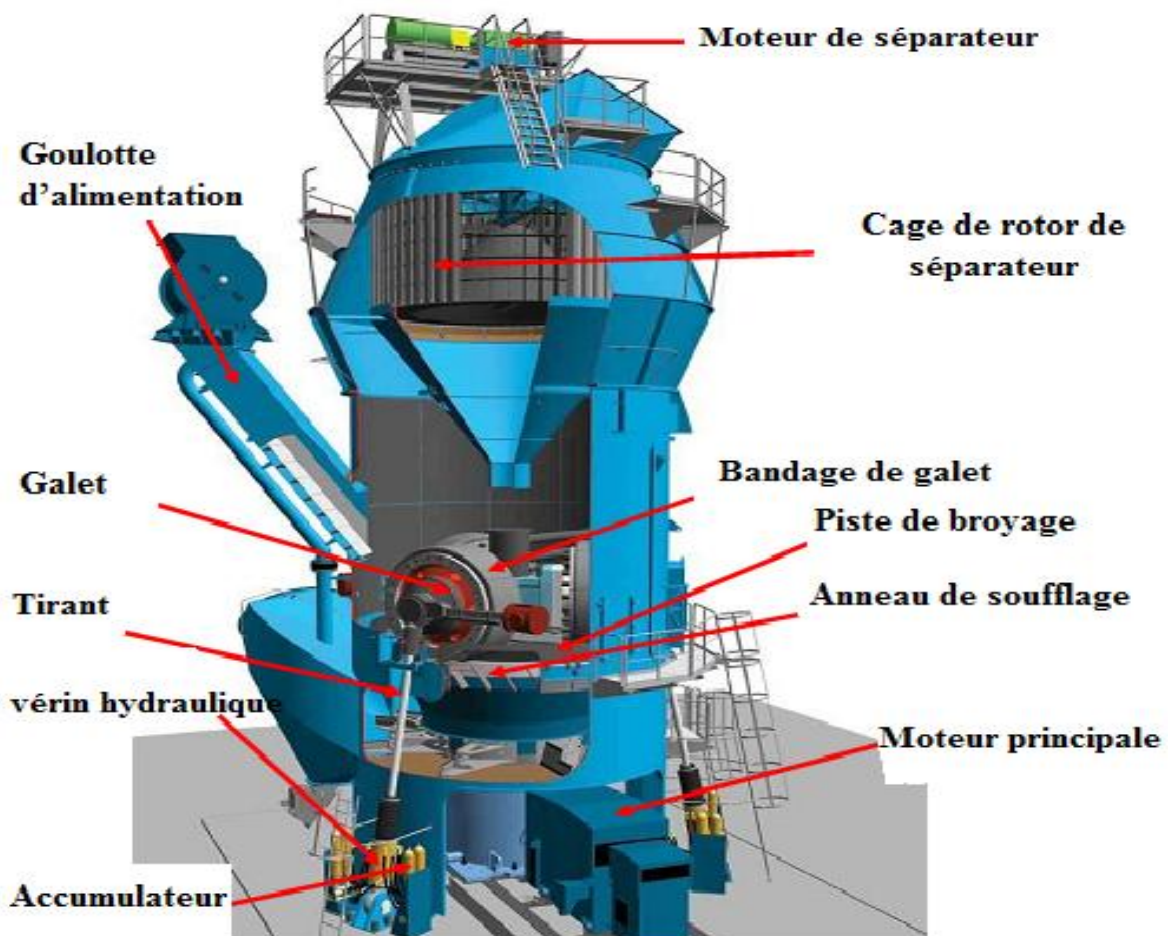


Figure (II .16) : L'ensemble du broyeur vertical (cru).

II.2.2.1. LES GALETS DU BROyeur VERTICAL :

Les galets se composent de huit bandages (revêtement de broyage), Les bandages de galets en fonte anti-usure sont fixés sur le corps de galet avec les anneaux de serrage et les boulons filetés (**Figure II-2**).

Le palier est étanché par la bague à lèvres, de l'air d'étanchéité est conduit vers les galets par l'intermédiaire du porte-galet, afin d'éviter la pénétration de poussière dans les paliers à galets-support, Les paliers des galets de broyage sont alimentés en lubrifiant nécessaire à l'aide d'un graissage à circulation d'huile

La température d'huile des paliers à galets-support est contrôlée par les thermomètres à résistance électrique. Le niveau d'huile dans chaque galet est surveillé par des sondes d'huile capacitives. Les bagues à lèvres sont alimentées en huile de l'extérieur par l'intermédiaire du dispositif de graissage à l'aide de la conduite d'air d'étanchéité. Des réservoirs situés à l'extérieur du broyeur, à un endroit facilement accessible, plus haut que le point le plus élevé de la conduite d'air d'étanchéité intérieure (max.2m), servent de réserve d'huile. La pression statique de l'huile ainsi présente est suffisante pour assurer l'alimentation en huile. Les crochets peuvent être décalés parallèlement à l'axe. Par ce décalage, l'état d'usure des outils de broyage peut être influencé [1] .

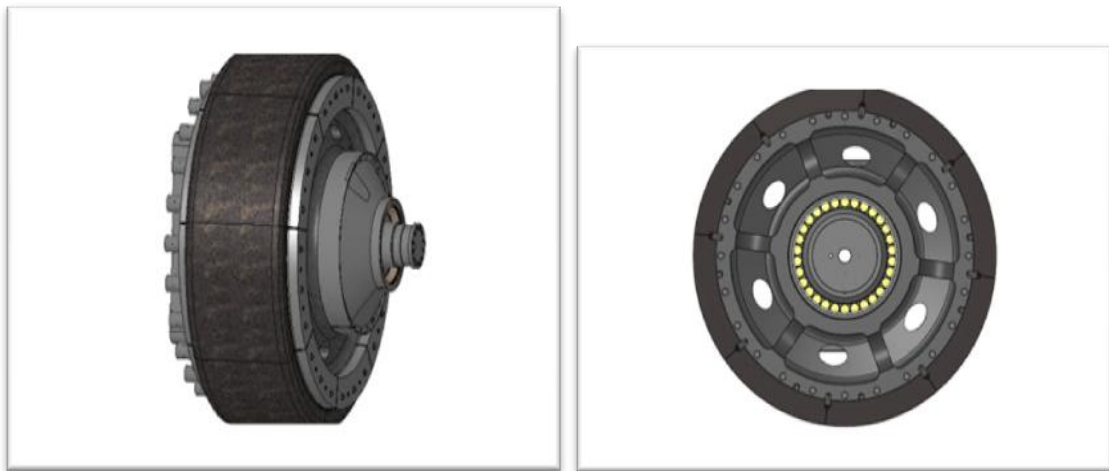


Figure (II .17) : galet du broyeur vertical.

II.2.2.2. LE PLATEAU DE BROYAGE :

Le plateau de broyage est monté directement sur la bride de sortie du réducteur. Une isolation thermique protège le plateau de broyage contre une charge thermique résultant des gaz chauds. La matière à broyer tombe au centre du plateau de broyage en rotation, et sous l'effet de la force centrifuge, elle est entraînée sous les galets. La hauteur du lit de matière peut être ajustée par l'anneau de retenue supplémentaire [1]

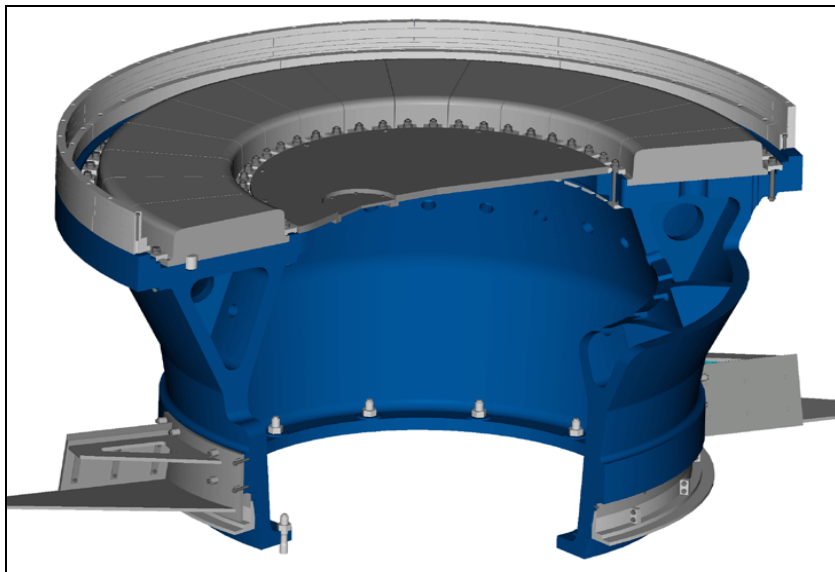


Figure (II.18) : Le plateau de broyage.

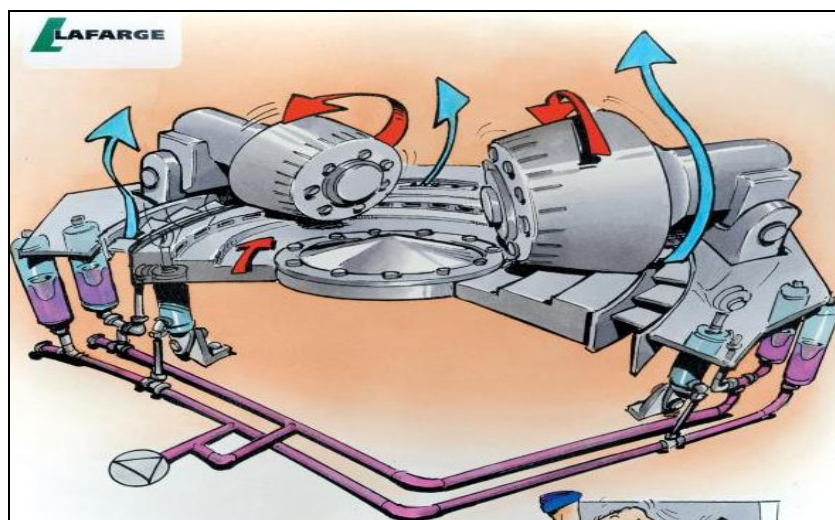


Figure (II.19) : Mouvements des galets sur le plateau.

II.2.2.3. LE SECHAGE :

Le broyeur cru est conçu pour effectuer également l'opération de séchage. Cette capacité est efficace même pour la matière dont l'humidité atteint 20%. Cela se fait sous l'effet du flux gazeux parvenant du four à travers l'anneau de buse. Ce flux transporte la matière vers le séparateur au-dessus du compartiment du broyage. L'anneau de buse est la zone du broyeur à galets où la section est la plus réduite.

La vitesse des gaz dans l'anneau de buses est un paramètre décisif pour le procédé de broyage. Lorsque la vitesse des gaz est diminuée par augmentation de la section des buses, une plus grande quantité de matière tombe à travers l'anneau de buse. L'élévateur de recirculation est donc alimenté avec une quantité de matière plus importante.

Le flux gazeux y transite à vitesse élevée, entraîne la matière débordée de la table et la transporte en haut vers le séparateur. La vitesse des gaz est comprise entre 45 à 60 m/s.

L'anneau de buse est réglable de l'extérieur à l'aide de tiroirs permettant d'ajuster la section de passage (**Figure II.20**). Et donc le débit de matière passant à travers aux conditions requises [1].



Figure (II.20) : Position de tiroir de réglage pour l'anneau de buse.

La partie de la matière qui tombe à travers l'anneau de buses est envoyée au séparateur par un élévateur à godets (circulation externe). Elle sera remise dans la goulotte d'alimentation, avec la matière fraîche en amont du sas.

Le concept de recirculation externe permet de limiter la perte de charge du broyeur en privilégiant le transport mécanique de la matière du plateau de broyage au séparateur [4].

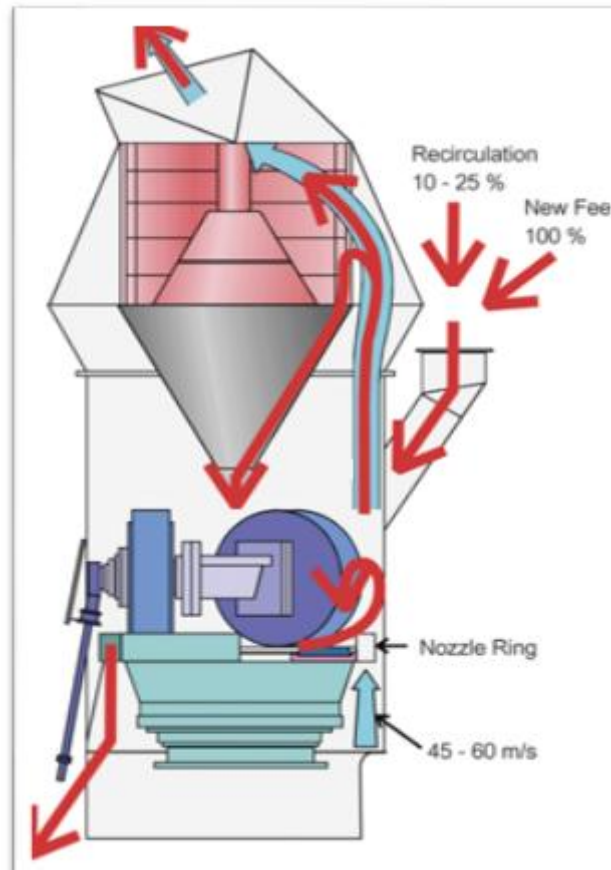


Figure (II.21) : Circuit interne de la matière.

II.2.2.4. LA SEPARATION :

Dans le broyeur, il existe une forte recirculation interne qui assure une pré-séparation à plusieurs niveaux. Ainsi, selon la taille des particules, celles-ci seront entraînées plus ou moins haut dans le broyeur et retombent sur la table si elles ne sont pas suffisamment broyées.

Le séparateur (Figure II.22), se trouvant en haut de la cellule de broyage, classe la matière contenue dans le flux gazeux en produit fini et en gruaux. Les gaz chargés de ces

poussières traversent les pales fixes du séparateur et sont mises en rotation. Sous l'effet de la gravitation

et des gaz circulants, combinés aux pales dynamiques et statiques, la séparation se réalise. La matière fine est conduite à l'aérogilissière du produit fini. C'est dans cette zone de séparation entre pales fixes et rotor que se produit la sélection du produit fini. La matière grossière tombe vers le bas dans le collecteur de gruaux et est de nouveau reconduite dans le processus de broyage [1].

Le produit fini est extrait avec le flux gazeux pour être soit séparé directement dans un filtre (système à 2 ventilateurs), soit pré-séparé dans des cyclones et dépoussiérés dans un filtre monté en aval (système à 3 ventilateurs).

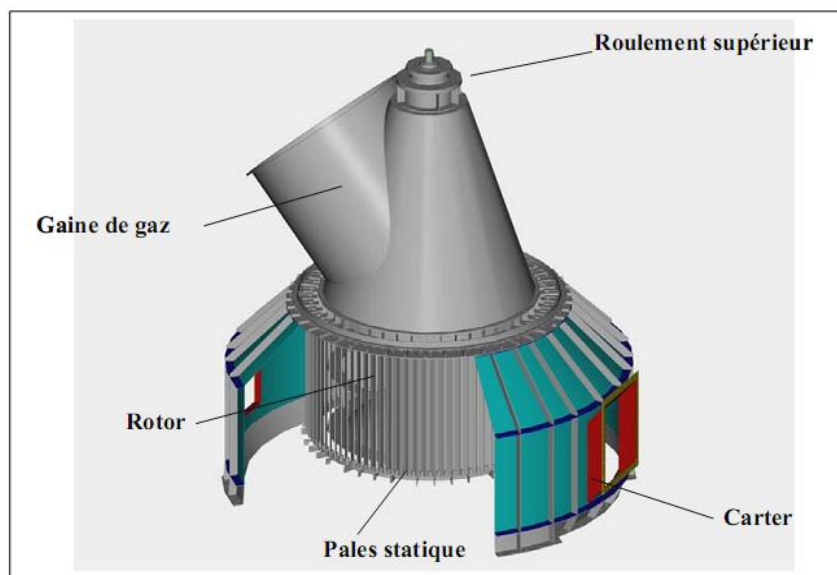


Figure (II.22) : Séparateur dynamique.

II.2.2.5. SYSTEME D'INJECTION D'EAU :

L'injection d'eau permet d'assurer un meilleur maintien de la matière sur la table de broyage. Une attention particulière doit être apportée à la direction de l'injection pour que celle-ci ne rentre en aucun cas en contact avec les éléments chauds du broyeur (galets, piste des galets, etc.), mais uniquement en contact avec la matière.

La quantité d'eau injectée dépend des propriétés de la matière première, en particulier son niveau d'humidité, ainsi que du comportement du broyeur au niveau vibratoire [4].

L'injection d'eau se fait avec un débit de 5000 l/h au maximum, mais pratiquement ce dernier est maintenu aux environs 3000l/h.

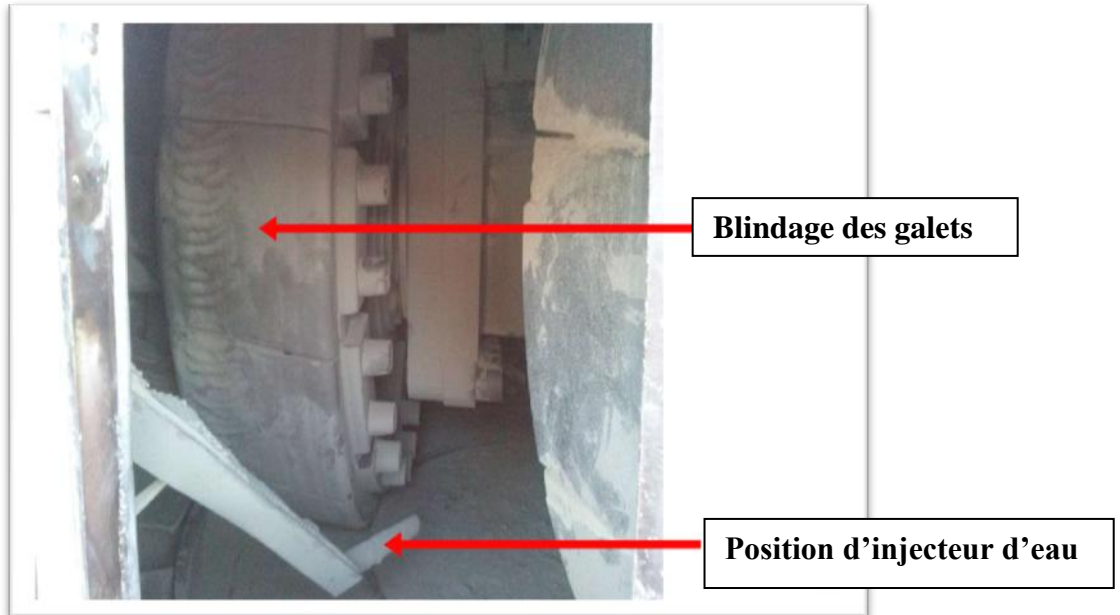


Figure (II.23): Injection de l'eau en amont du galet.

II.2.2.6. SYSTEME HYDRAULIQUE :

Le maintien des galets est assuré par un système hydraulique, il permet une application identique des forces sur les galets tout en maintenant un maximum de liberté de mouvement. Ce système est constitué de un vérin pour chaque galet, l'un est moteur exerçant la pression nécessaire pour l'écrasement de la matière, l'autre est fixe.

Le système hydraulique permet le réglage en continu de la pression pour ajuster les forces de broyage en fonction des paramètres de production. Au démarrage du broyeur, les forces de broyage appliquées sur les galets sont réduites par la diminution de la pression hydraulique. Cela permet de réduire le couple lors du démarrage.

Chaque vérin hydraulique est relié à deux accumulateurs à piston qui amortissent les à-coups du broyage. En effet, les galets sont toujours maintenus en position horizontale [2].

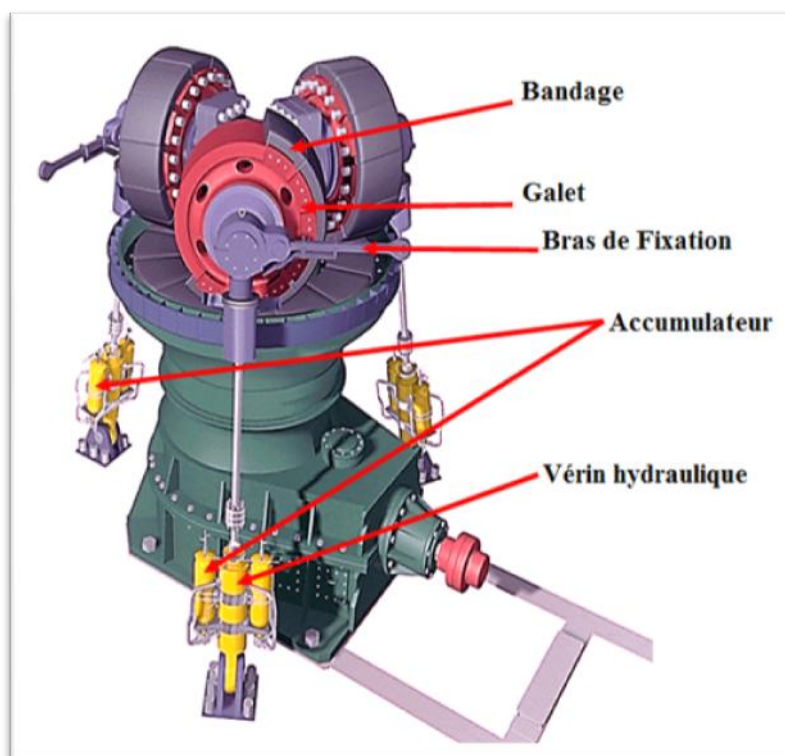


Figure (II.24) : Système hydraulique tirant un train de galet.

II.3. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons effectué description et compose essentiellement de broyeur étudié (broyeur a boulet et a galet) une enquête préliminaire qui nous a permis de connaître le fonctionnement du broyeur.

III.1. INTRODUCTION :

La recherche des performances des systèmes de production devenus complexes même la fonction maintenance à être responsable de la garantie de la disponibilité de tels systèmes.

Cette garantie doit être assurée dans des conditions financières optimales.

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relativement [3].

III.2. GENERALITE SUR LA MAINTENANCE :

III.2.1. DEFINITION ET OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE :

L'entretien ou la maintenance est défini comme étant (l'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé). Entretien, maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, vérification...etc) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production ainsi que la sécurité d'opération.

III.2.2. LES PHENOMENES PRECURSEURS DE PANNES :

La connaissance intime des machines et équipements permet à la longue de pouvoir prédire les pannes en observant, écoutant un certain nombre de signes, généralement précurseurs de panne. Il s'agit de :

- ✓ **Usure**, visible notamment par des limailles, débris, des poussières, du jeu...
- ✓ **Oxydation** d'organes, de pièces ou des traces d'oxydation.
- ✓ **Connexions** électrique, mécanique ou hydrauliques relâchées, défailles.

- ✓ **Vibration** anormales, inhabituelles .
- ✓ **Fuites**, de fluides, d'air comprimé ...
- ✓ **Etc....**

Ces signes, le plus souvent discrets, ne sont perceptibles qu'à ceux qui sont proches des machines et observent avec suffisamment d'habitude et de compétence, les opérateurs qui les utilisent au quotidien ou des agents de maintenance très présents le train .

III.2.3. TYPES DE MAINTENANCE :

Il y a deux types de maintenance, la première s'appelle la **maintenance corrective** et la seconde s'appelle la **maintenance préventive** :

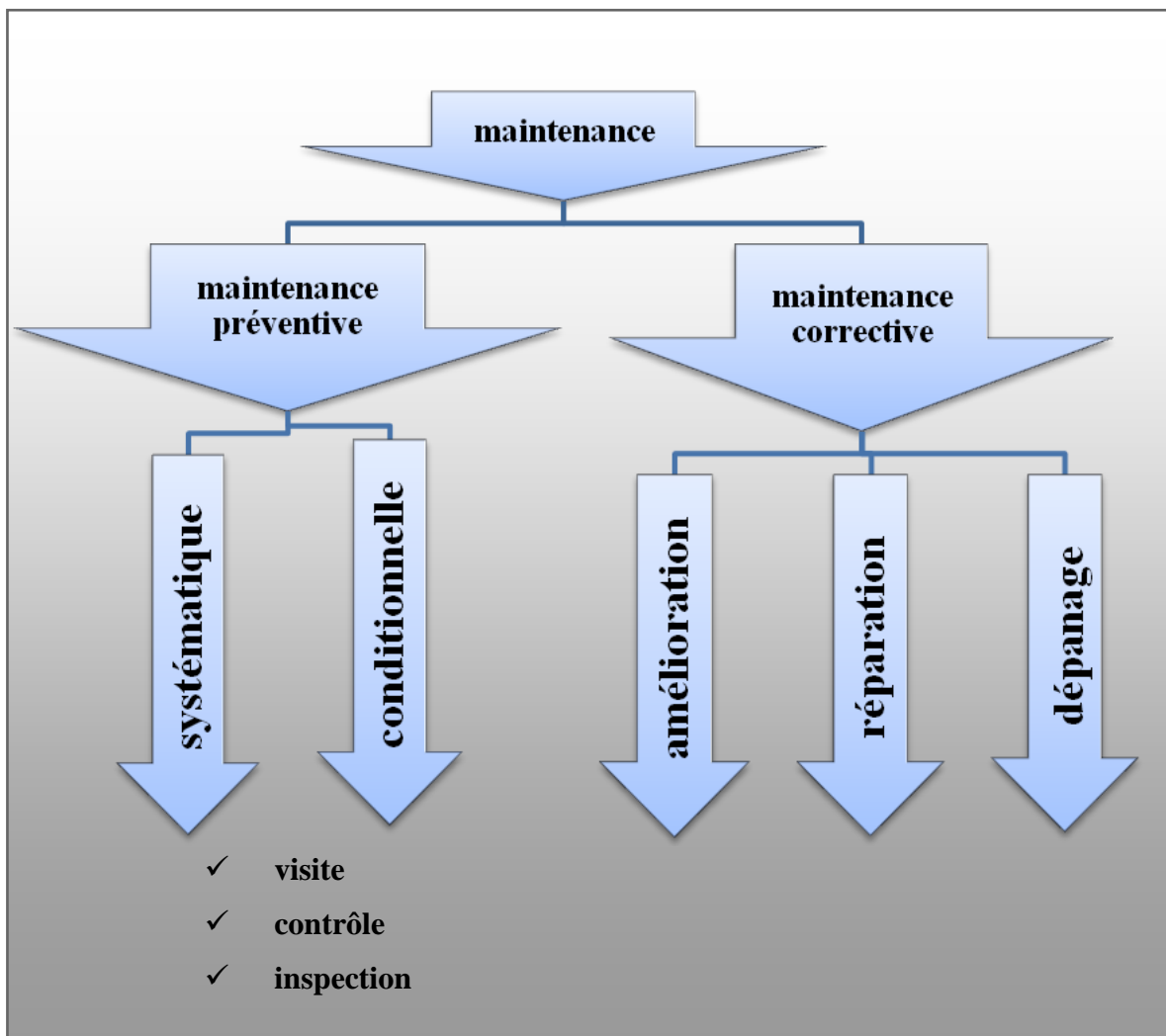


Figure (III.1): types de maintenance.

III.2.3.1. LA MAINTENANCE PREVENTIVE :

La maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (**maintenance systématique**), et des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou service (**maintenance conditionnelle**).

Les objectifs : les objectifs de la maintenance préventive sont :

- ✓ Augmenter la durée

III.2.3.1.1. LES OPERATIONS DE MAINTENANCE PREVENTIVE :

- ✓ **Inspection :** activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. elle n'est obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies.
- ✓ **Visite :** activité consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout ou partie des éléments d'un bien.
- ✓ **Contrôle :** vérification de la conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement (décision de non-conformité, d'acceptation, d'ajournement).

III.2.3.1.2. TYPES DE MAINTENANCE PREVENTIVE :

Il y a deux types de maintenance préventive, qui sont les suivants :

a. la maintenance préventive systématique :

le préventif systématique consiste à opérer des remplacements systématiques de composants, à intervalle réguliers, même si les pièces déposées sont encore en assez bon état, c'est un moyen sûr d'avoir des machines fiables.

b. la maintenance préventive conditionnelle :

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles.

III.2.3.2. LA MAINTENANCE CORRECTIVE :

maintenance corrective exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise pratiquement, c'est fonctionner sans entretien jusqu'à la rupture de la pièce .

III.2.3.2.1. TYPES DE MAINTENANCE CORRECTIVE :

Qui consiste à intervenir sur un équipement une fois que celui-ci est défaillant. Elle se divise en [3]:

- ✓ **Le dépannage** : le system est remis provisoirement en service .
- ✓ **La réparation** : la partie concernée du système est remise en état d'origine .
- ✓ **Les opérations d'amélioration** : le système est réparé et amélioré en vue de diminuer pannes et anomalies.

Les avantages et les inconvénients de la maintenance préventive :

a- les avantage :

- ✓ Faible coût de maintenance.

b- les inconvénients :

- ✓ Bris d'équipement.
- ✓ Coût de sécurité des travailleurs.
- ✓ Stockage important des pièces.
- ✓ Temps de réparation élevé.
- ✓ Perte de production élevée.

III.2.4. NIVEAUX DE MAINTENANCE :

Les interventions de la maintenance ne sont pas tous identique, D'une manière générale, selon la norme AFNOR elles sont classées en cinq niveaux en fonction de critères : la complexité des opérations à réaliser, la qualification des intervenants, la définition des procédures d'intervention, ainsi que l'outillage nécessaire et les pièces de rechanges.

Niveau	Types de travaux	Intervenant	Moyens
1^{er}Niveau	Réglage simples prévus par la constructeur ou moyen d'organes accessibles sans aucun démontage , ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Pilote ou conducteur du système	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation
2^{eme}Niveau	Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations Mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement .	Technicien habilité	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièce de rechanges sans délai
3^{eme}Niveau	Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure.	Technicien spécialisé	Outillage prévu et appareils de mesure, banc d'essai, contrôle ...
4^{eme}Niveau	Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé	Outillage général et spécialisé, matériels d'essai de control ..
5^{eme}Niveau	Travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiée à un central.	Equipe complète et polyvalente	Moyens proches de la fabrication

Tableau(III.1) : Les Niveaux de maintenance.

III.2.5. COUT DE MAINTENANCE :

Le cout global de la maintenance se compose de :

✓ Ensemble des dépenses de la maintenance, essentiellement les cout de personnel, les cout du stock maintenance (et de sa gestion), les couts de sous-traitance et les cout de structure maintenance (personnel d'encadrement et de gestion, formation, système, d'information, frais divers de gestion ...).

✓ Couts des dysfonctionnements d'origine maintenance, ces couts également appelés cout des défaillances, couts indirects, couts de non efficacité ou couts des défauts maintenance sont les couts induits par l'arrêt ou la détérioration de l'outil de production en raison d'un manque ou d'un défaut de maintenance. Ils peuvent englober des pertes matières, des heures improductives, des mesures palliatives (heures supplémentaires, sous-traitance de production, moyens de mesures de réapprovisionnement d'urgence), des pénalités commerciales, des couts de non qualité, des augmentations de primes d'assurance suite à des incidents ... En effet, il ne s'agit pas de confondre ces couts de « non » ou de « mauvaise » maintenance avec les couts de défaillance matériel lesquels peuvent être également induits par des défauts de conception, des défauts d'utilisation ou à un non respect des conditions de base (qualité des matières premières, milieu...)[3].

III.3. MOYENS ET TECHNIQUES DE LA MAINTENANCE :

III.3.1. FONCTION DE LA MAINTENANCE :

Les principales fonctions de la maintenance sont : fonction méthodes, fonction documentation, fonction préparation, fonction ordonnancement/lancement, fonction réalisation, fonction gestion des stocks, fonction gestion des couts, fonction gestion du personnel.

III.3.2. NOTIONS FONDAMENTAL :

III.3.2.1. DEFINITION :

Le diagnostique est un élément qui contribue à la disponibilité des outils production, s'intégrant ainsi dans le cadre de la surveillance et de la maintenance de ces outil. Selon la norme AFNORX 6-501, le diagnostic se présente comme « *l'identification de la cause*

probable de la (ou des) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'information provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test » .

Nous pouvons retenir donc la diagnostic consiste à détecter, à localiser, à identifier et caractériser, aussi bien que possible, les défauts et/ou les défaillances qui affectent un système de production.

Les champs l'application de la méthodologie du diagnostique :

Il est facile de vérifier la similitude de tous les outils d'analyses liés à la (Fig.III.2) il en est de même pour la méthodologie du diagnostic. Notons que cette convergence est un élément heureux pour faciliter le « décloisonnement » de ces différents secteurs, dans une logique de qualité totale.

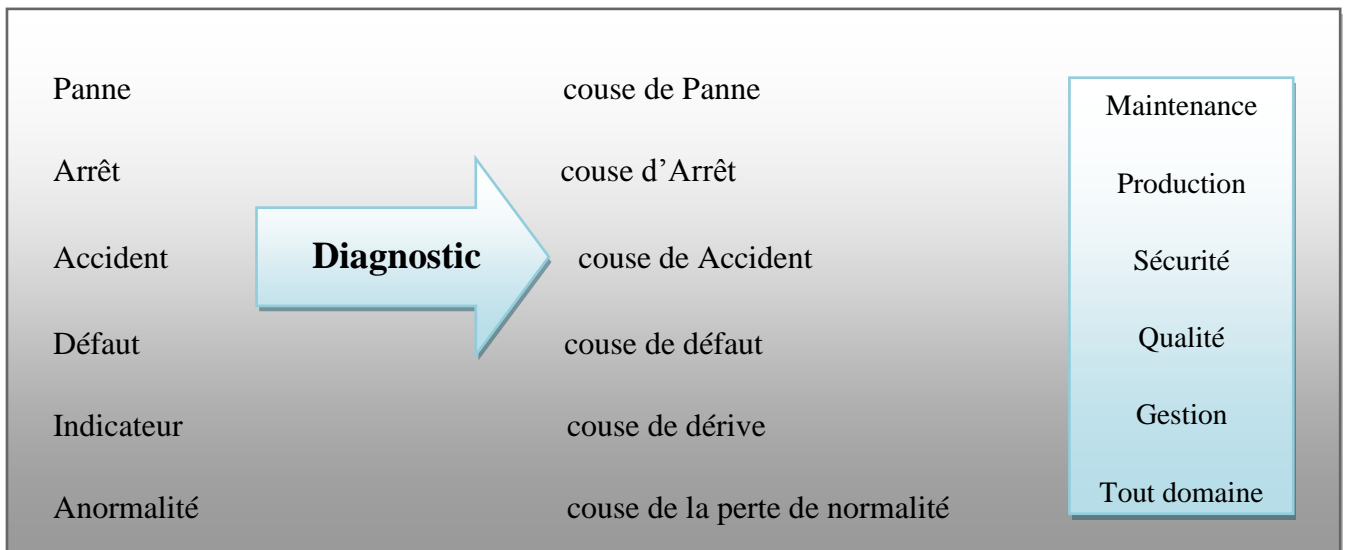


Figure (III.2) : champs d'application du diagnostique.

Les étapes de diagnostique :

La procédure de diagnostic de défaillance et dégradations susceptibles d'affecter les différentes entités d'un processus industriel s'articule autour des étapes suivantes (Fig.III.2)

- ✓ L'extraction extraction des informations nécessaires à la mise en forme des caractéristiques associées aux fonctionnements normaux.

✓ L'élaboration des caractéristiques et signatures associées à des symptômes révélateurs de défaillances et de dégradation en vue de la détection d'un dysfonctionnement [3]:

Validation des mesures (c'est l'opération qui consiste à engendrer une information représentant une grandeur physique, qui sera considérée crédible et fiable par les utilisation : les opérations et les systèmes de diagnostic), **méthodes pour la détection et la validation de mesures invalides** (redondance directe, la comparaison avec un seuil statique, le vote majoritaire, le test de certaines caractéristique, la comparaison avec un seuil dynamiques, le test de certaines caractéristiques, l'étalonnage systématique des capteurs) [3].

✓ La détection d'un dysfonctionnement par comparaison avec des signatures associées a des états de fonctionnement normaux et la définition d'indicateur de confiance dans la détection.

✓ La mise en ouvre d'une méthode de diagnostic de la défaillance ou de la dégradation à partir de l'utilisation des connaissances les relations de cause à effet .

✓ La prise de décision en fonction des conséquence futures des défaillances et des dégradation. cette prise de décision peut conduire à un arrêt de l'installations si les conséquences de la défaillance sont importantes pour la sécurité des personnes et des bien ou une reconfiguration du fonctionnement du procédé pour éviter une perte de production en attendant le prochaine arrêt de production le plus propice aux opérations de maintenance corrective .

III.3.2.2. METHODES ET APPROCHES DU DIAGNOSTIC :

En raison de la complexité des relations de couse à effet , il ya a eu une volonté de mettre en place un grande nombre de méthodes permettant de réaliser une démarche de diagnostic la plus appropriée à un entrainement donné et qui puisse permettre de prévenir au mieux la dégradation du système surveillé [1].

Si la prise de décision conduit à déclarer le processus défaillant, il convient alors de sélectionner une méthode de diagnostic .

Les méthodes de diagnostic sont divisées en deux grandes familles : les méthodes internes et les méthodes externes.

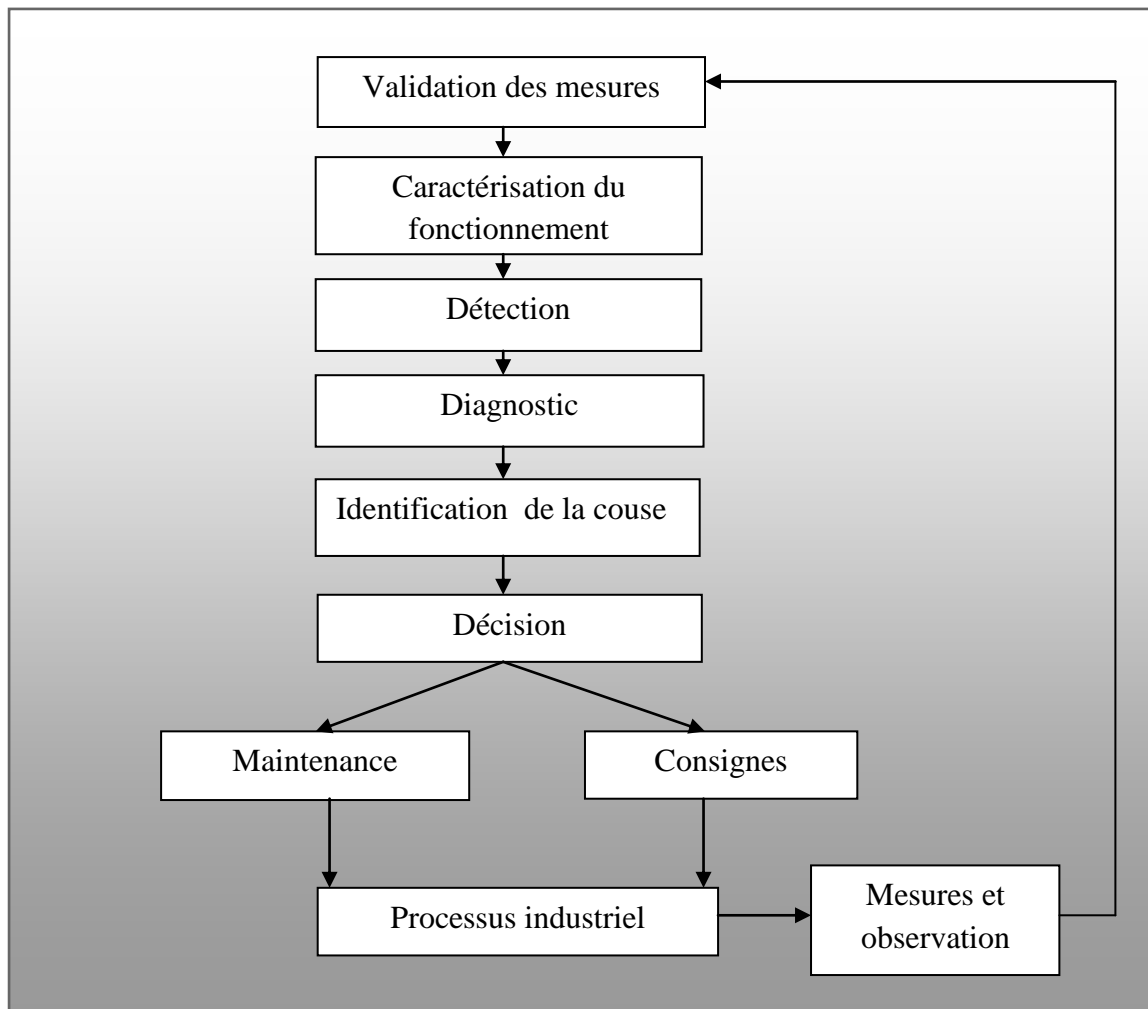


Figure (III. 3) : Les différentes étapes du diagnostic industriel.

Il est à noter que dans cette société utilise un logiciel de maintenance **MAXIMO** qui permet de suivre l'état des équipements et de gérer la maintenance de ces derniers.

III.4. PRESENTATION DE MAXIMO :

MAXIMO est un logiciel de GMAO, il a été installé à LAFARGE- ciment Usine de Meknès en juin 1999, pour informatiser la maintenance préventive lancée précédemment [1].



Figure (III.4) : Présentation de logiciel MAXIMO.

III .4 .1. MISE EN PLACE DE MAXIMO :

Les phases de mise en place de MAXIMO sont:

- ✓ Réflexion sur la codification usine.
- ✓ Réflexion sur la mise à jour des gammes.
- ✓ Saisie des emplacements issus de la codification.
- ✓ Saisie des gammes mises à jour.
- ✓ Réflexion sur les fiches techniques.
- ✓ Saisie des fiches techniques.
- ✓ Formation et rodage des utilisateurs finaux.

III.4 .2. OBJECTIFS :

Le logiciel MAXIMO permet :

- ✓ La détermination de la tache précise de chaque responsable.
- ✓ La formalisation des fonctions de la maintenance :
 - Visite.
 - Préparation.
 - Exécution.
- ✓ La contribution à la valorisation de la fonction méthode .

- ✓ Une augmentation très importante du nombre des BT générés par des opérateurs de visite et d'exécution.
- ✓ Une identification précise des opérations à exécuter lors des arrêts programmés des ateliers.
- ✓ Une élimination des risques relatifs aux pertes des documents (BT, DT, bulletin).
- ✓ Un accès instantané aux principales informations issues du module.
- ✓ Une analyse rapide de l'historique des interventions (opérations, coûts.).
- ✓ Une facilité de la mise à jour de l'ensemble des éléments de la base (codification, gammes, fréquence) .
- ✓ Un suivi des coûts de maintenance.
- ✓ Un suivi du personnel.
- ✓ L'appropriation de l'outil informatique par l'ensemble des opérationnels de la maintenance.

III.4.3. Modules de MAXIMO :

Le logiciel MAXIMO donne accès aux modules suivants [1] :

- ✓ Bons de travaux.
- ✓ Préventif.
- ✓ Stocks.
- ✓ Equipment.
- ✓ Achats.
- ✓ Plan.
- ✓ Main d'œuvre.
- ✓ Calendrier.
- ✓ Ressources.
- ✓ Applications personnalisées.
- ✓ Configuration.
- ✓ Utilisateurs.

III .5. Conclusion :

La maintenance implique un certains nombres de mesures organisationnelles, techniques et économiques.

Le rôle de la maintenance préventive au sein de l'usine et les avantages et les inconvénients de la maintenance suivit de la maintenance corrective ont êtes présentés.

Dans cette partie et le logiciel de maintenance MAXIMO utilisé a était définie.

IV.1. INTRODUCTION :

La pratique d'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et leur Criticité) s'accroît de jour en jour dans tous les secteurs industriels. Méthode particulièrement efficace pour l'analyse prévisionnelle de la fiabilité des produits. Elle progresse à grand pas dans l'industrie mécanique notamment pour l'optimisation de la fiabilité des équipements de production, pour la prise en compte de leur maintenabilité dès la conception et pour la maîtrise de la disponibilité opérationnelle des machines en exploitation [8].

IV.2. DEFINITION DE L'AMDEC : AFNOR (NORME X-510) :

"L'AMDEC est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances et les conséquences affectant le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée » .

IV.3. PRINCIPES DE BASE :

Il s'agit d'une analyse critique consistant à identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines puis à en rechercher les organes et leurs conséquences. Elle permet de mettre en évidence les points critiques et de proposer des actions correctives adaptées.

C'est une technique analyse qui a pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise défaillance. Elle a pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et des équipements industriels.

IV.4. LES DIFFERENTS TYPES D'AMDEC ET LEUR OBJECTIF :

Selon les objectifs visés plusieurs types de l'AMDEC sont utilisés lors de phase successive de développement d'un produit [9] :

- ✓ AMDEC produit .
- ✓ AMDEC processus .
- ✓ AMDEC machine .

Type des AMDEC	Description
AMDEC produit.	Analyse' de la conception d'un produit pour améliorer la qualité et la fiabilité de celui-ci.
AMDEC processus .	Analyse des opérations de productions pour améliorer la qualité de fabrication de produit.
AMDEC machine .	Analyse la conception et/ ou l'exploitation d'un moyen ou équipement de production pour améliorer la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité de celui-ci.

Tableau (IV.1) : Les types de l'AMDEC.

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

IV.5. LE BUT D'ETUDE AMDEC-MACHINE :

- ✓ Réduction du nombre des défaillances.
- ✓ Prévention des pannes.
- ✓ Amélioration de fabrication, du montage et de l'installation.
- ✓ Amélioration de la maintenance préventive.
- ✓ Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
- ✓ Réduction du temps d'indisponibilité après défaillance.
- ✓ Pris en compte de la maintenabilité dès la conception.
- ✓ Aide au diagnostic.
- ✓ Amélioration de la maintenance corrective.
- ✓ Amélioration de la sécurité.

IV.6. DEMARCHE PRACTIQUE DE L'AMDEC-MACHINE :

Etape 1 : Initialisation.

Etape 2 : Décomposition fonctionnelle.

Etape 3 : Analyse AMDEC.

Etape 4 : Synthèses.

IV.6.1. Etape 1 : Initialisation:

L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle consiste à poser clairement le problème à identifier le contenu et limites de l'étude a mené et a réuni tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement [8].

Elle se compose des phases suivantes :

- 1 - Définition du système à étudier.
- 2 - Définition de la phase de fonctionnement.
- 3 - Définition des objectifs à atteindre.
- 4 - Constitution du groupe de travail.
- 5 - Etablissement de planning.
- 6 - Mise au point des supports de l'étude.

Pour les phases les plus importantes dans l'étape d'initialisation on trouve la phase de définition du système à étudier les limites matérielles du système qui peut être la machine complète ou un sous-ensemble nouveau ou complexe présentant un risque particulier[9].

IV.6.2. Etape 2 : Décomposition fonctionnelle:

IV.6.2.1. But :

Cette étape permet d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyse les risques de dysfonctionnement pour la suite elle facilite l'étude ultérieure de l'analyse des défaillances.

Elle se compose des phases suivantes :

- 1- Découpage du système.
- 2- Identification des fonctions des sous-ensembles.
- 3- Identification des fonctions des éléments.

IV.6.2.2. La phase de découpage du système :

La phase de découpage du système consiste à découper le système en blocs fonctionnels sous une forme arborescente [9].

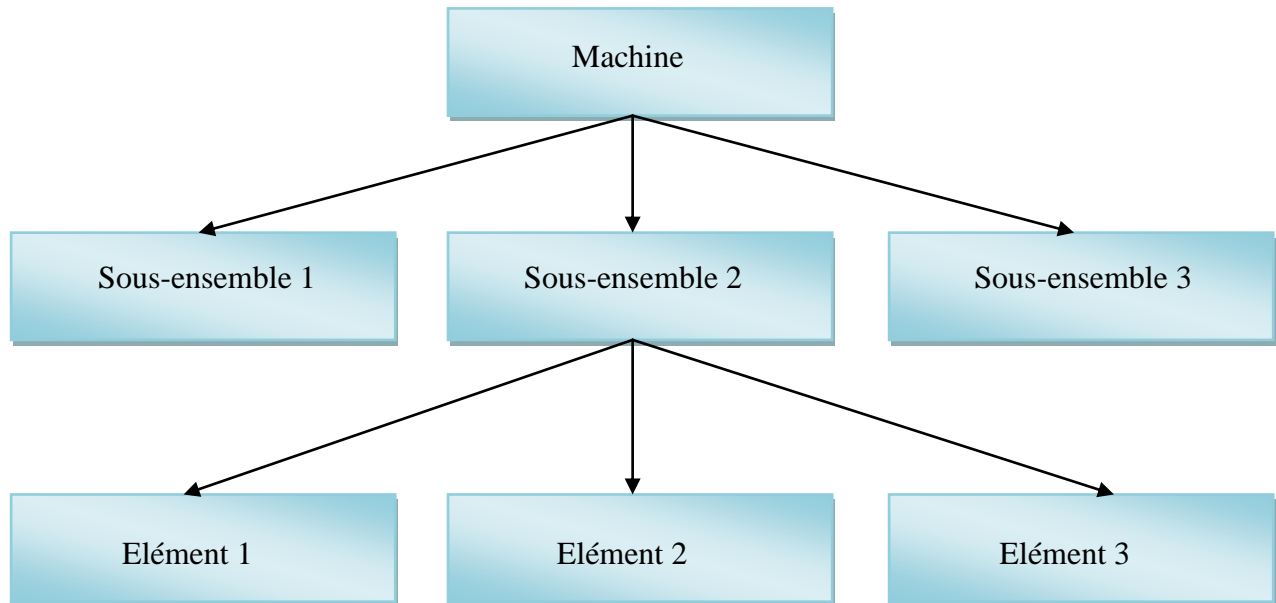


Figure (IV.1) : Découpage du système sous forme arborescente.

I.6.3. ETAPE 3 : ANALYSE AMDEC:

L'analyse AMDEC consiste à identifier les dysfonctionnements potentiels ou déjà constatés de la machine, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives pour y remédier cette étape se compose des phases suivantes [9] .

Phase 3a : Analyse des mécanismes de défaillance :

- **La fréquence (F) :**

Niveau associe à la fréquence d'apparition d'une défaillance, elle doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillant d'une cause donnée.

Niveau	Valeur	Définition
Très faible	1	Défaillance rare : moins d'un défaillance par année .
faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre.
Moyen	3	Défaillance occasionnelle : moins d'un défaillance par semaine.
Elevé	4	Défaillance fréquente : plus d'un Défaillance par semaine :

Tableau (IV. 2) : Tableau de fréquence.

- **La gravité (G) :**

Niveau associe à la gravité de la défaillance, elle représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.

Niveau	Valeur	Définition
Mineur	1	Arrêt de production : mois de 15 min Aucune ou peu pièce de rechange nécessaire.
Moyenne	2	Arrêt de production : de 15 minutes à une heure. Pièces en stock.
Majeure	3	Arrêt de production : 1 heure à 2 heure. Pièce en stock ou livraison.
Grave	4	Arrêt de production : 2 heure et plus. Long délai de livraison.

Tableau (IV.3) : Tableau de gravité.

- **Le non détection (N) :**

C'est le niveau associe à la probabilité de non détection de la défaillance, elle doit représenter la probabilité de ne pas détection la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne.

Niveau	Valeur	Définition
Evident	1	Arrêt de production : mois de 15 min Aucune ou peu pièce de rechange nécessaire.
Possible	2	Arrêt de production : de 15 minutes à une heure. Pièces en stock.
Improbable	3	Arrêt de production : 1 heure à 2 heure. Pièce en stock ou livraison ultra-rapide .
Impossible	4	Arrêt de production : 2 heure et plus. Long délai de livraison.

Tableau (IV. 4) : Tableau de non détection.

Phase 3b : Evaluations de la criticité :

Cette phase consiste à évaluer la criticité des défaillances de chaque élément, à partir de plusieurs critères de cotation indépendants. Pour chaque critère de cotation, on attribue un niveau (note ou indice). Un niveau de criticité en est ensuite déduit, ce qui permet de hiérarchiser les défaillances et d'identifier les points critiques, l'évaluation de la criticité se fonde sur l'état actuel ou prévu de la machine au moment de l'étude.

La criticité :

La criticité est une évaluation quantitative de risque constituée par le scénario (mode-cause-effet-détection) de défaillance analysée. La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs :

- ✓ La fréquence d'apparition du couple mode-cause.
- ✓ La gravité de l'effet.
- ✓ La possibilité d'utiliser les signes de détection.

Le calcul de criticité se fait pour combinaison cause/mode/effet, à partir des niveaux de criticité de cotation. La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteints par les criticités de cotation.

$$C = F \cdot G.$$

Niveau de criticité	Action correctives à engager
1<C<10 Criticité négligeable	Aucune modification de conception . Maintenance corrective.
10<C<20 Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément. Maintenance préventive systématique.
20<C<40 Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle /prévisionnelle.
40<C<64 Criticité Interdite	Remise en cause complète de la conception.

Tableau (IV. 4) : Niveau de criticité.

Phase 3c : Proposition d'actions correctives :

La Phase 3a représente un aspect qualitatif en analysant les mécanismes de défaillance par l'identification des modes de défaillance, la recherche des causes, des effets et le recensement des détections.

Les peuvent alors être classées en deux catégories par comparaison avec un seuil d'admissible C_{lim} prédéfini :

- ✓ Défaillance critique pour lesquelles $C > C_{lim}$
- ✓ Défaillance critique pour lesquelles $C < C_{lim}$

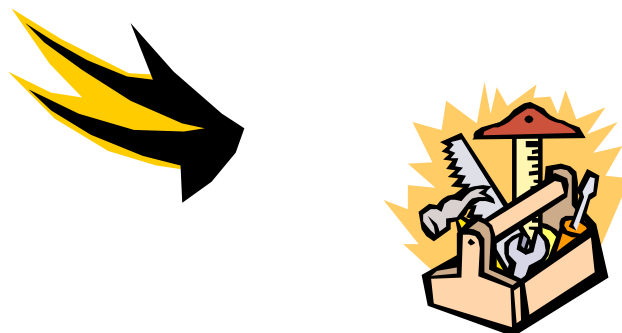
I.6.4. Etapes 4 : synthèses:

La dernière étape consiste à effectuer le bilan de l'étude AMDEC par :

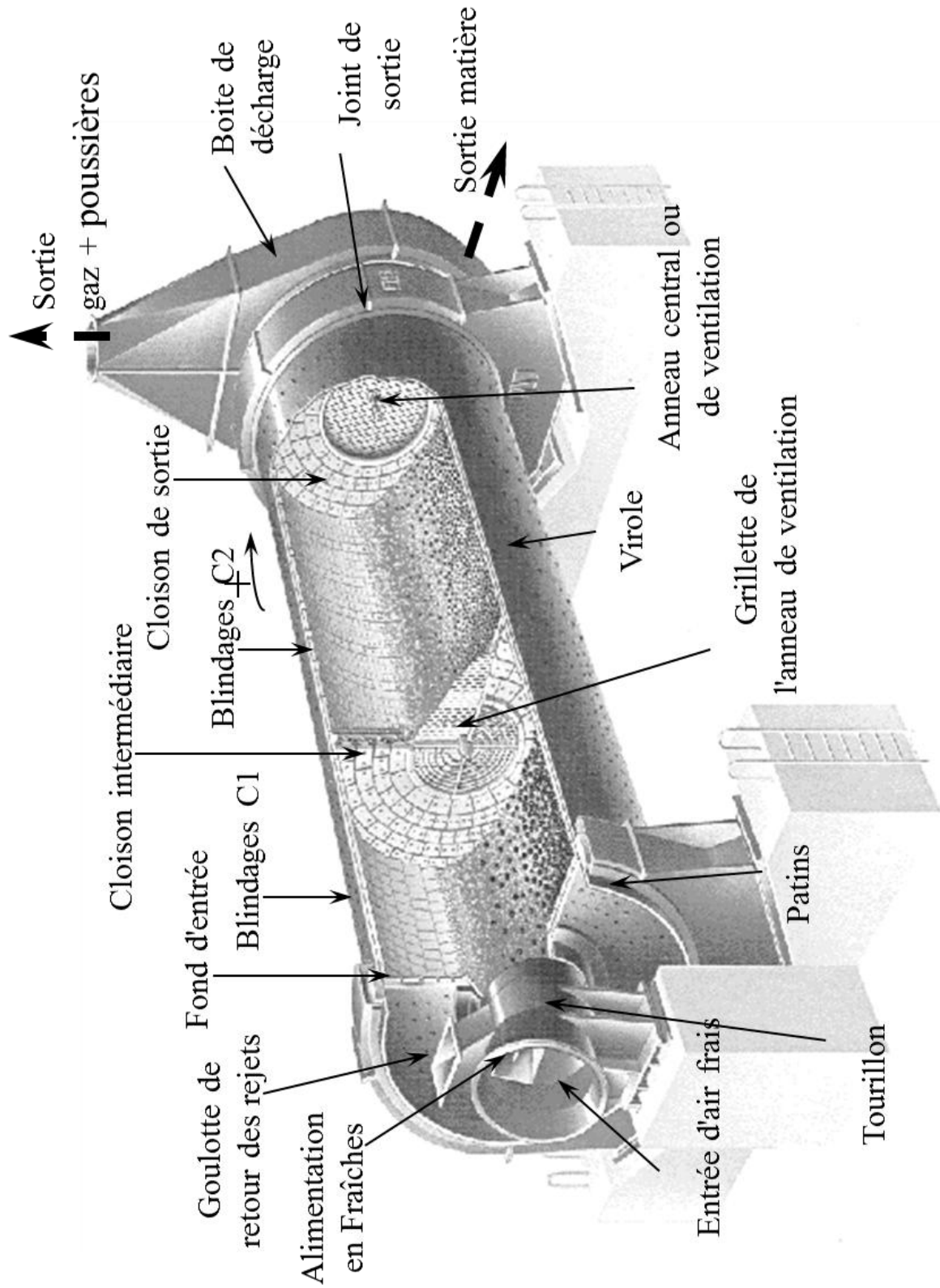
- ✓ La hiérarchisation des défaillances tout en les classant entre elles et en donnant des représentations graphiques (Histogramme, camembert...)
- ✓ Effectuer une liste des points critiques de la machine ;
- ✓ Etablir une liste de recommandation sur les actions proposées classées par ordre de priorité

L'AMDEC :

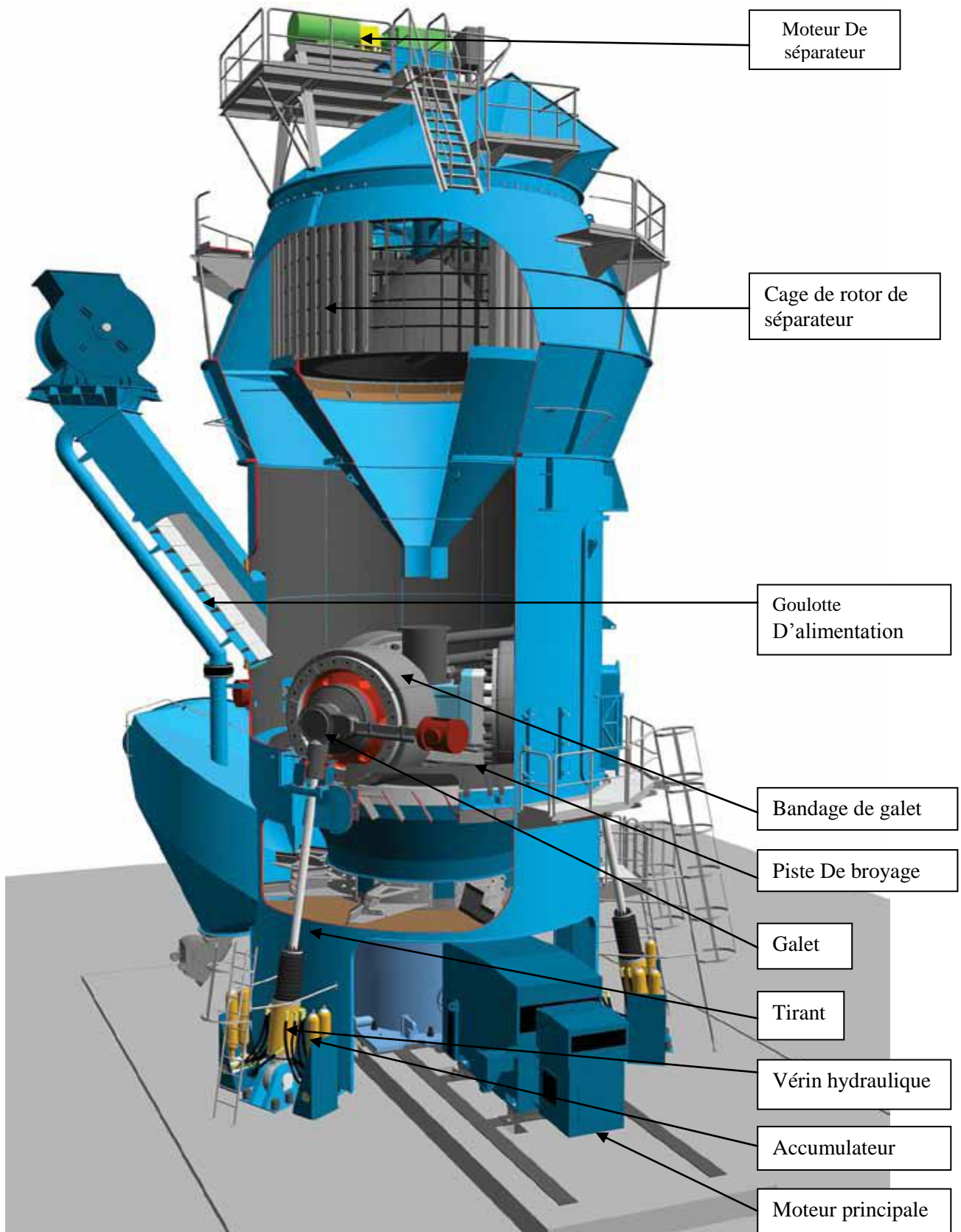
C'est une méthode préliminaire d'analyse qui doit être complétée par d'autres outils.



Application de l'AMDEC sur broyeur a boulet :



Application de L'AMDEC sur broyeur a galet :



systeme Broyeur a Boulet	Analyse des modes de defaillance de leur effet et de leur criticite								
L'element	Fonction	Mode de defaillance	Effet	Cause	Detection	Criticite			
						F	G	N	C
Roulement sup	Guidage en rotation	Grippage	Défaut de rotation	Poussier	Visuel ou auditif	1	3	2	6
Rotor	rotation de ventilateur	Vibration	Bruit et Démunissions La fonction de ventilateur	Paliers	Visuel ou auditif	2	2	3	12
Systeme de virage	Commende	Grippage	Bruit	usure des dents	Visuel	2	1	3	6
Reducteur broyeur	Guidage	Grippage	Non stabilite de la pression	deterioration des joints	auditif	3	1	2	6
Blindage du fond d'entree /sortie	Protection les produit et la piece	Usure ou fissure	Frottements	abrasion matiere	La qualite de la farine	3	2	2	12
Cloison double	purification la matiere broyee	fissure	Chocs/fatigue	abrasion matiere	Visuel	2	1	1	2

système Broyeur a galets	Analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité								
L'élément	Fonction	Mode de défaillance	Effet	Cause	Détection	Criticité			
						F	G	N	C
Bandages Des galets	Broyage	Usure	Frottements abrasif.	Diminution de la durée de vie/concentration de contraintes.	Visuel après ouverture du broyeur	1	3	2	6
	Broyage	Fissure/Rupture	Chocs/ fatigue/corrosio n.	Arrêt de mouvement/dégât sur l'ensemble.	visuelle	3	3	2	14
Trains de galets	Maintenir les galets et les tirants	Déviatiion de la position verticale	Déséquilibre des trains de galets et des tirants	Usure excessive des galets et de la piste	Contrôle de l'usure	2	2	3	12
Les roulements	Guidage en rotation des galets	Grippage	Introduction de la poussière	Echauffement et blocage des roulements	Arrêt de la rotation des galets	2	3	2	12
Piste de broyage	Support de la matière broyée	Usure	Usure abrasive	Diminution de la durée de vie/broyage anormal	Mesure de l'usure	1	3	2	6
		Fissure	Chocs/fatigue/		Fissure	3	3	2	14

Tirants	Maintenir les galets en contact avec la table	Rupture	Fatigue	Arrêt du mouvement	visuelle	2	3	2	12
Vérins hydrauliques	Pression de maintien des galets	Non stabilité de la pression	Usure des joints	Fuite d'huile	Contrôle de pression d'huile.	1	3	2	6
			Défaut de la pompe	Chute de pression		1	3	2	6

Conclusion Générale :

Le ciment est un produit très commun dans la civilisation contemporaine, mais il est mal connu du grand public, il consiste en un mélange de clinker et de gypse dans des proportions bien définies et dont le broyage se fait dans des broyeurs à galets et à boulets.

L'opération de broyage se réalise dans des broyeurs qui ont subi avec le temps de grandes évolutions à fin d'améliorer la production, leur classification s'effectue suivant les contraintes mises en jeu (lois de la fragmentation) ; ou on distingue les broyeurs à galet et à boulet. Ce qui impose l'ordre dans l'opération de broyage à galets suivie par celui à boulet car ce dernier donne un produit plus fin.

Il existe plusieurs appareils de fragmentation, le choix entre ces derniers s'effectue suivant les propriétés des matériaux et les caractéristiques des broyats. Le broyage est un procédé très important dans le monde industriel et spécialement dans la production du ciment.

Les paramètres qui affectent le bon fonctionnement sont classés en deux parties, ceux reliés aux broyeurs (le volume, la taille, la nature des boulets...). Et ceux reliés aux broyats tels que la distribution granulométrique, la nature du produit.....

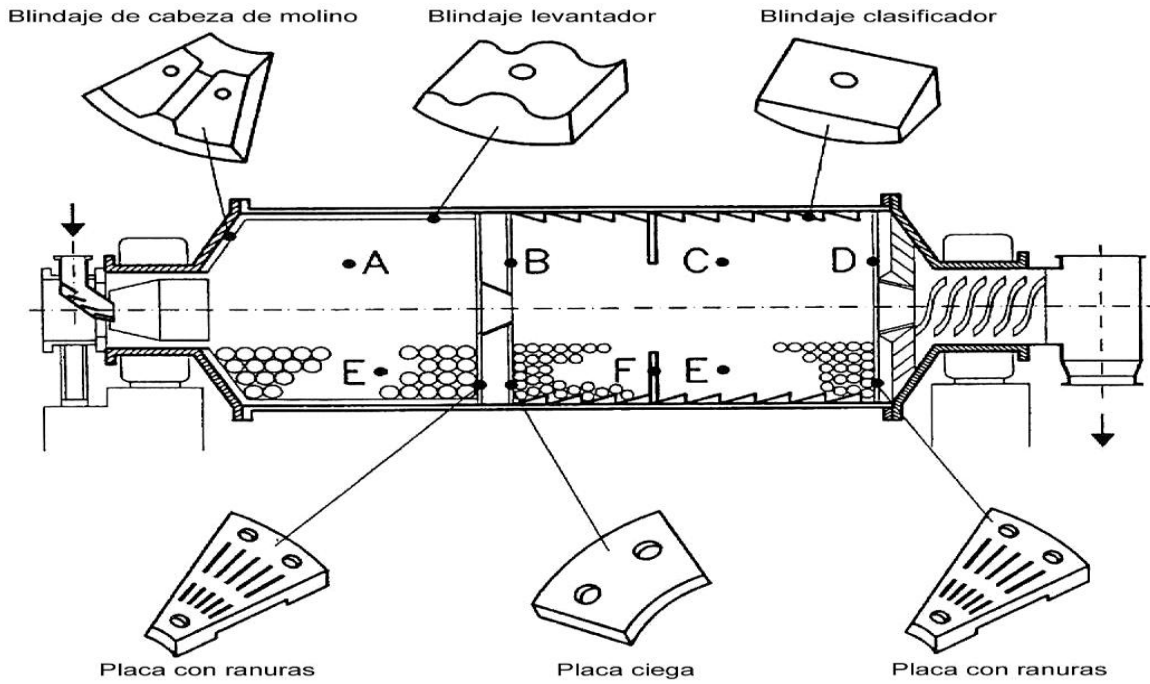
Vu l'importance de notre travail, nous abordons successivement l'ordre suivant ; une présentation de l'établissement d'accueil (LAFARGE M'sila) par ses infrastructures et ses équipements et en particulier la section broyage ; ce qui nous a permis de donner une étude et description détaillée de deux broyeurs disponibles dans cette société. Pour proposer une maintenance adéquate à ces deux machines (logiciel MAXIMO). et finalement l'application de l'A.M.E.D.C aux deux broyeurs.

Bibliographie :

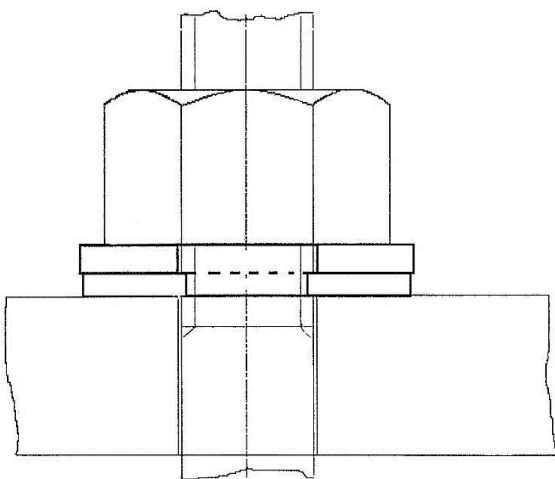
- [1] Document interne de cimenterie LAFARGE M'sila.
- [2] Programme de Maintenance des Broyeurs à Boulets, Inspections / Fréquence le 31 juillet 2003, LAFARGE.
- [3] François MONCHY Maintenance méthode et organisation, 2000.
- [4] FLSmith Lafarge ciment tel que construit, (2006) , Broyeur cru.
- [5] Mr . ZARGAN .S . coure : « maintenance industrielle » UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA.
Faculté : Technologie. Département : Génie Mécanique.
- [6] FLSmith General notes on slide shoe bearing .
- [7] Document de LAFARGE: Ball mill trunnion clearance measurement page 1.
- [8] RIDOUX, M. techniques d'ingénieurs : AMDEC –moyen.
- [9] EL MOUDEN .A. « rapport de stage Lafarge ciment » Université Moulay Ismail ,
Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Méknes, 2003, page 29-32.
- [10] Document de LAFARGE Optimisation des broyeurs à boulets, 2005,M'sila.
- [11] Document de LAFARGE Liste inspection site-Rev1 (Mode de compabilité), 2007,
M'sila.
- [12] Folsberg.F, Employed by F.L.Smith, 1979.
- [13] M.Sc.Mechanical Engineering, 1979.

ANNEXES :

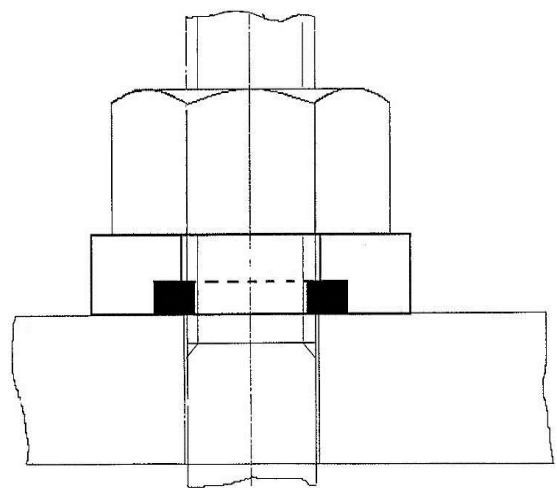
1. Type blindage



2. Fixations blindages :

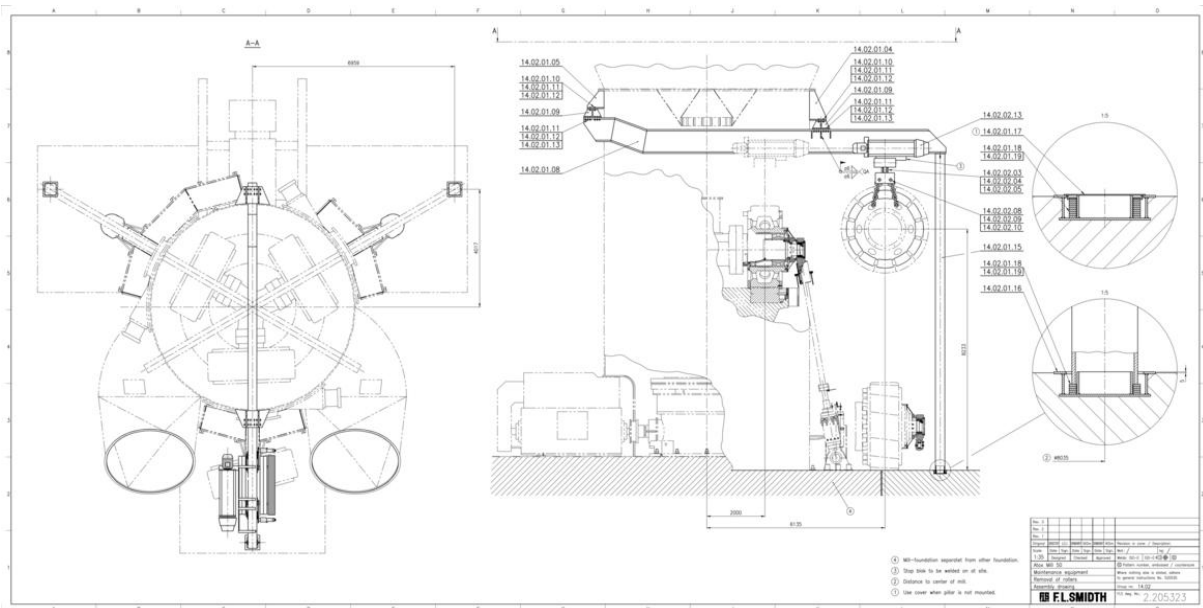
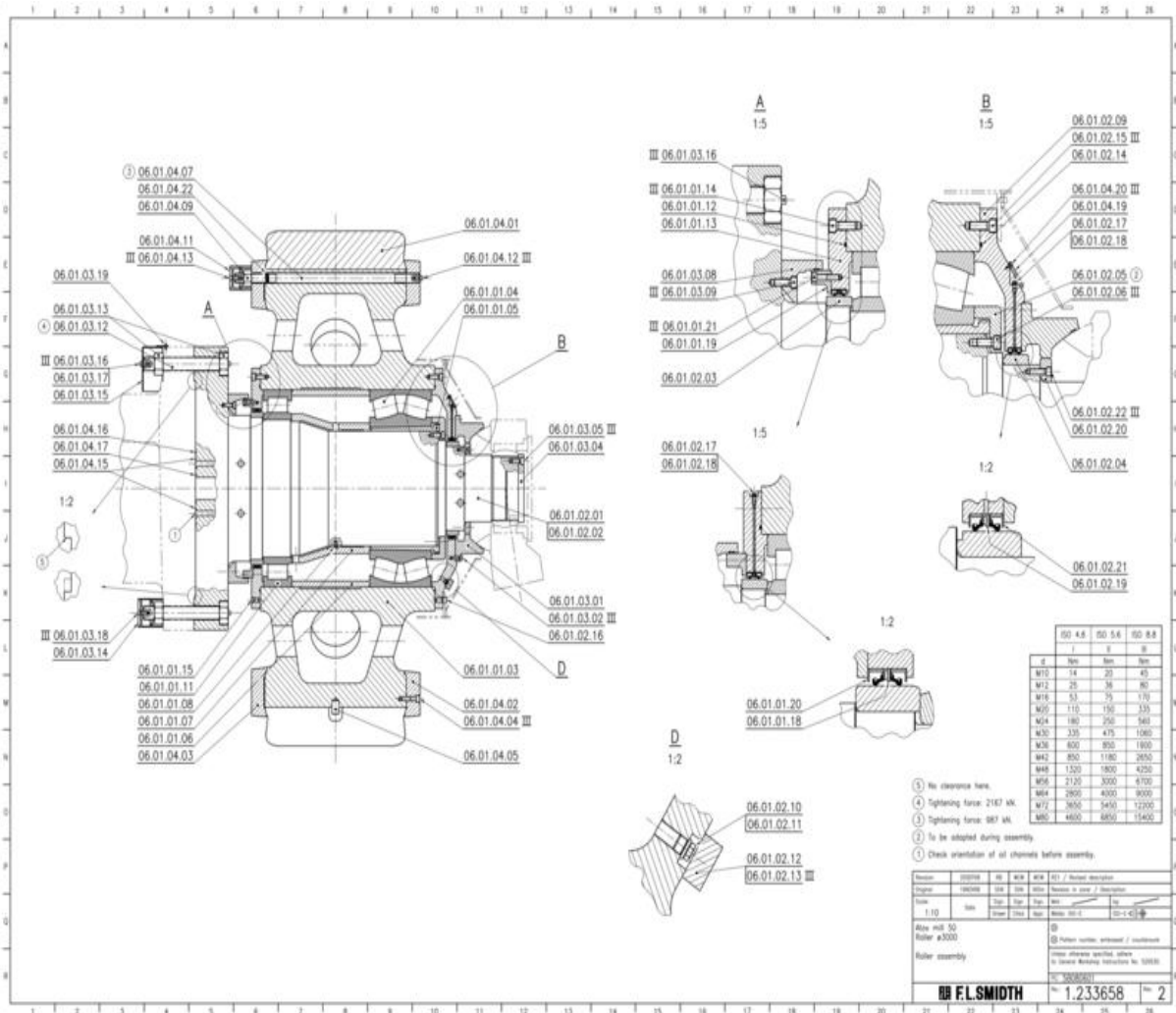


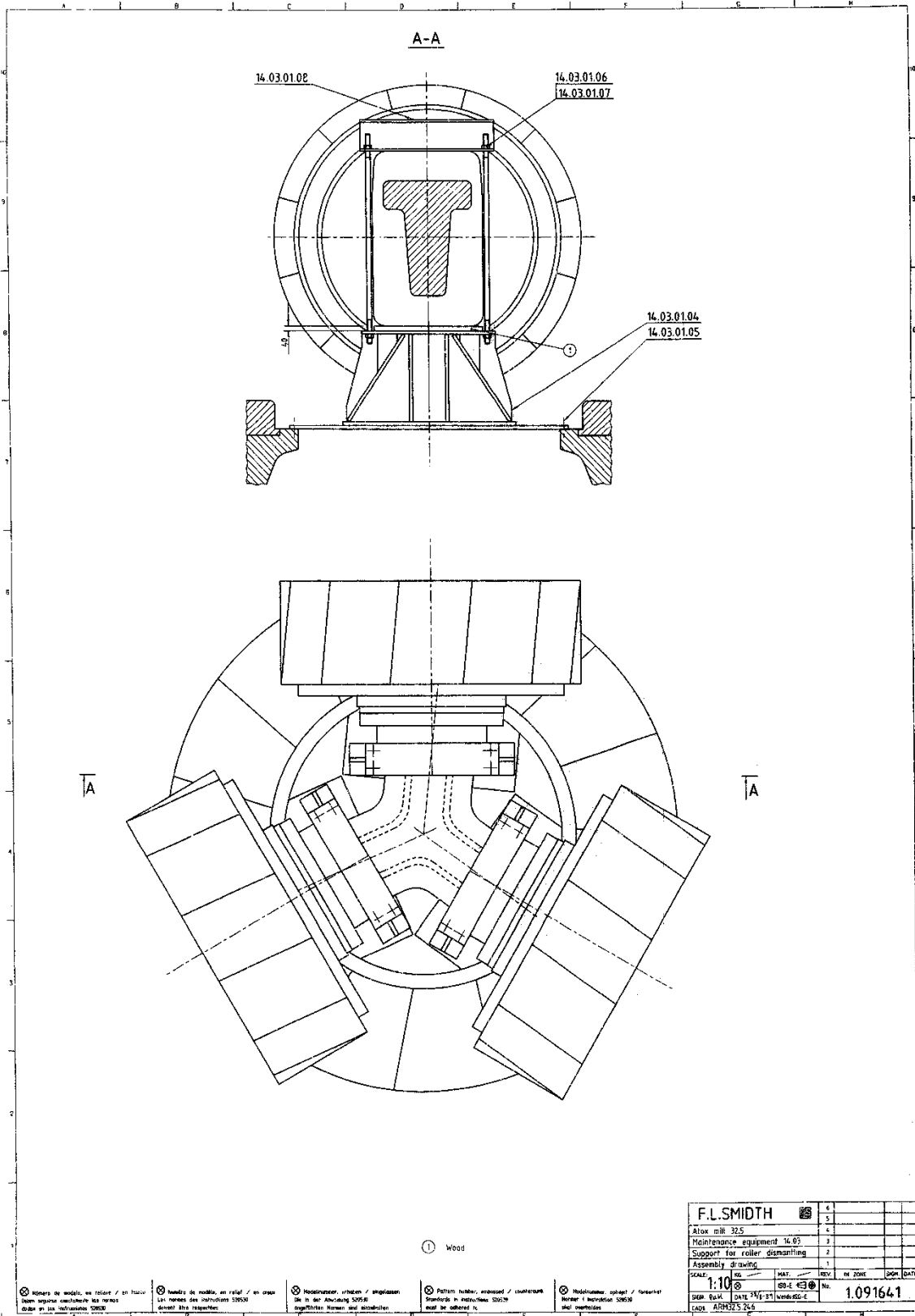
Rondelle plate avec joint feutre ou metaloplastique



Rondelle spéciale avec joint caoutchouc

3. Dessine de définition des galets :





① Wood

⊗ Numéro de modèle, en relief / en bas-relief
 ou en creux
 ou en sautoir
 ou en sautoir
 ou en sautoir

⊗ Numéro de modèle, en relief / en creux
 ou en sautoir
 ou en sautoir
 ou en sautoir

⊗ Höhenmaße, Höhen / Abstände
 im Maßstab 1:10
 Höhenmaße, Höhen / Abstände
 im Maßstab 1:10

⊗ Pattern number, engraved / counterbored
 or in the drawing
 Pattern number, engraved / counterbored
 or in the drawing

⊗ Höhenmaße, Höhen / Abstände
 im Maßstab 1:10
 Höhenmaße, Höhen / Abstände
 im Maßstab 1:10

F.L. SMIDT		4		
Atox mill 32.5		5		
Maintenance equipment 14.03		6		
Support for roller dismantling		7		
Assembly drawing		8		
SCALE:	1:10	MAT.	REV.	IN ZONE
SEP. 84M	DATE 27/1/85	DR. 43	1091641	
CASE	APR 85 246			

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique

OPTION : *Maintenance Industrielle*

PROPOSE ET DIRIGE PAR :

➤ *BENDJAIMA Taieb*

ETUDIE PAR :

➤ *ESSAIDE Arbiha*

THEME :

Application de l'A.M.E.D.C aux deux broyeurs (a boulet et a galets) de LAFARGE M'sila.

Résumé :

Ce mémoire consiste à utiliser la technique AMDEC (Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effet et de leur Criticité). pour détecter les systèmes ou les pièces qui sont les plus sollicités et par suit susceptible de panne, afin de proposer des améliorations permettant d'augmenter leur fiabilité et leur rendement et longévité.

Abstract :

This thesis consists of using the technique of AMDEC (analysis modes of failure of their effect and their criticality).for detect these systems or the pieces that are more request and by follows the break down sensitive (can cause a damage). In order to propose improvements their reliability and their sufficiency and longevity.

المخلص:

ان هذا العمل يتضمن استعمال تقنية (تشخيص اساليب العجز و تأثيرهم و حرجهم) . من أجل الكشف عن هذه الانظمة او القطع الاكثر حرجا و بالتالي معرضة للعطب من أجل اقتراح حلول تسمح لنا برفع الفعالية و تحسين المرود و تمديد في الحياة.