

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Techniques de productions industrielles

Présenté par :

Chaker Mohamed walid & Taibilakhedar

Thème

APPLICATION DE L'A.M.D.E.C SUR CONCASSEUR DE
LAFARGE M'SILA

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
HamritFareh	MCB	Président
Debih Ali	MCA	Encadreur
Meddah Moustapha	MCB	Examineur

Année Universitaire : 2019 / 2020

N° d'ordre : GM/...../2020

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Allah le tout puissant qui nous a éclairé le bon chemin.

nous tient à voudrions exprimer notre profonde gratitude à Mr . debihali qui fait le maximum d'effort pour nous permettre d'accomplir ce travail dans des bonnes conditions.

Alors que nous remercions également l'équipe LAFARGE de Messila en particulier, messieurs: Mounir , boudiaf; abdkader,

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

CHAKER et taibi

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

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

Toute la famille et (CHAKER)

Tous mes amis .

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 (taibi)

*Tous les enseignants qui m'ont aidé , et les
étudiants de Génie Mécanique, surtout les*

étudiants de 2^{eme} année Master

promotion

2019/2020.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Sommaire

LISTE des figures

LISTE des tableaux

1. Introduction généra..... ..01	Chapitre I	Page
1.1. Introduction..... ..02		02
I.2.Historique Lafarge ciment..... ..02		02
I.3.Lafarge ciment usine de M'sila..... ..02		02
I.3.1.Présentation de l'usine ACC du M'sila..... ..02		02
I.3.2.Situation..... ..02		02
I.3.3.Investissement..... ..03		03
I.3.4. Création d'emplois..... ..03		03
I.3.5.Capacité..... ..03		03
I.3.6 Autres Caractéristiques..... ..03		03
I.4.Organigramme..... ..04		04
I.5.Procédé de fabrication du ciment..... ..04		04
I.5.1.Définition du ciment..... ..04		04
I.5.2.Composition du ciment..... ..04		04
I.5.3.Organigramme du procédé..... ..05		05
I.6.Différent types de ciment05		05
I.7.Les étapes de fabrication du ciment06		06
I.7.1.Exploitation de la carrière..... ..06		06
I.7.2.Concassage..... ..06		06
I.7.3.Echantillonnage..... ..07		07
I.7.4.Pré-homogénéisation (doseur)..... ..08		08

I.7.5. Broyage cru (verticale).....	08
I.7.6. Homogénéisation.....	09
I.7.7. Cuisson.....	10
I.7.8. Refroidissement.....	10
I.7.9. BROYAGE CIMENT(HORIZONTALE).....	11
I.7.10. Ensachage et expedition.....	13

CHAPITRE II: Concassage dans l'industrie du ciment

II.1. Introduction2.....	14
II.2. Concassage des matières.....	15
II.3. Qualité de la matière et caractéristiques physiques.....	17
II.4. Principes de concassage.....	18
II.5. Types d'installation de concasseur.....	19
II.6. Types de concasseurs.....	21
II.6.1. Concasseeur à marteaux FLS, type EV.....	22
II.6.2. Concasseeur à marteaux articulés à double rotor avec grille de sortie.....	25
II.6.3. Concasseeur à marteaux articulés sans grille de sortie.....	26
II.6.4. Concasseeur à barres d'impact.....	27
II.6.5. Concasseeurs à mâchoires.....	29
II.6.6. Concasseeurs à cône.....	30
II.6.6.1. Concasseeurs giratoires.....	31
II.6.6.2. Concasseeur à cône ou concasseur Symons.....	32
II.6.7. Concasseeurs à mâchoire et à cylindre.....	33
II.6.8. Concasseeur à cylindre.....	35
II.6.9. Le concasseur à disques coupants.....	36
II.7. Choix du concasseur.....	37
II.8. Dimensionnement du concasseur.....	39
II.9. Trémies d'alimentation.....	40

II.10. Alimentateurs.....	42
II.10. 1. Alimentateurs à lamelles.....	42
II.10.2. Alimentateurs à vibrations.....	43
II.10.3. Alimentateur à grille déroulante.....	44
II.11. Pour une alimentation optimale.....	45
II.12. Choix du fournisseur.....	46
II.13. Pièces d'usure du concasseur.....	46
II.14. Concasseur EV250x300-2-86 de l'usine Lafarge m'sila.....	48
II.14. Composition et fonctionnement.....	50
II.14. 1 Composition.....	50
II.14.1.1. Corps du concasseur.....	51
II.14. 1.2. Cylindre d'admission.....	51
II.14. 1.3. Rotor à marteaux.....	52
II.14. 1.4. Plateau de concassage.....	52
II.14. 1.5. Grille de sortie.....	53
II.14. 2. Fonctionnement.....	53
II.14. 3. Utilisation.....	54
II.14. 3.1. Ajustement de la grille.....	54
II.14. 3.2. Ouverture de la section supérieure basculante.....	56
II.14. 3.3. Ajustement du plateau de concassage.....	56
Chapitre III	
III.1. Introduction.....	58
III.2. GENERALITE SUR MAINTENANCE.....	58
III.2.1. DEFINITION ET OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE.....	58
III.2.2. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE.....	59
III.2.3. Les phénomènes précurseurs de pannes.....	59
III.2.4. Types de maintenance.....	60

III.2.4.1. La maintenance préventive.....	61
III.2.4.1.1. Les opérations de maintenance préventive.....	61
III.2.4.1.2. Types de maintenance préventive.....	61
III.2.4.2. La maintenance corrective.....	62
III.2.3.2.1.Types de maintenance corrective.....	62
III.2.5. Niveaux de maintenance.....	62
III.2.5. Cout de maintenance.....	63
III.3. Moyens et techniques de la maintenance.....	63
III.3.1. Fonction de la maintenance.....	63
III.3.2. Notions fondamentales.....	64
III.3.2.1. Définition.....	64
III.3.2.2. Méthodes et approches du diagnostic.....	65
III.4. Présentation de MAXIMO.....	67
III.4.1. Objectifs.....	67
III.4.2. Modules de MAXIMO.....	68
III .5. Conclusion.....	70
Chapitre IV	
IV.1. Introduction.....	71
IV.2. Définition de l'AMDEC : afnor (norme x-510).....	71
IV.3. Principes de la Méthode.....	71
IV.3.1.1-Analyse fonctionnelle.....	71
IV.3.1.2-Analyse de défaillance.....	72
IV.3.1. 3- Recensement des modes de défaillance.....	72
IV.3.1. 4- Recherche des causes de défaillance.....	72
IV.3.1. 5-Hiérarchisation des défaillances.....	72
IV.4. Le but d'étude AMDEC-	72
IV.4.1 Les différents types d'AMDEC et leur objectif.....	73

IV.4. Le but d'étude AMDEC MACHINE-	75
IV.6. Démarche pratique de L'AMDEC-MACHINE.....	76
IV.6.1.Etape1 : Initialisation	76
IV.6.2. Etape 2 : Décomposition fonctionnelle.....	77
IV.6.2.1. But.....	77
IV.6.2.2. La phase de découpage du système.....	77
IV.6.3. ETAPE 3 : ANALYSE AMDEC.....	77
IV.6.4. Etapes 4 : synthèses.....	81
Application de l'AMDEC sur concasseur	88
Conclusion général.....	88
Annexe	
Bibliographie	
Résumé	

Chapitre I : Présentation de Lafarge ciment

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

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

Chapitre II :

TableauII.1 : énergie consommée lors des différents processus de production du ciment.

TableauII.2. :Matières premières du ciment

Tableau : II . 3 : Taux de réduction typiques des concasseurs utilisés pour le concassage

Chapitre III :Généralité sur maintenance

Tableau III.1. Les Niveaux de maintenance

Chapitre IV : Application de l'AMDEC

Tableau IV.1. Les types de l'AMDEC

Tableau IV.2. Tableau de fréquence

Tableau IV.3. Tableau de gravité

Tableau IV.4. Tableau de non détection

Tableau IV.5. Niveau de criticité

LISTE DES FIGURES PAR CHAPITRE

Chapitre I: Présentation de Lafarge ciment

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

Figure I. 2 : Organigramme de Lafarge M'sila

Figure I. 3 : Les étapes de fabrication du ciment

Figure I. 4 : Exploitation de la carrière

Figure I. 5 : Concassage

Figure I. 6 : Pré-homogénéisation

Figure I. 7 : Broyage cru (vertical)

Figure I. 8 : Zone cuisson

Figure I. 9 : Refroidisseur

Figure I.10 : Broyage ciment

Figure I.11: Ensachage et expédition

Chapitre II :Concassage dans l'industrie du ciment

Figure II.1: Principe de fragmentation de la matière

Figure II.2: Concassage à un étage en une passe avec concasseur à marteaux rotatifs et grille desortie ou avec concasseur à barre d'impact.

Figure II. 3: Ancien modèle de concassage à deux étages en une seule passe avec concasseur à mâchoires et concasseur à marteaux rotatifs et à double rotors avec grille de sortie

Figure II.4: Concassage à un étage en une seule passe d'argile collante dans des concasseurs àrouleaux.

Figure II.5: (a):Concasseur à marteaux à un cylindre d'avancement;(b)Concasseur à marteaux a deux cylindres d'avancement (c) Concasseur à marteaux éclaté

Figure II.6: Concasseur à marteaux rotatifs à double rotor avec grille de sortie

Figure II.7: (a) concasseur à bar d'impact fermé(b) concasseur à bar d'impact fermé: concasseur à barre d'impactà trois mâchoires

Figure II.8: concasseur a mâchoire

Figure II.9: concasseur giratoire (b) : concasseur à cône (c) concasseur a mâchoire d : concasseur a cône symons

Figure II.10: concasseur à mâchoire et à cylindre

Figure II.11: concasseur à cylindre

Figure II.12: concasseur à disque coupants

Figure II.13: Trémie d'alimentation FLS

Figure II.14: (a) Alimentateur à lamelles FLS[1].; (b) Alimentateur à lamelles FLS incliné ;(c) Alimentateur à lamelles FLS horizontal.

Figure II.15: Alimentateur à vibrations FLS

Figure II.16: Alimentateur à grille déroulante

Figure II.17: Usure rapide des marteaux Mg 12%

Figure II.18: (a) concasseur EV 250x300-1-85 (b) concasseur EV 250x300-2-85

Figure II.19: Corps du concasseur

Figure II.20: Contrôleur de vitesse

Figure II.21: Ajustement de la grille

Figure II.22: Ajustement du plateau de concassage

Figure II.23: Rotor à marteaux du concasseur EV250x300

Figure II.24: Grille de sortie du concasseur à marteaux

Chapitre III :GENERALITE SUR MAINTENANCE

Figure III.1: types de maintenance

Figure III.2: champs d'application du diagnostic

Figure III.3: Les différentes étapes du diagnostic industriel

Figure III.4: Présentation de logiciel MAXIMO

Chapitre IV : Application de l'AMDEC au concasseur

Figure IV.1: Découpage du système sous forme arborescente

Introduction Général

Le premier homme a écrasé des grains et des noix avec des pierres pour libérer l'intérieur comestible des coquilles dures, alors que la population mondiale continuait de décroître, la demande de convertir les matières premières en produits tels que les médicaments, les minéraux et les colorants a augmenté. Pendant ce temps, la demande de précision des particules améliore la machine de broyage.

Le concasseur est une machine conçue pour réduire la taille des grosses roches en roches plus petites, en gravier ou en farine de roche, et le concasseur peut être utilisé pour réduire le volume des déchets ou changer la forme, pour faciliter l'élimination ou le recyclage, ou pour réduire la taille du mélange solide de matières premières (comme dans les roches brutes). Afin de distinguer les pièces d'une composition différente, le concasseur est considéré comme l'un des principaux équipements de l'atelier de concassage et de la chaîne de production de l'industrie du ciment pour réduire le volume de matériaux provenant de la carrière afin qu'il soit adapté au traitement qui lui sera soumis dans les prochaines étapes de la production de ciment.

Notre mémoire est présenté en quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre nous exposons « présentation de l'entreprise (LAFARGE) »
- Le deuxième chapitre est « description des concasseur et grateur »
- Dans le troisième chapitre nous avons « généralité sur maintenance »
- un dernier chapitre « application de l'AMDEC aux concasseur ».

I. 1. INTRODUCTION

Le ciment est un produit qui porté à 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 HammamDala, wilaya de M'sila . **Figure (I.1)**



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

I.3.3. INVESTISSEMENT

- ❖ 1^{ère} ligne complète : 260 millions \$ US .
- ❖ 2^{ème} ligne complète : 190 millions \$ US .

Total : 450 millions \$ US .

I. 3. 4. CREATION D'EMPLOIS

- ❖ 1ere ligne complète : 800 Emplois .
- ❖ 2ème 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)**

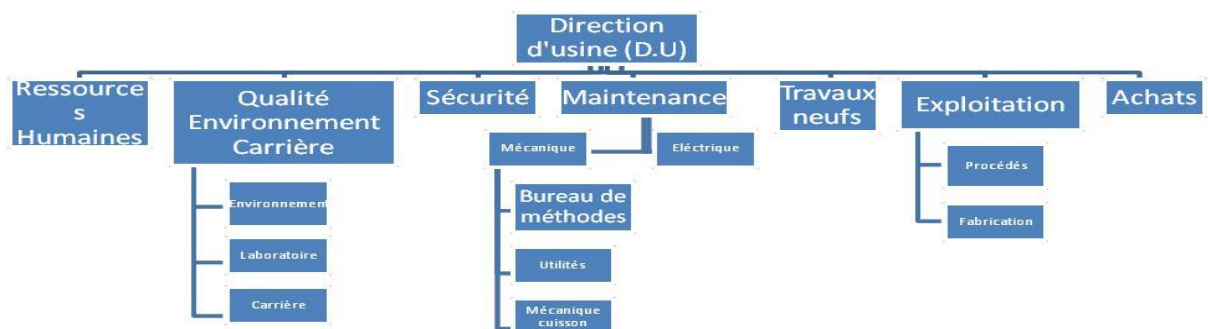


Figure (I. 2) : Organigramme de LAFARGE M'sila.

I. 5. PROCÉDE 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	Si ₂ O ₃	Silice
A	Al ₂ O 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'ensilage 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)**

**(a)****(b)****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) :**

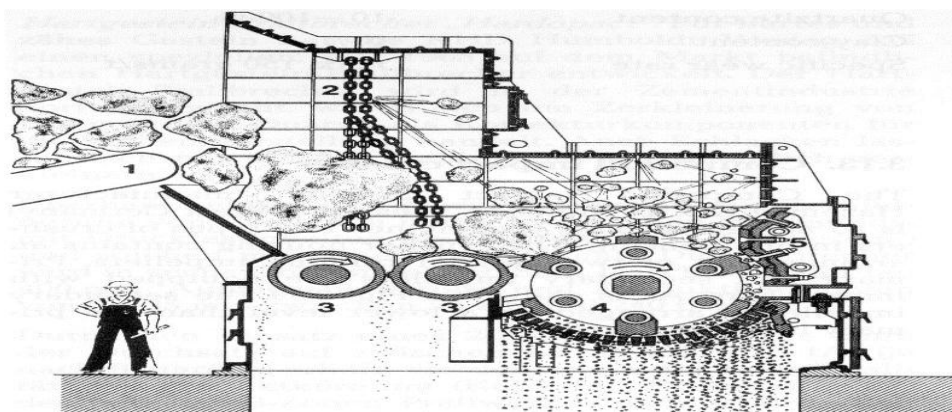


Figure (I.5) : Concassage.

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)**



Figure (I.6) : Pré-homogénéisation.

1.7. 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 crue. 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)**

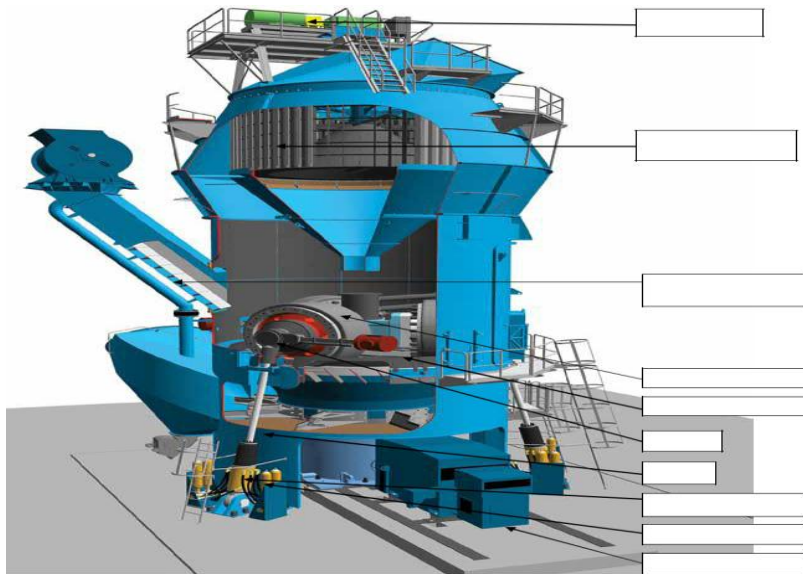


Figure (I.7) : Broyage cru (vertical).

I. 7. 6. HOMOGENEISATION

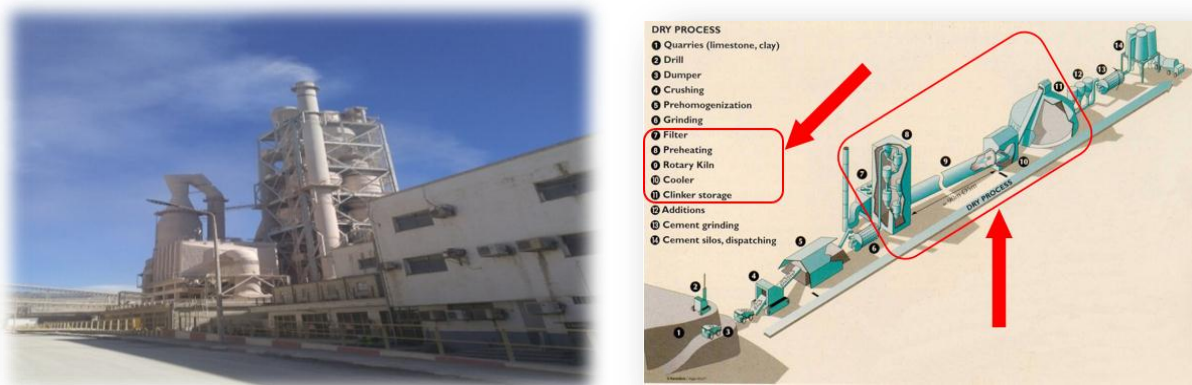
A la suite du broyage et après séparation, les matières premières sont transformées en une poudre très fine appelée dans le jargon cimentier « Farine » . Cette farine doit présenter une composition chimique aussi constante que possible. Ces matières premières sont acheminées vers des silos dans lesquelles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



(a)(b)

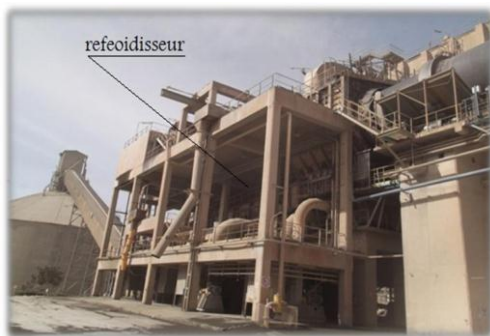
Figure (I.8) : Zone cuisson.

1.7.8. REFROIDISSEMENT

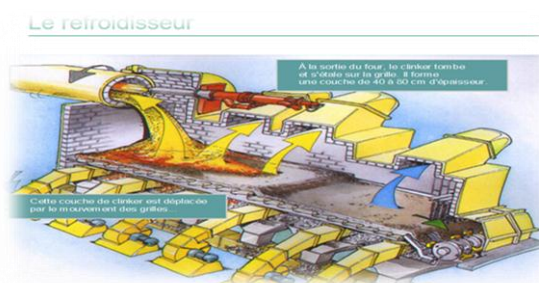
Il est situé à l'aval du four, c'est un refroidisseur à grilles horizontales au nombre de deux à commande hydraulique. Le refroidissement est assuré par onze ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage. Le refroidisseur a un triple rôle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

- ❖ Refroidir le clinker qui sort du four.
- ❖ Récupérer le maximum de chaleur contenu dans le clinker. **Figure (I.9)**

Assurer la trempe de clinker par un refroidissement énergétique et rapide.



(a)



(b)

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.

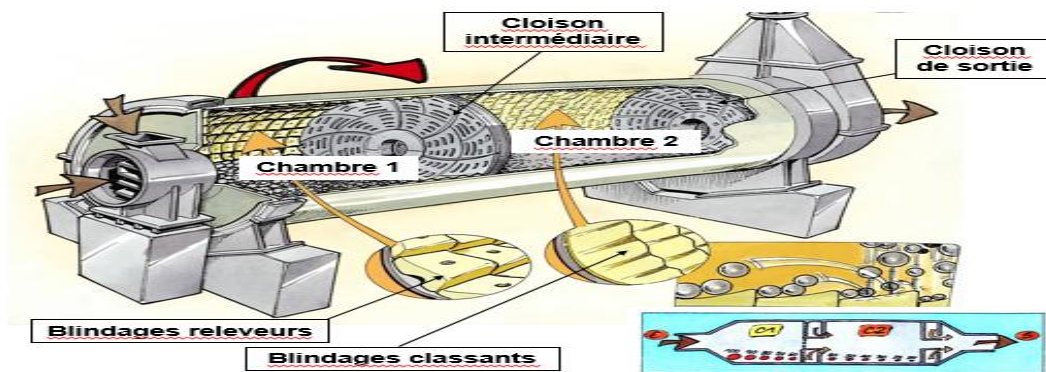
Les pourcentages des ajouts en fonction du type de ciment voulu :

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

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

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

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)**



Le broyage du ciment : Les équipements



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 desacs [1].**Figure (I.11)**



Figure (I.11) : Ensachage et expédition

I. 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 multiplexe 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

II.1. Introduction

Lorsqu'on parle du concassage dans l'industrie du ciment, on pense généralement à la nécessaire réduction de la taille des matières venant de la carrière pour qu'elles soient adaptées au traitement qu'elles subiront dans la chaîne suivante de production (les broyeurs).

Le concassage des matières premières du ciment est le plus souvent un procédé simple qui ne pose pas de:

- ❖ problème d'usure particulier.
- ❖ et qui n'exige pas de granulométrie spéciale autre que la taille maximale.

On peut parfois être confronté à des conditions difficiles telles que l'usure et l'adhésivité de la matière. Certaines cimenteries n'ont qu'un seul concasseur pour concasser la matière première: il s'agit souvent d'un concasseur à marteaux avec grille de sortie ou d'un concasseur à barres d'impact. Cependant, la plupart des nouvelles cimenteries sont équipées de 2 ou 3 départements de concassage pour les différentes matières premières, ce qui facilite la coordination au niveau de la livraison de la matière et permet de choisir le meilleur procédé de concassage.

Un procédé typique de concassage des matières premières primaires est illustré sur le diagramme RRSB (Rosin-Ramler Sperling Diagramme) de la (figure. 1.1, a & b) et, on donne un exemple type de l'énergie consommée pendant le concassage comparée à l'énergie consommée lors du procédé de broyage des matières premières. Le tableau.1.2 illustre la consommation d'énergie type lors des différents processus de production du ciment. Pour certains, il sera sans doute surprenant de constater que la consommation d'énergie soit si basse pour le concassage. Ce n'est pas la consommation d'énergie qui importe lorsqu'il s'agit de choisir le processus de concassage et l'équipement. Le plus important, ce sont les facteurs tels que: la fiabilité dans la production, l'économie d'usure, l'entretien et les investissements de départ [2].

énergie consommée lors des différents processus de production du ciment

Tableau II.1 : énergie consommée lors des différents processus de production du ciment.

	combustibles kcal/kg de ciment	Electricité kWh/t ciment
Carrière	-	0
Concasseurs	-	2.5
Pré homogénéisation et transport	-	1.5
Broyeur à cru	0 - 100	27
Silo à farine crue	-	1.5
Alimentateur de four	-	1.5
Four et refroidisseur	720	23
Broyeur à charbon	-	2.5
Broyeur à ciment	-	30
Usine d'emballage	-	1
Autres		4.5
TOTAL	720	95

II.2. Concassage des matières

Le tableau.1.3 donne les matières premières du ciment les plus couramment employées. La plupart de ces matières sont concassées d'une manière ou d'une autre avant d'entrer dans la chaîne de production. Le nom de ces matières ne donne pas tout ce qu'il est nécessaire de savoir sur ces matières pour être en mesure de décider quel processus de concassage est le meilleur lors du traitement préalable [2]

Classification des matières premières du ciment**TableauII.2.** :Matières premières du ciment[2].

GROUPE:	NOMS :
SABLE	Sables, Gravillons, Quartzites
SABLE/ARGILE	Silt ,Siltstone ,Gneiss ,Rhyolite ,Dacite
	Granit ,Granodiorite

ARGILE	Argile ,Schiste, Phyllite, Micaschiste
	Trachyte, Andésite, Syénite ,Diorite
ARGILE/CARBONATE	Marne ,marne vitrifiable, phyllite de calcite
	micaschiste de calcite ,Amphibolite
	Basalte ,Gabbro
CARBONATE	Craie, Calcaire, Marbre
FER	Limonite ,Oligiste, Magnétite
SULFATE	Gypse
CHARBON	Tourbe ,Lignite, Charbon, Anthracite
CLINKER, CENDRES, LAITIER	Clinker de ciment
	Pouzzolane
	Tuf
	Laitier de haut-fourneau

II.3. Qualité de la matière et caractéristiques physiques

Pour pouvoir choisir le processus de concassage le plus approprié à une matière, il faut connaître la nature et les caractéristiques de cette matière comme les exigences auxquelles le produit concassé doit répondre.

Le nom de la matière n'est pas une information suffisante pour connaître la matière. Normalement, on peut facilement obtenir des informations fiables sur le type de matière, la composition chimique, l'homogénéité, la taille maximale la distribution granulométrique, la teneur maximale en eau et la densité ainsi que des informations sur la distribution granulométrique de particules du produit concassé.

Il est plus difficile d'obtenir des informations fiables sur la consommation d'énergie, les caractéristiques d'usure, la résistance compressive et l'adhésivité des matières à concasser.

Certains fournisseurs de concasseurs comme FLS ont des possibilités pour étudier ces caractéristiques en laboratoire. Il n'existe pas de standards communément acceptés pour mesurer la consommation d'énergie, l'usure et les caractéristiques d'adhésivité.

Chaque fournisseur a sa propre méthode et sait d'expérience comment les résultats obtenus sont liés au concassage effectué par les différents types de concasseurs.

Les caractéristiques d'adhésivités sont les plus difficiles à évaluer puisqu'elles sont liées à plusieurs caractéristiques physiques et il n'est pas facile d'empêcher les problèmes d'adhésivité lors du concassage ou d'y remédier.

Les caractéristiques d'adhésivité sont principalement reliées à la structure de la matière et à la teneur en eau. Il est rare que les matières pierreuses absorbent suffisamment d'eau pour créer des problèmes d'adhésivité alors que les matières à grains fins et non - consolidées comme la craie, la marne et l'argile sont susceptibles d'absorber beaucoup d'eau.

Une teneur en eau inférieure à 10-12 % cause rarement des problèmes d'adhésivité dans les types de concasseurs utilisés dans l'industrie du ciment. Lors de l'exploitation en carrière, de la mise en stock, du transport et autres traitements des matières collantes, il est très important de ne pas décomposer la structure de la matière inutilement et

d'empêcher les prises d'eau superflues. Par exemple, on aura des difficultés à traiter une matière déjà délicate si elle est fragmentée.

Les recherches faites sur les caractéristiques des matières sont basées sur des échantillons types de matières. Pour obtenir des résultats qui peuvent être utilisés, il importe que les échantillons soient représentatifs des matières qui seront employées lors du processus de concassage envisagé.

Une analyse des caractéristiques de matière appropriée au concassage nécessite un échantillon d'environ 20 kg sous forme de particules de 200µm environ. L'examen de la teneur en eau naturelle doit être exécuté sur la carrière en collaboration avec un géologue expérimenté ou un ingénieur des mines.

La grosseur maximum de la matière alimentée au concasseur est très souvent un facteur décisif pour choisir la taille de la machine. La grosseur maximum de la matière est un élément déterminant pour une économie optimale de l'installation.

D'autre part, il pourrait être avantageux d'effectuer un deuxième abattage ou de casser les gros blocs ou encore de réduire d'une façon ou d'une autre la taille maximum de la matière qui sera amenée au concasseur [2].

II.4. Principes de concassage.

La figure.1.4 montre les 4 principes de fragmentation de la matière :

- ❖ PERCUSSION : est illustrée par un **Marteau**.
- ❖ FROTTEMENT : est illustrée par la **Lime**.
- ❖ CISAILLEMENT : est illustrée par un **Ciseaux**.
- ❖ COMPRESSION : est illustrée par un **étai**.



Figure.II.1:Principe de fragmentation de la matière[2].

Les concasseurs fonctionnent selon un ou plusieurs de ces principes. La grosseur maximum de la matière à concasser peut être influencée par la procédure d'abattage par explosifs dans la carrière. Voici comment ces principes sont reliés à l'économie d'usure et à la consommation d'énergie:

Usure:

- ❖ Compression minimale
- ❖ Percussion
- ❖ Cisaillement
- ❖ Frottement maximale

Consommation d'énergie:

- ❖ Compression minimale
- ❖ Percussion
- ❖ Cisaillement
- ❖ Frottement maximale

La compression est à la fois le principe qui consomme le moins d'énergie et le moins exposé à l'usure. Le choix semble donc être facile mais lorsqu'on tient compte des facteurs comme l'adhésivité, la taille des morceaux, la distribution granulométrique du produit, la complexité et le prix, l'image change [2].

II.5. Types d'installation de concasseur

Le concasseur est le principal équipement dans l'atelier de concassage. La configuration du département de concassage peut être plus ou moins complexe en fonction du type et de la conception du concasseur, des conditions de la matière à traiter et des exigences du produit. Parmi les éventuels équipements du département de concassage, on peut citer:

- ❖ La trémie d'alimentation
- ❖ Le marteau de concassage (pour séparer les blocs importants dans la trémie).
- ❖ Le bras excavateur (pour supprimer la matière collante de la trémie).
- ❖ Le bras preneur (pour enlever les blocs importants de la trémie).
- ❖ Les alimentateurs.
- ❖ Les pré-tamiseurs.
- ❖ Les concasseurs.
- ❖ Les cribles de vibration.
- ❖ Les silos intermédiaires.
- ❖ Les bandes transporteuses.
- ❖ Les installations de dépoussiérage.
- ❖ Les équipements de nettoyage.
- ❖ Les équipements pour l'entretien.
- ❖ Les équipements pour le contrôle et la surveillance.

FLS a fait de son mieux pour concevoir les concasseurs les plus simples possibles afin de répondre aux besoins les plus courants dans la production du ciment. Ainsi, on utilise le plus souvent le concasseur à marteaux avec grille de sortie, le concasseur à barres d'impact et le concasseur à rouleaux, mais on utilise également d'autres types de concasseurs lorsque cela est nécessaire.

Les différents types d'installation à concassage sont illustrés sur les figures. II.2 ;II.4

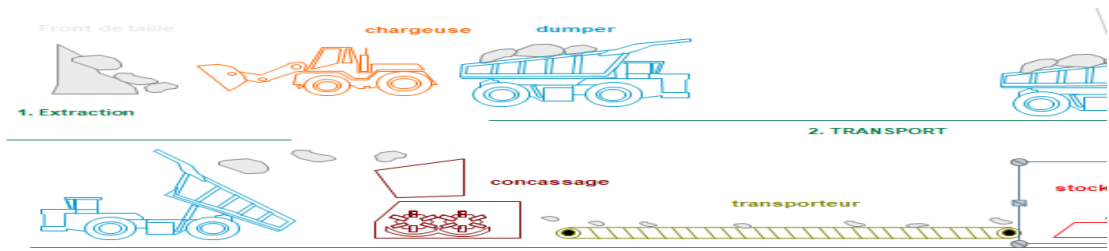


Figure.II.2 : Concassage à un étage en une passe avec concasseur à marteaux rotatifs et grille de sortie ou avec concasseur à barre d'impact. [2].

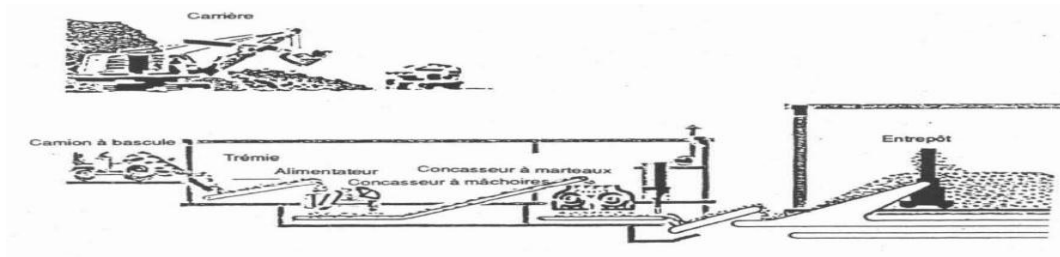


Figure.II.3: Ancien modèle de concassage à deux étages en une seule passe avec concasseur à mâchoires et concasseur à marteaux rotatifs et à double rotors avec grille de sortie. [2].

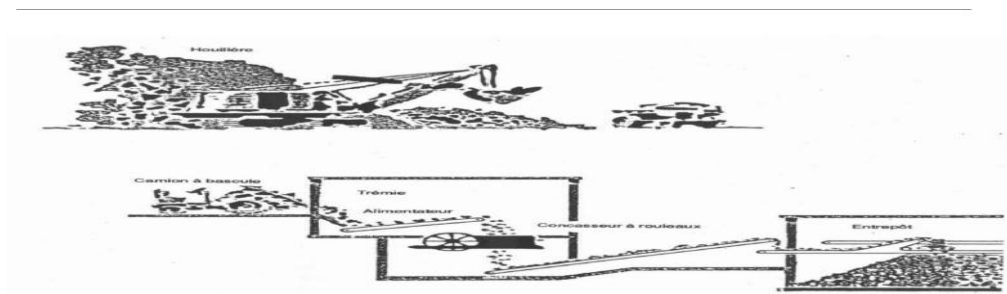


Figure.II.4: Concassage à un étage en une seule passe d'argile collante dans des concasseurs à rouleaux. [2].

II.6. Types de concasseurs

- Les concasseurs utilisés ordinairement dans l'industrie du ciment sont les suivants:
- Les concasseurs à marteaux rotatifs (figure II.5 a - II. 5 c)
- Les concasseurs à marteaux rotatifs à double rotor avec grille de sortie (figure II.6).
- Les concasseurs à barres d'impact (figure II.7)
- Les concasseurs à mâchoires (figure II.8)
- Les concasseurs à cônes (figure II.9)
- Les concasseurs à mâchoires et à cylindres (figure II.10)
- Les concasseurs à cylindres (figure II.11)
- Les concasseurs à cylindres dentés (figure II.12)

La description des concasseurs est donnée dans les pages suivantes .

Ces concasseurs n'ont bien sûr pas les mêmes objectifs, ce qui signifie qu'il est important de choisir le bon concasseur pour telle tâche spécifique. La question est donc de savoir: quel est le critère de sélection ?

II.6. 1. Concasseur à marteaux FLS, type EV

Afin d'éviter un concassage compliqué en plusieurs étapes, FLS a mis au point un concasseur à marteaux: le concasseur EV qui n'exige pas de concassage primaire préalable. Il réduit les morceaux de pierre de 2 m à 25 mm. Le concasseur EV utilise un rotor simple à marteaux fonctionnant à la vitesse périphérique d'environ 40 mètres par seconde.

La grille d'entrée n'est pas nécessaire puisque le concasseur EV est conçu avec des cylindres destinés à absorber le choc des gros morceaux. Le concasseur EV peut également traiter des matières contenant une certaine proportion d'éléments collants.

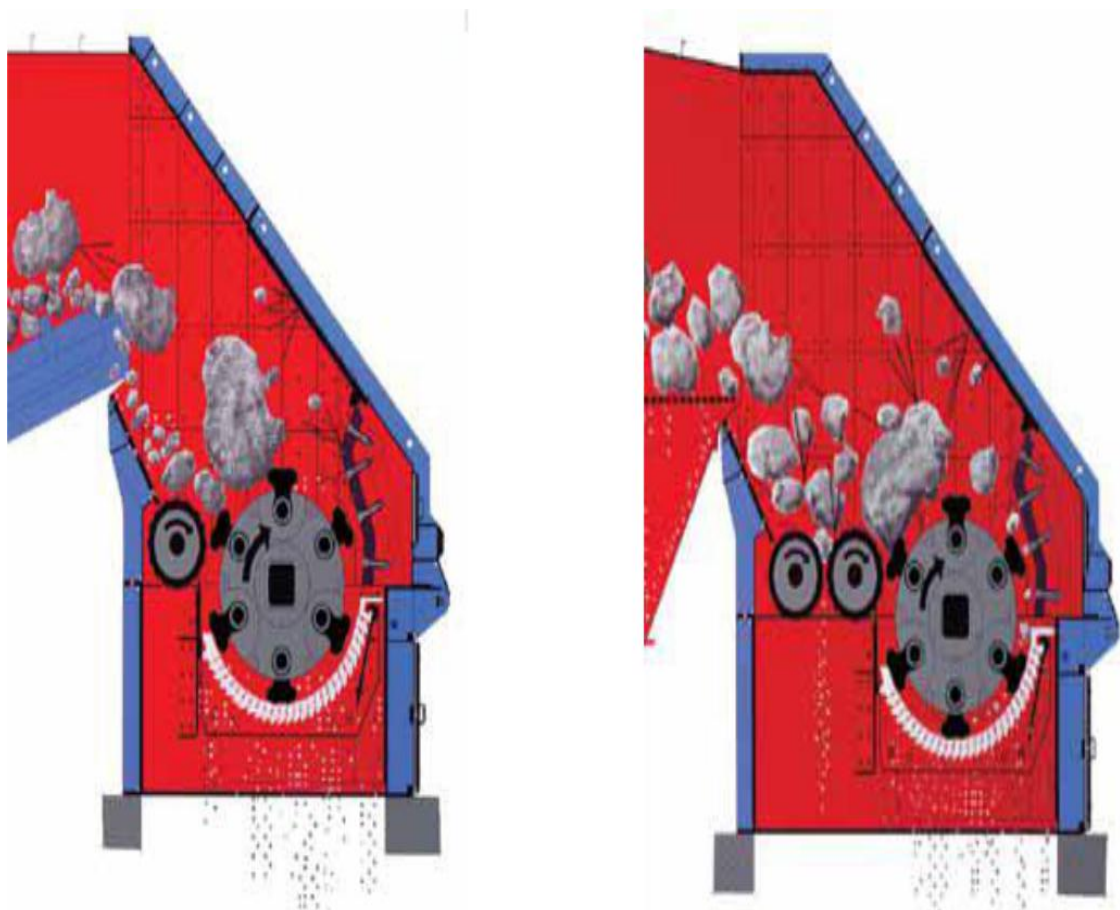
Lorsqu'un concasseur standard EV est équipé de grilles de sortie convenables, sa production peut directement être alimentée au broyeur à boulets. Si l'on désire un produit plus gros, on augmentera l'espace entre les barres de sortie, le débit du concasseur en sera d'autant plus accru.

Les morceaux de pierre sont amenés au concasseur par un alimentateur séparé qui répartit la matière sur toute la largeur de l'entrée du concasseur.

En entrant dans le concasseur, les morceaux tombent sur deux cylindres d'amortissement des chocs: l'un ayant une surface lisse alors que l'autre est pourvu de saillies. Ils fonctionnent à différentes vitesses afin d'empêcher les morceaux de se coincer.

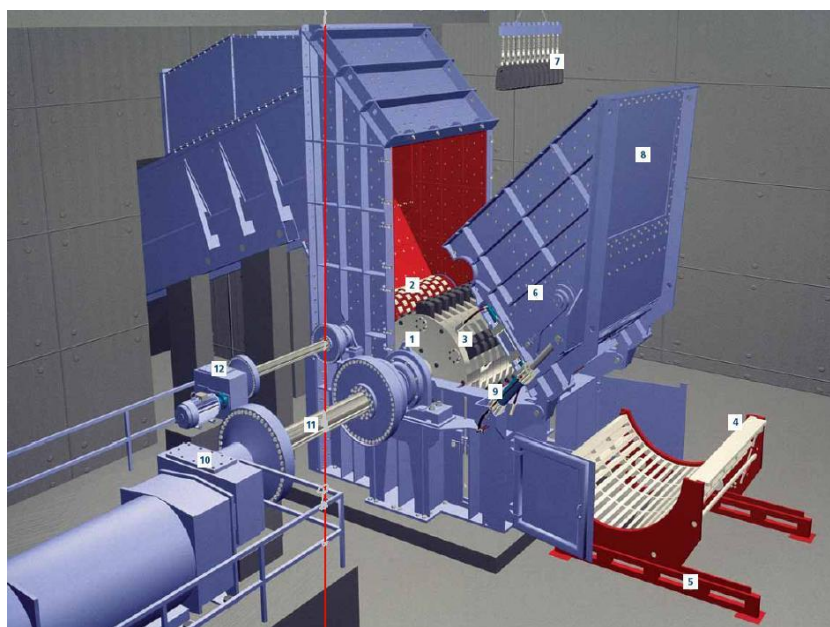
Certaines matières fines s'introduisent dans l'espace situé entre les cylindres et se séparent à ce niveau.

Les cylindres alimentent les morceaux aux marteaux qui les brisent et les projettent contre le plateau de concassage & les tôles de revêtement situées dans la partie supérieure du concasseur pour finir de les fragmenter. Le lourd rideau de chaînes verticales à l'entrée du concasseur empêche la matière de rebondir vers l'alimentateur. Au stade de concassage suivant, les morceaux cognent contre le plateau de concassage réglable et contre les barres de la grille de sortie. Enfin, le produit concassé passe à travers les ouvertures de la grille et est évacué par une bande transporteuse.



(a)

(b)



(c)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Rotor à Marteaux (Hammer rotor) | 2. Cylindre d'avancement (Inlet roller) |
| <input type="checkbox"/> Marteaux (Hammers) | 4. Grille de sortie (Outletgrate) |
| 5 Rails (Rails for sliding grate in and out) . | 6. Enclume (Breaker plate adjustment) |
| 7. Marteaux de rechange (Sparehammers) | 8. Partie supérieur (Top part) |
| 9. Verins (Hydraulic cylinders for opening top part) | 10. Réducteur (Main drive station) |
| 11. Accouplement à membrane (Membrane coupling) | 12. Réducteur (Drive station, inlet roller) |

FigureII.5: (a):*Concasseur à marteaux à un cylindre d'avancement;*(b)*Concasseur à marteaux a deux cylindres d'avancement* (c)
Concasseur à marteaux éclaté [7]

Le produit fini venant du département de concassage peut être alimenté directement au broyeur à boulets: dans ce cas, le produit d'alimentation ne doit pas contenir plus de 5% ; de morceaux supérieurs à 25 mm. Cet objectif est atteint en réglant l'écartement des fentes des grilles de sortie du concasseur EV de 36 à 44 mm. Inversement, en élargissant ces fentes à 100 mm environ, la production du concasseur augmente d'environ 50% sans que la consommation d'énergie en soit accrue (Amplifier). Mais environ 35 % du produit fini sera composé de morceaux supérieurs à 25 mm.

Si la charge de moteur du concasseur dépasse un certain niveau prédéterminé, l'alimentation du concasseur est automatiquement coupée jusqu'à ce que la consommation d'énergie revienne à la normale, suite à quoi l'alimentateur se remet en marche. Si le concasseur est encombré de corps étrangers non réductibles (des pièces d'acier par ex.), un dispositif de sûreté automatique déconnecte l'alimentation en énergie du concasseur et de l'alimentateur pour permettre un dégagement manuel [2].

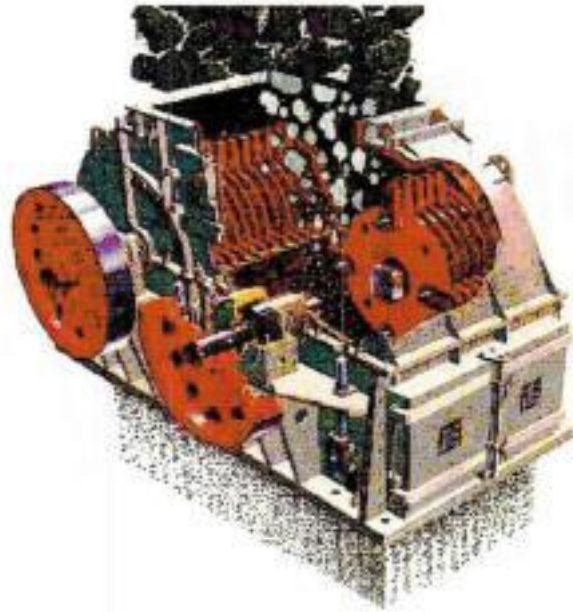
II.6. 2. Concasseur à marteaux articulés à double rotor avec grille de sortie

Figure II.6: Concasseur à marteaux rotatifs à double rotor avec grille de sortie [7]

Les matières premières de ciment n'ont pas la même dureté, ce qui, combiné à d'autres facteurs, détermine le mode de fragmentation préalable au broyage du concasseur. Certaines matières premières peuvent être broyées à la taille d'alimentation du concasseur dès le premier concassage tandis que les autres devront peut-être subir un concassage en deux phases, c.à.d. un concassage primaire suivi d'un concassage secondaire.

Les concasseurs à marteaux à double rotor sont en fait des concasseurs secondaires, mais leur conception robuste et résistante les rend bien appropriés au concassage primaire des matières friables comme le calcaire, le gypse et le charbon brut.

Les concasseurs à marteaux FLS avec grille de sortie sont disponibles avec des vitesses périphériques convenant aussi bien au concassage primaire qu'au concassage secondaire et peuvent être adaptés pour traiter différentes matières premières. L'écartement des fentes dans les grilles de sortie peut s'adapter aux conditions opérationnelles en question.

Les arbres de rotor sont dotés de disques sur lesquels pivotent les marteaux. Les arbres de rotor tournent dans des rouleaux à roulement fortement immergés dans des bains d'huile et ils reposent sur le capot du concasseur composé d'un lourd alliage de fer et de sections soudées et boulonnées ensemble. Le capot est recouvert de plaques d'usure remplaçables.

Le concasseur à marteaux doubles est doté d'une lourde enclume avec des plaques de recouvrement remplaçables et une grille de sortie : ces deux parties peuvent être réglées pour compenser l'usure [2].

II.6. 3. Concasseur à marteaux articulés sans grille de sortie

Ce genre de concasseur à marteaux est utilisé pour traiter des matières relativement faciles à broyer comme la craie, le calcaire, le gypse, le charbon et autres matières semblables dont la résistance à la compression peut s'élever jusqu'à 800 kp/cm environ. Ce concasseur peut travailler avec des matières à adhésivité modérée.

Le concasseur ne convient pas aux matières très abrasives à cause de son principe de concassage qui est une conjonction de la percussion et du frottement. La matière doit être alimentée sur toute la largeur du rotor en glissant au-dessus du fond en direction de l'entrée.

Le concasseur n'a pas de grille d'entrée et le produit est par conséquent limité en ce qui concerne sa granulométrie maximale. Le produit concassé ne contient généralement pas plus de 5% de grains supérieurs à 25-30 mm. Ce qui signifie que le produit peut normalement être utilisé comme alimentation à un broyeur à boulets sans traitement supplémentaire.

Ce concasseur est un concasseur à marteaux sans grilles d'entrée et de sortie et il comprend :

Un cadre d'assise robuste doté de consoles pour le corps de palier de l'arbre.

Le rotor avec son arbre reposant sur les roulements à rouleaux dans les corps de palier, avec les disques à marteaux et les boulons à marteaux à passage direct sur lesquels sont accrochés les marteaux en acier au manganèse. L'arbre à marteaux est doté d'un volant. Une mâchoire réglable dotée d'un recouvrement résistant à l'usure.

Le capot pivotant supérieur constitué d'une plaque en acier donne accès aux parties internes du concasseur. Le capot supérieur et le cadre d'assise sont recouverts de plaques de recouvrement échangeables, résistantes à l'usure dans les endroits exposés à l'usure.

Le concasseur à marteaux est conçu pour une commande à courroie trapézoïdale venant d'un moteur séparé [2].

II.6.4. Concasseeur à barres d'impact

Le concassage par percussion est une opération dynamique dans laquelle le broyage se déroule en trois étapes. La première étape consiste à effectuer la plus grande partie du concassage par percussion, c.à.d. grâce à l'impact des barres motrices sur l'alimentation du concasseur. La fonction des mâchoires installées à l'intérieur du concasseur est de jouer le rôle de plaques de déviation: la matière est projetée contre elles, elle est rejetée vers le compartiment de concassage dans lequel elle subit à nouveau le choc des barres motrices avant de quitter le concasseur par la fente située entre le rotor et le côté le moins élevé de la mâchoire.

La seconde étape du concassage s'effectue avec le choc de la matière contre les mâchoires. Lors de la troisième étape de concassage, les matières sont concassées les unes contre les autres. Cependant, dans ce système, le principal facteur de réduction est l'impact. La fragmentation ou broyage suit des clivages naturels où l'adhérence est basse (figure.1.10 a ; b & c).

Les broyeurs à impact sont constitués d'un ou deux rotors dotés de barres à percussion. La vitesse circonférentielle des rotors est d'à peu près 23 à 45 m/s. Cette allure est nécessaire pour donner la vitesse requise à l'alimentation du concasseur. Chaque sorte de pierre exige une vitesse circonférentielle adéquate pour aboutir à la production maximale de particules de taille la plus avantageuse possible. Une vitesse circonférentielle basse engendrera des particules de grosse taille et vice versa.

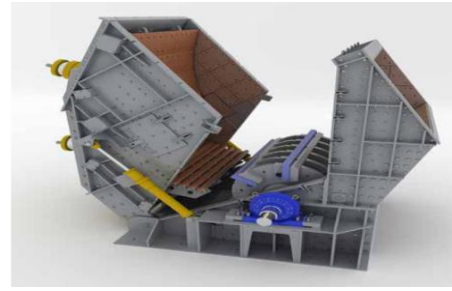
Les concasseurs à barres d'impact ont relativement peu de pièces d'usure souvent réversibles pour un fonctionnement efficace. En raison de l'espace plutôt étroit dans le corps, le concasseur est généralement doté d'une partie supérieure à bascule qui peut être soulevée par des cylindres hydrauliques pour, faciliter l'accès vers l'intérieur. La plupart des concasseurs à barres d'impact sont commandés par courroie trapézoïdale en passant par le volant.

Les concasseurs à barres d'impact n'ont pas de grilles de sortie; ce qui entrave le contrôle de la granulométrie, spécialement lorsque les barres d'impact et les mâchoires sont usés.

D'autre-part, l'absence de grilles de sortie signifie que les particules d'acier non-broyables comme par ex. les dents des transporteurs, peuvent passer à travers le concasseur sans causer de dommages ou de pannes [2].



(a)



(b)

1. Enclume (Primaire).

2. Réglage de l'enclume.

3. Porte visite pour maintenance.

4. Enclume (secondaire).

5. Enclume tertiaire.

6. Plaques d'usure (blindage).

1. Breaker plate (primary)

2. Breakers plate

adjustment

7. Bar d'impact du rotor.

3. Maintenance access

doors

4. Breaker plate

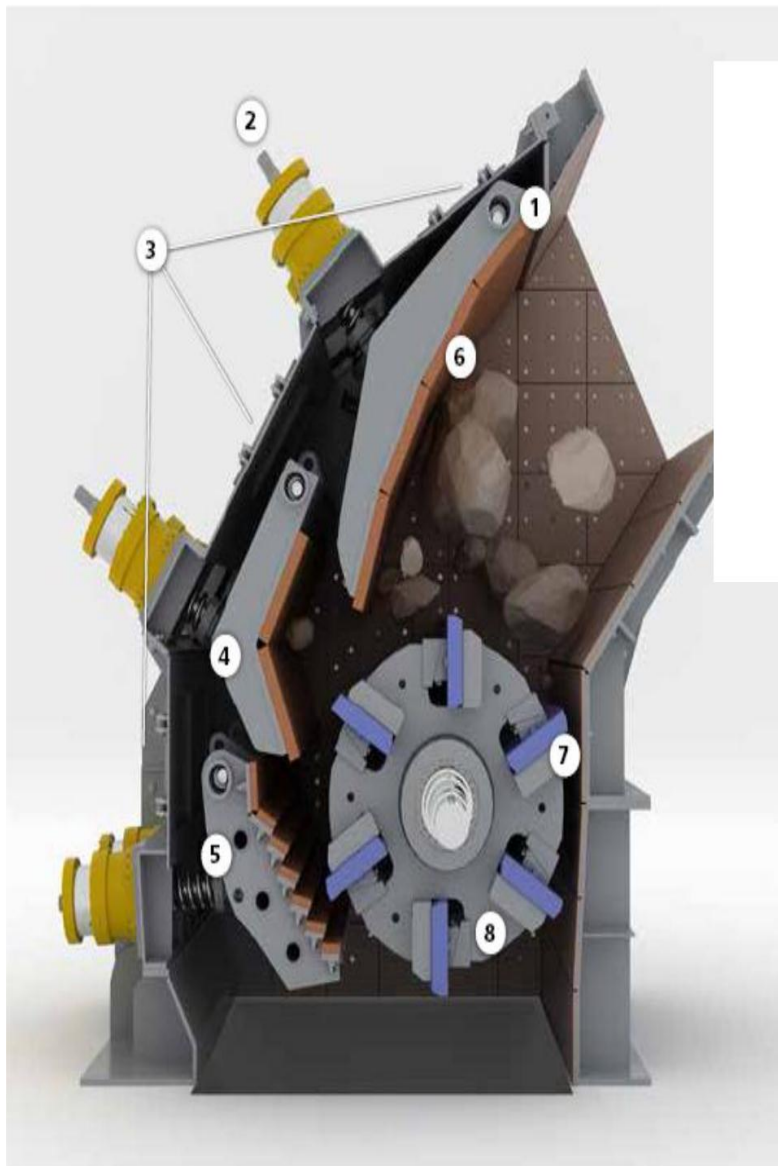
(secondary)

5. Breaker plate (tertiary)

6. Wear liners

7. Rotor impact bars

8. Rotor



(c)

Figure II.7 : (a) concasseur à bar d'impact fermé (b) concasseur à bar d'impact fermé

(c) : concasseur à barre d'impact à trois mâchoires [7]

II.6. 5. Concasseurs à mâchoires



Figure II.8: concasseur a mâchoire[7]

Les concasseurs à mâchoires utilisés dans l'industrie du ciment sont généralement des concasseurs primaires.

Le concassage de la matière à concasser est exécuté par deux concasseurs à mâchoires: l'un étant fixe et l'autre mobile. Les mâchoires sont recouvertes de nervures. Le cadre du concasseur est constitué d'acier soudé ou coulé. Les cadres des plus grands concasseurs sont constitués de 4 à 6 éléments de profilés d'acier.

On a mis aux point différents concasseurs à mâchoires de conceptions diverses parmi lesquelles deux types de concasseurs restent à la pointe dans ce domaine, ce sont : le concasseur à mâchoires et à double effet (appelé aussi le concasseur Blake.) et, plus généralement répandu, le concasseur à mâchoires et à simple effet. Dans le concasseur à mâchoires à double effet, la mâchoire à bascule à un mouvement oscillant et la matière à concasser est écrasée de cette façon. Une forte compression est imposée à la matière à concasser. Ce type de concasseur sert au concassage de la matière dure et abrasive qui se présente sous-forme de gros blocs. Ce concasseur ne convient pas aux matières fortement adhésives.

Dans le concasseur à simple effet, le mouvement de la mâchoire à bascules est différent de celui du concasseur à double effet. La mâchoire à bascule dans ce concasseur se déplace non seulement d'avant en arrière mais aussi de bas en haut. Le concassage se caractérise par le frottement et par le tassement. La compression et la friction se produisent simultanément. Ce concasseur est utilisé pour le concassage de matières semi dures et moins abrasives. Les concasseurs travaillent sur des matières dont la tendance à l'adhésivité est très limitée.

Pour lutter contre les corps étrangers non-broyables, on a pourvu les concasseurs à mâchoires d'un système de sécurité mécanique ou hydraulique, limitant ainsi la transmission de puissance à la partie inférieure du concasseur à mâchoires. En cas de surcharge, le concassage s'arrête et les corps non-broyables doivent être enlevés du compartiment de concassage [2].

II.6. 6. Concasseurs à cône.

Les concasseurs à cône broyant la matière située entre la bague de concassage fixe en forme de cône et un cône de concassage. Le cône tourne de façon giratoire autour d'un arbre vertical dont la partie la plus basse est située dans un emplacement excentrique. La fragmentation se fait surtout par compression et en partie par une force de flexion mais cela se produit généralement de la même façon que pour le concasseur à mâchoires. [2]

Ces concasseurs sont fabriqués selon les deux types suivants:

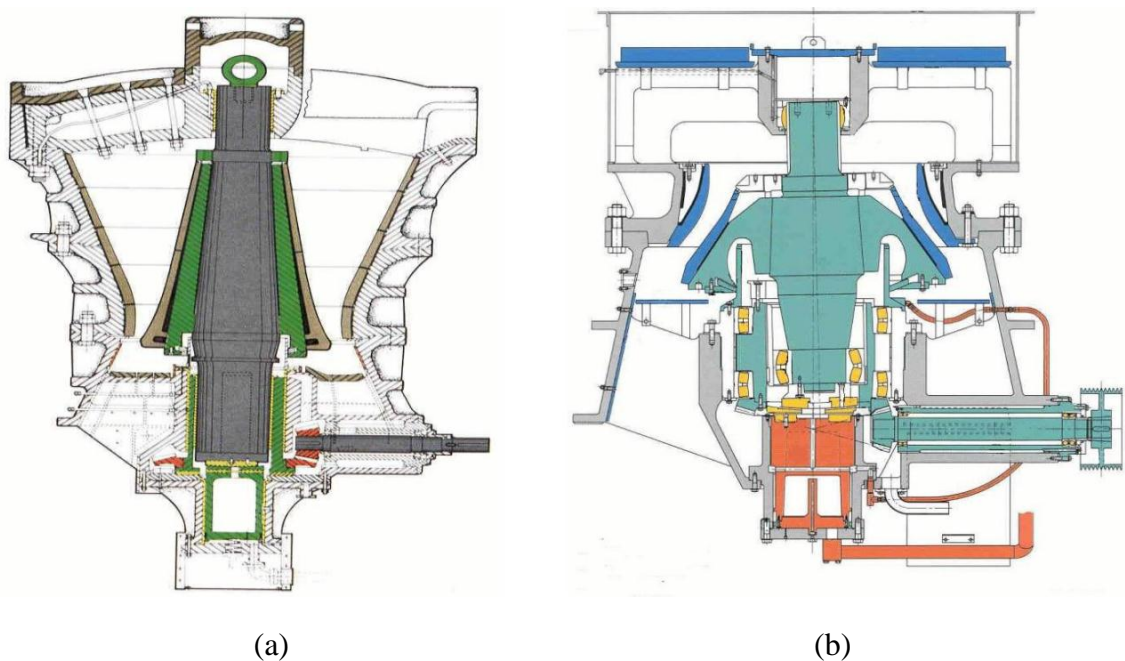


Figure II.9 (a) : concasseur giratoire (b) : concasseur à cône[7]

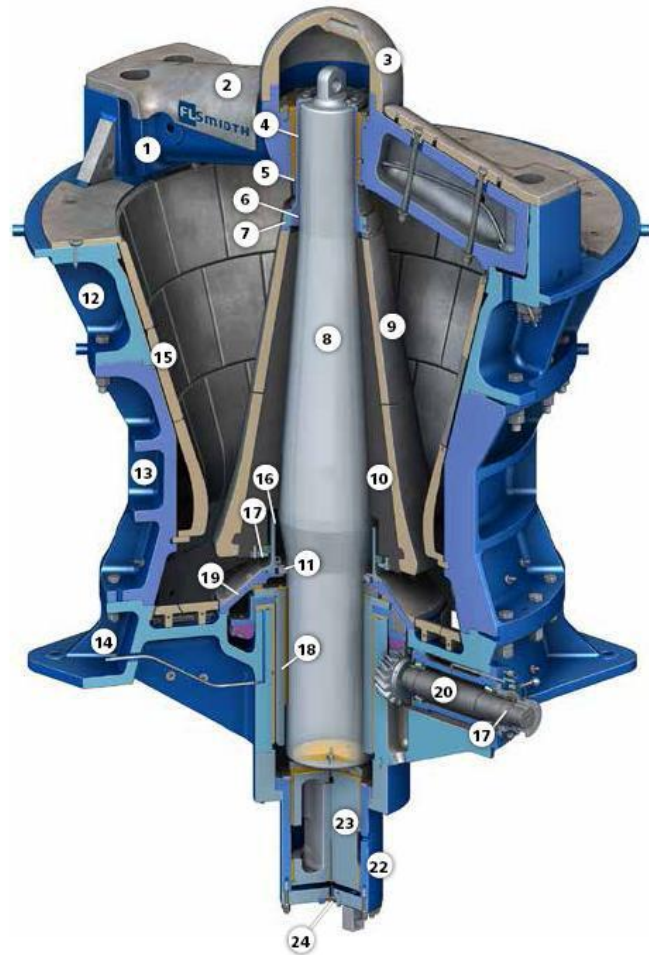
- **Le concasseur giratoire**, appelé aussi " concasseur à coulisses" (Gates), système dans laquelle cône de concassage et la bague conique de concassage se font face. (figure II.9, (a))

- **Le concasseur à cône-ou concasseur Symons**, système dans lequel le cône de concassage est juxtaposé à la bague conique de concassage. (figure II. 9,b)

Sur le concasseur giratoire comme sur le concasseur à cône Symons, la distance entre les surfaces des deux cônes de concassage décroît dans la direction de l'orifice de déchargement

II.6. 6. 1. Concasseurs giratoires

1. Spider
2. Spider Arm Shield
3. Spider Cap
4. Spider Bushing
5. Spider Grease Seal
6. Threaded Main shaft Sleeve
7. Head nut
8. Main shaft
9. Mantle
10. MantleCore
11. Split Contact Oil Seal
12. Top Shell
13. Middle Shell
14. Bottom Shell
15. Concave
16. DustSeal Bonnet
17. DustSeal Assembly
18. Eccentric Assembly
19. Gear Cover Assembly
20. Countershaft
21. Countershaft Taconite Seals
22. Hydraulic Cylinder Assembly
23. Hydraulic Piston Assembly
24. Mantle Position Indicator



(c)

Figure II.9 (c) : concasseur à mâchoire [7]

L'industrie du ciment emploie les concasseurs giratoires principalement comme des concasseurs primaires. Comparé au concasseur à mâchoires, le concasseur giratoire a une capacité deux à trois fois plus élevée et ceci bien que l'ouverture d'alimentateur et la fente de décharge aient la même taille. Le concasseur giratoire n'effectue pas de mouvements perdus et il fonctionne sans arrêt durant la giration de l'arbre principal du concasseur.

La conception structurelle du concasseur giratoire est illustrée sur la figure. **II.9, c.**

Les principales parties du concasseur sont: la bague conique fixe de concassage et le cône mobile de concassage monté sur l'arbre principal du concasseur. L'arbre principal sur lequel repose le cône de concassage, oscille et est suspendu à un dispositif d'emboîtement réciproque situé dans le corps supérieur du concasseur (le croisillon). C'est là la caractéristique de la conception du concasseur giratoire. Un pignon d'angle excentrique, à l'intérieur duquel vient s'emboîter la partie inférieure de l'axe principal, permet au cône de concassage de suivre son mouvement giratoire.

Le concasseur giratoire peut avoir une capacité allant jusqu'à 5000 t /h à une largeur des fentes de décharge de 12 pouces;

Le concasseur giratoire n'exige pas d'alimentateur spécial; l'alimentation au concasseur peut être déchargée par n'importe quel moyen de transport (le plus souvent par l'arrière des camions-bennes) pouvant directement s'engouffrer dans l'ouverture d'alimentation au concasseur. Le concasseur ne convient pas aux matières fortement adhésives.

Il faut enlever les corps non-réductibles de la partie supérieure du compartiment de concassage lorsque le concasseur est arrêté. Cependant, certains concasseurs giratoires sont dotés d'un arbre principal à console hydraulique pouvant s'abaisser lors du passage d'éléments non-réductibles qui sont petits, comparés à l'orifice de déchargement. [2]

II.6. 6. 2. Concasseur à cône ou concasseur Symons

1. Hopper Assembly
2. Bowl
3. Adjustment Cap
4. Drive Ring
5. Feed Plate Assembly
6. Head Assembly
7. Torch Ring
8. Mantle
9. Bowl Liner
10. Socket Liner
11. Adjustment Ring
12. Clamping Cylinder
13. Main Frame
14. Main Frame Liner
15. Main Frame Seat Liner
16. Tramp Release Cylinder
17. Main Shaft
18. Eccentric
19. Counterweight
20. Gear
21. Countershaft
22. Pinion
23. Wedge
24. Arm Guard.

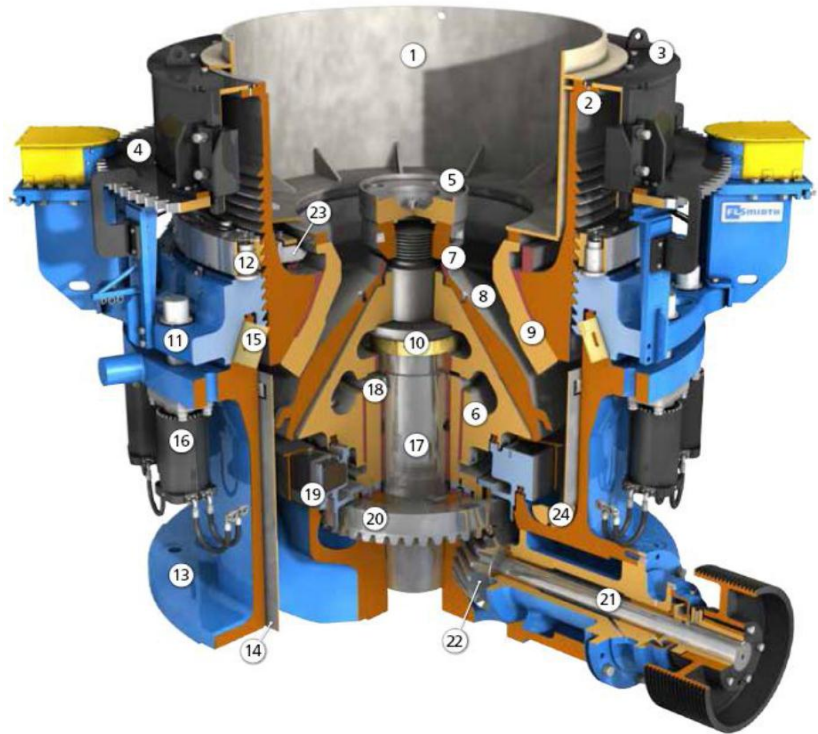


Figure II.9, d : concasseur a cône symons

Comme la (figure : II.9, d.) le montre: dans ce type de concasseur le cône de concassage et la bague conique de concassage sont disposés l'un à côté de l'autre. Ces concasseurs sont surtout utilisés comme concasseurs secondaires.

Le concassage se fait par compression entre les surfaces des deux cônes pendant que la matière se dirige vers la fente de décharge.

Dans certains concasseurs à cône, l'arbre principal est situé à la fois dans un palier au niveau de l'ouverture de l'entrée (croisillon) et dans la douille oscillatoire qui se trouve dans la partie inférieure du mécanisme d'entraînement.

Dans d'autres concasseurs à cônes, l'arbre principal est placé uniquement dans la douille du mécanisme d'entraînement.

Le réglage des fentes et la compensation de l'usure peuvent se faire soit en ajustant la hauteur du cône de sortie, soit en ajustant la hauteur de l'arbre principal du cône.

Le réglage des fentes peut être activé soit mécaniquement, soit hydrauliquement.

Le réglage hydraulique des fentes réalisé en ajustant l'arbre principal de cône s'effectue assez rapidement et convient au contrôle automatique de la finesse du produit ou de la charge du moteur. De même, le réglage hydraulique de la fente de l'arbre principal permet une décharge rapide d'éléments non-réductibles.

Les concasseurs à cône sont sensibles aux matières collantes.

De plus, une accumulation de matières trop fines dans la matière d'alimentation pourrait provoquer un entassement dans la partie inférieure de la chambre de concassage, obstruant ainsi le concasseur. Par conséquent, il faut prévoir un bon tamisage de la matière d'alimentation afin de réduire la matière fine alimentée au concasseur à cône.

Pour obtenir un degré de rendement élevé de la matière, il faut que la trémie d'entrée soit toujours pleine. Le niveau de matière dans la trémie est contrôlé par un alimentateur, recevant la matière venant d'un silo intermédiaire [2].

II.6. 7. Concasseurs à mâchoire et à cylindre

Le concasseur à mâchoire et à cylindre (figure : II.10) Est une machine un peu démodée et fonctionnant lentement, utilisée pour concasser les matières moyennement dures et moyennement abrasives et également pour les mélanges de matières molles et pierreuses.

Aujourd'hui, il est remplacé par d'autres types de concasseurs comme les concasseurs à rouleaux, les concasseurs à marteaux ou à barres d'impact.

Le concasseur à cylindres dentés broyer la matière en la poussant contre un système de mâchoire fixe. La mâchoire est souvent maintenue par un système de ressorts ou par un dispositif de desserrage occasionnant le passage de petits éléments non-réductibles dans le concasseur.

En ce qui concerne la sensibilité pour les matières adhésives, le concasseur à mâchoire et à cylindre se situe entre le concasseur à cylindres et le concasseur à marteaux et à barres d'impact [1]

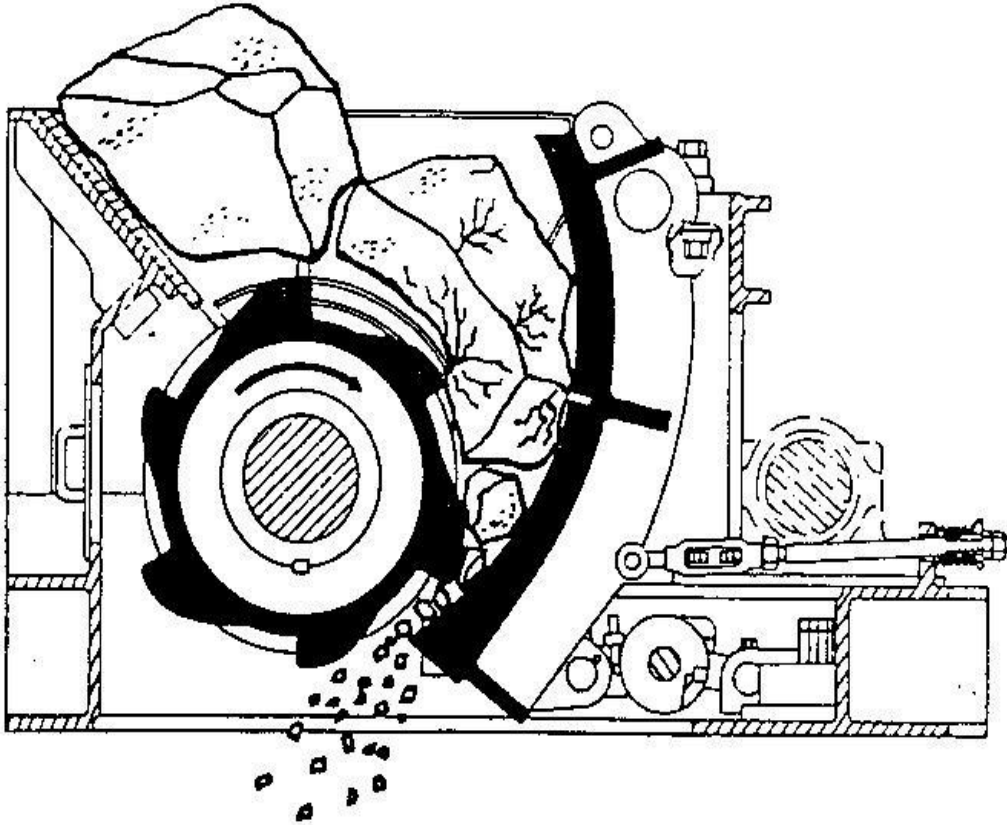


Figure II.10 : concasseur à mâchoire et à cylindre

II.6. 8. Concasseur à cylindre

Le concasseur à cylindre est surtout utilisé pour concasser des matières faciles à fragmenter telles que la craie, le calcaire mou et l'argile.

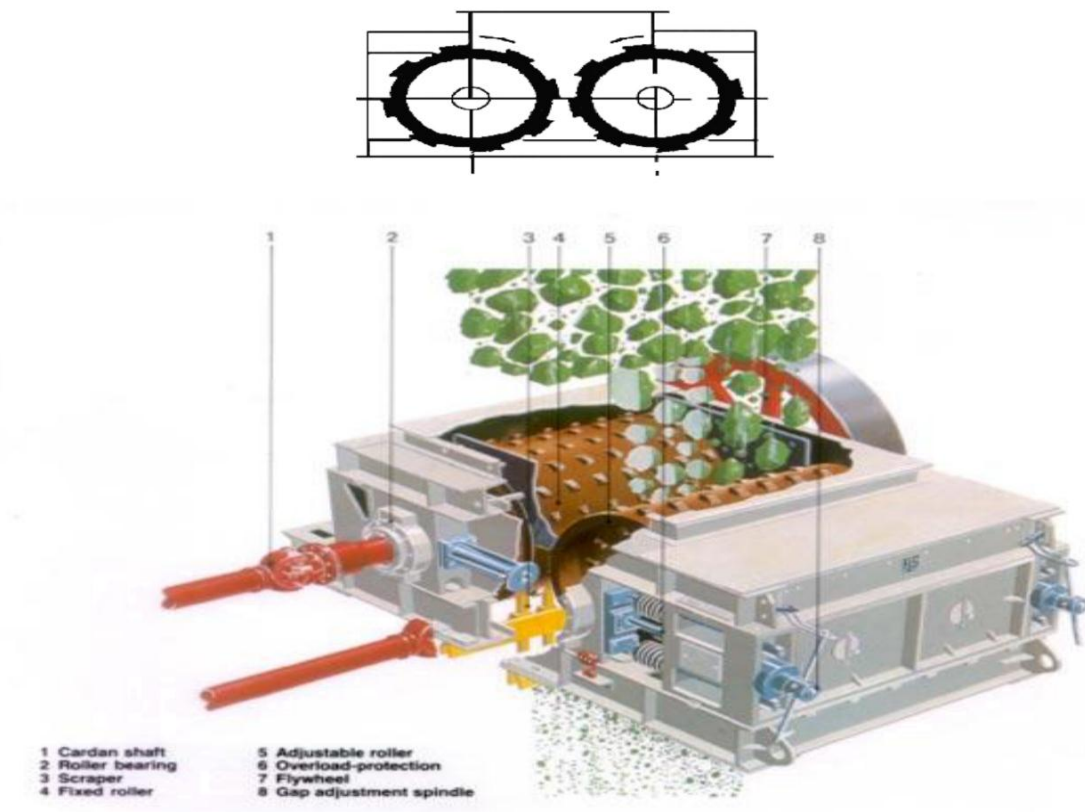
Dans l'industrie du ciment, les concasseurs à cylindres sont employés pour le concassage primaire et secondaire. Les morceaux, en fonction de leur dureté, ont une taille inférieure de 3 à 5 fois à leur taille initiale. La matière est rompue et concassée entre les cylindres.

Le concasseur à cylindres FLS de type E (figure.1.14) est composé de deux cylindres à bossages moulés. L'un des arbres de cylindres est réglable alors que l'autre est fixe et doté d'un volant. La fente entre les deux cylindres varie en fonction du degré de concassage désiré.

Les deux cylindres sont pourvus de racloirs pour gratter la matière collant à la surface. L'équipement est prévu contre les risques de surcharge: un dispositif porte-poinçon est relié au palier du cylindre réglable conjugué à un interrupteur de sécurité du moteur. Au cas où un objet extrêmement dur serait coincé entre les cylindres, le dispositif de poinçonnage se mettra en marche et arrêtera le fonctionnement du concasseur et de l'alimentation.

La puissance du moteur se transmet grâce à une double commande par engrenage et à deux arbres de transmission pour permettre le réglage de l'écartement entre les cylindres.

La double commande par engrenage assure une vitesse synchronisée des deux cylindres. Ainsi, le rendement du concassage augmente et l'usure se réduit. [2]



1. Arbre de transmission

2. Roulement à rouleaux

3. Racloir

4. Cylindre fixe

5. Cylindre réglable.

6. Système de protection contre les surcharges.

7. Volant.

8. Réglage de l'écartement

Figure II.11 : concasseur à cylindre

La structure d'encadrement du concasseur à cylindre est composée d'un assemblage de parties faites d'acier moulé et soudé et boulonnées ensemble. Les cylindres sont dotés de roulements à rouleaux lubrifiés à la graisse. Les roues dentées sur la commande par engrenage sont plongées dans l'huile avec les paliers d'arbre qui sont lubrifiés à la graisse.

Les concasseurs à cylindre FLS ont un fonctionnement très fiable et nécessitent peu d'entretien et de lubrification [2].

II.6. 9. Le concasseur à disques coupants

Ce concasseur est conçu pour la craie molle et pour l'argile et est doté de disques dentés pour rompre les gros blocs avant qu'ils soient concassés lors du processus suivant.

Les deux rotors formés par les disques dentés tournent en un mouvement rotatif l'un dans l'autre à différentes vitesses (figure 1.15).

Le rotor dont les dents sont pointées vers l'avant tourne le plus rapidement alors que le rotor dont les dents sont pointées vers l'arrière, fonctionne plus lentement et retient la matière.

Les disques fonctionnent de façon à ce que les dents de l'un des disques rentrent dans l'espace situé entre les deux disques du deuxième rotor.

La machine est utilisée surtout pour les matières molles, adhésives et ne contenant pas d'éléments pierreux afin de préparer ces matières à leur acheminement vers l'étape suivante[2].

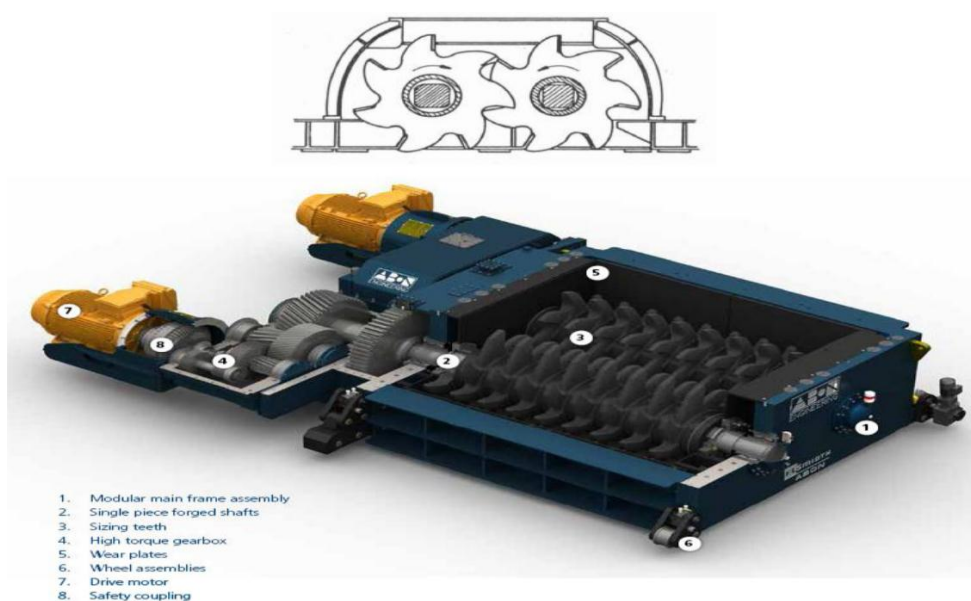


Figure II.12 : concasseur à disques coupants[7]

II.7. Choix du concasseur

Nous avons déjà mentionné auparavant les critères de sélection d'un concasseur compte-tenu de la nature et des caractéristiques de la matière à concasser.

L'autre facteur important est celui du taux de réduction des concasseurs: c.à.d. le taux existant entre la plus grande dimension linéaire de la matière avant concassage et la plus grande dimension linéaire après concassage. Le taux de réduction relativement bas des différents types de concasseurs constitue souvent un problème.

C'est le cas particulièrement pour les concasseurs à mâchoire et à cône et pour les concasseurs à cylindres. Les concasseurs à marteaux et à barres d'impact et les concasseurs à marteaux ou à barres d'impact ont généralement un fort taux de réduction. Ce qui signifie qu'avec les concasseurs à marteaux ou à barres d'impact, le concassage peut être effectué en une seule étape alors qu'avec les autres types de concasseurs, il faudra deux, trois ou plusieurs étapes [2].

On trouve ci-après les taux de réduction typiques des concasseurs utilisés pour le concassage des matières premières du ciment:

Tableau : II . 3 : Taux de réduction typiques des concasseurs utilisés pour le concassage[2].

Type de concasseur	Taux de réduction type
Concasseur à marteaux avec grille	50:1
Concasseur à barres d'impact	40:1
Concasseur à mâchoires	4:1
Concasseur giratoire	7:1
Concasseur à cônes	3 :1
Concasseur à cylindres	4:1
Concasseur à disques coupants	4:1

Si l'on envisage un département de concassage simple (du point de vue économique, quelques machines, bâtiments peu élevés), il faut partir à la recherche d'un concasseur à marteaux avec grille de sortie.

Souvent, il n'est pas nécessaire d'obtenir un produit fini à la granulométrie maximale très bien contrôlée. Dans ce cas, il est possible d'utiliser un concasseur à marteaux sans grille de sortie. En plaçant un tamis derrière le concasseur à barres d'impact, on peut contrôler la granulométrie du produit, mais alors il faudra installer un système de transport pour que le gros de la matière retourne jusqu'à l'entrée du concasseur; ce qui signifie une installation encore plus compliquée.

Le concasseur à marteaux et le concasseur à barres d'impact sont l'un et l'autre aussi sensibles à l'usure. Pour le concasseur à barres d'impact, la plus grande partie de l'usure se concentre seulement sur quelques barres facilitant ainsi le remplacement ou le renversement des pièces d'usure.

Au cas où l'on estimerait que la durée de vie des marteaux et des barres d'impact n'est pas assez longue, il faudrait envisager l'éventualité d'un concasseur à mâchoires ou à cône (bien que le taux de réduction soit plus bas), suivi d'une installation plus compliquée à plusieurs étages. Il serait bon d'ajouter que les concasseurs à mâchoires et à cône sont plus sensibles aux matières adhésives que les concasseurs à marteaux ou à barres d'impact.

Les concasseurs à marteaux et les concasseurs à barres d'impact sont de sensibilité égale aux problèmes d'adhésivité mais sont capables de traiter la plupart des matières collantes ayant une teneur en eau de 12 à 15%.

Si une matière est trop collante pour être traitée dans un concasseur à marteaux, on utilisera généralement un concasseur à cylindres. Les concasseurs à cylindres sont aptes à traiter même les matières premières du ciment les plus collantes.

Le concasseur à cylindres, comme le concasseur à cône et à mâchoires, a un taux de réduction bas. S'il fallait obtenir un haut taux de réduction, il serait nécessaire d'opter pour une installation à plusieurs étages avec une installation de concassage coûteuse et compliquée. Les concasseurs à cylindres sont moins sensibles à l'usure que les concasseurs à marteaux mais moins résistants à l'usure que les concasseurs à cône. Ils ne peuvent pas, à cause de leur conception, concasser des matières dures comme les

concasseurs à mâchoires ou à cône. Les matières les plus difficiles à concasser sont les matières très collantes mêlées à de gros blocs ayant une forte résistance à la compression. Les concasseurs à cylindres seraient en mesure de les traiter mais cela nécessiterait une installation coûteuse.

Le concasseur à mâchoire et à cylindre a une conception un peu démodée et est en train de disparaître. En ce qui concerne le concassage, le concasseur à mâchoire et à cylindre ressemble au concasseur à cylindres. Pour ce qui est de la résistance à l'usure et de la sensibilité à l'adhésivité, le concasseur à cylindres est plus performant.

Le concasseur à disques coupants est employé pour réduire les matières collantes et non-pierreuses comme la craie, la marne et l'argile [2].

II.8. Dimensionnement du concasseur

La taille du concasseur est déterminée par la taille maximale de l'alimentation, la capacité de production et la finesse du produit. La capacité de production dépend du degré de finesse désiré. Les limites du concasseur sont généralement bien expliquées dans le catalogue du fournisseur.

Le choix du type de concasseurs et leur dimensionnement nécessitent un savoir particulier et de l'expérience. C'est pourquoi il est déconseillé de choisir le type et la taille du concasseur par catalogue. Il vaut mieux informer directement l'éventuel fournisseur des besoins de production et lui demander un devis ainsi qu'une garantie afin qu'il s'engage à remplir les exigences de production spécifiques.

La dimension du moteur doit également être décidée et garantie par le fournisseur du concasseur. En ce qui concerne l'usure, il est conseillé de demander au fournisseur la garantie d'une certaine durée de vie pour les pièces soumises à l'usure comme les marteaux, les barreaux de grille de sortie etc.....

II.9. Trémies d'alimentation

La matière qui alimente le département de concassage est généralement livrée par les dumpers ou les chargeurs en lots de 20 à 50 tonnes ou plus.

Pour une réception efficace de telles quantités de matières, il faut une grande trémie pour égaliser les variations dues à la réception de la matière par chargements.

La trémie doit pouvoir résister aux lourdes charges telles que les gros blocs de pierres qui, lors du déchargement, tombent dans la trémie d'une hauteur de 8 à 10 m. La trémie doit être conçue de telle façon que sa largeur facilite la mise en place et le déchargement des dumpers, éventuellement de deux ou trois côtés. Une trémie d'alimentation FLS typique est illustrée sur la figure. 1.16. (a).

Dans les installations fixes de concassage, les trémies d'alimentation servant aux matières pierreuses de carrière sont généralement des constructions recouvertes de béton. On pourrait se servir d'un revêtement de rails ou de lourdes plaques d'acier fixé aux parois de la trémie et soutenu par des solives de bois dur. Sinon, La trémie pourrait être constituée d'une structure de plaques d'acier soudées (figure 1.16 b & 1.16 c).

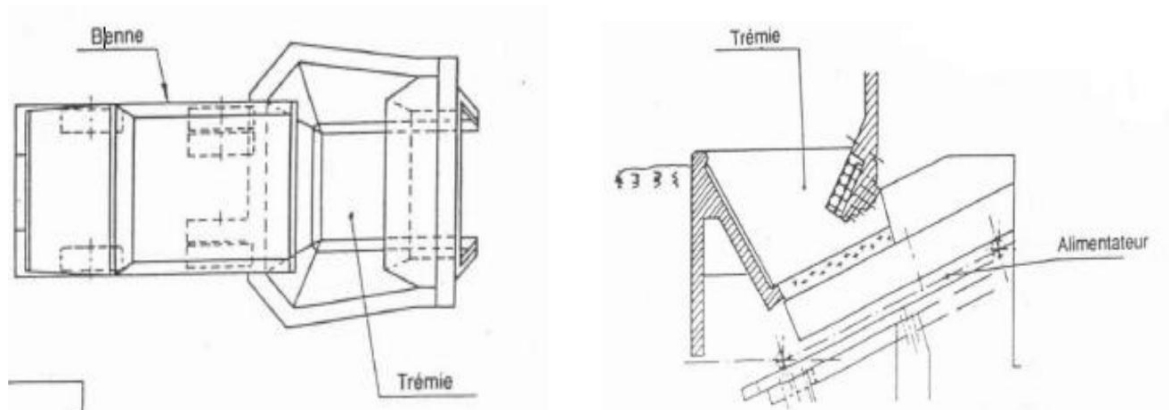
Les parois de la trémie doivent être fortement inclinées pour permettre qu'un écoulement régulier de la matière vers le bas se mette en place graduellement au fur et à mesure que la trémie se vide par en-dessous.

Les trémies d'alimentation traitant les matières collantes doivent avoir une surface lisse et des angles arrondis.

Dans certains cas, on pourra équiper la trémie d'un bras à fonctionnement hydraulique muni d'instruments capables de fendre la pierre avec un dispositif de saisie et de grattage. [2]



(a) .



(b)

Figure II.13:(a) (b): Trémie d'alimentation FLS

II.10. Alimentateurs

L'alimentateur alimente le concasseur en envoyant un flux régulier de matières en provenance de la trémie d'alimentation afin de permettre l'utilisation optimale du concasseur, sans tenir compte des irrégularités d'approvisionnement en matière vers la trémie d'alimentation. Dans certains cas, le concasseur à cône et le concasseur à mâchoire peuvent fonctionner sans alimentateurs s'ils sont placés directement au-dessous de la trémie d'alimentation. Les autres types de concasseurs ont besoin d'un alimentateur pour assurer un débit d'alimentation régulier [2].

II.10. 1. Alimentateurs à lamelles

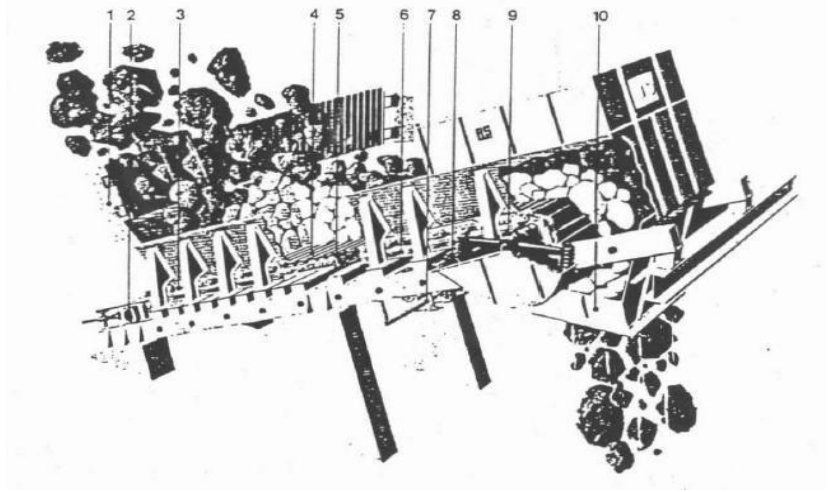
FLS se sert généralement d'alimentateurs à lamelles pour alimenter le concasseur. Pour le gros de la matière concassage primaire des matières pierreuses on se sert normalement d'un alimentateur à lamelles dont l'inclinaison est de 20° , distribuant automatiquement la matière sur la lamelle en une couche uniforme et appropriée, ceci quel que soit le contenu de la trémie. Ainsi on évite la mise en place d'un dispositif spécial pour limiter l'épaisseur de la couche d'alimentation en matière sur l'alimentateur.

Les alimentateurs sont fournis avec des stations de commande de vitesses variables.

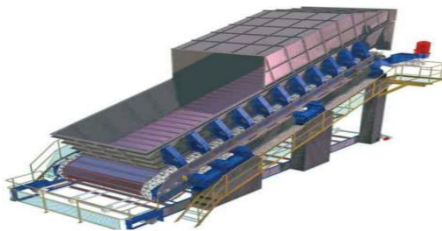
L'alimentateur à lamelles FLS est illustré sur la **fig. II.13**.

FLS

1. Trémie d'alimentation en béton
2. Station de tension
3. Chaîne
4. lamelles
5. Galets-supports
6. Rail
7. Râcloir
8. Cache engrenage
9. Mécanisme d'entraînement
10. Sortie



(a)



(b)



(c)

Figure. II.14 : (a) Alimentateur à lamelles FLS[1].; (b) Alimentateur à lamelles FLS incliné[7] ;(c) Alimentateur à lamelles FLS horizontal.

L'alimentateur à lamelles FLS peut traiter les matières assez collantes. La hauteur des bâtiments de l'installation de concassage est sensiblement réduite si l'on utilise des alimentateurs de construction inclinée et cela signifie une réduction des frais de construction.

On utilise parfois des alimentateurs à lamelles horizontaux ou légèrement inclinés pour les matières qui ont peu de risques de rester bloquées comme la pierre pré concassée, l'argile, la marne, la craie et autres matières similaires [2].

II.10.2. Alimentateurs à vibrations.

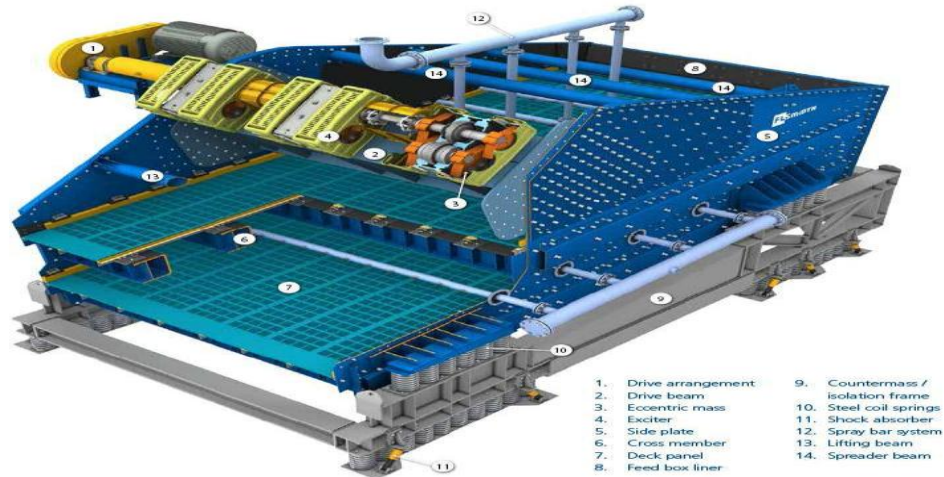


Figure. II.15 : Alimentateur à vibrations FLS

Les alimentateurs à vibrations sont aussi souvent utilisés comme alimentateurs de concasseurs (voir fig. II. 15). Malheureusement, ils ne disposent pas des mêmes avantages que l'alimentateur à lamelles en ce qui concerne la taille peu élevée des bâtiments, l'uniformité de l'alimentation et le traitement des matières collantes.

Un de leurs avantages c'est qu'ils peuvent opérer avec un tamis, ainsi, la matière fine n'exigeant aucun concassage ne pourra contourner le concasseur. C'est une possibilité qui est rarement adoptée lors du concassage des matières premières du ciment puisque ces matières premières, même fines, doivent se transformer en farine crue.

Avec les concasseurs à mâchoire, à cône ou à cylindres, il pourrait être avantageux de se servir d'un tamis afin de supprimer la matière fine de l'alimentation étant donné que la matière fine peut provoquer le blocage du concasseur.

Avec les concasseurs à marteaux ou à barres d'impact, il n'y a aucun risque de blocage de la matière fine sauf si celle-ci est très collante.

Lors du concassage de matières collantes, il pourrait être avantageux de retirer la fraction fine de l'alimentation en la tamisant mais cela est difficile à réaliser en pratique[2].

II.10. 3. Alimentateur à grille déroulante.

Cet appareil est illustré sur la figure. II.16. L'alimentateur à grille déroulante est utilisé à la fois pour alimenter et tamiser la matière. Les disques ovales à rouleaux qui assurent le transport, créent un effet de vibration sur le matériel assurant le tamisage.

Lorsqu'on concasse les matières premières du ciment, on ne cherche normalement pas à faire dériver les matières fines et c'est pourquoi ce genre d'alimentateur est rarement utilisé.

Le fait de trier les matières collantes de la pierre avant leur entrée dans le concasseur à marteaux et dans le concasseur à barres d'impact est aussi une tâche difficile pour ce genre d'alimentateur. Un tamisage efficace exige le mouvement permanent d'une fine couche de matières et cela est rarement possible vu que les alimentateurs extraient les matières pierreuses de la trémie d'alimentation.

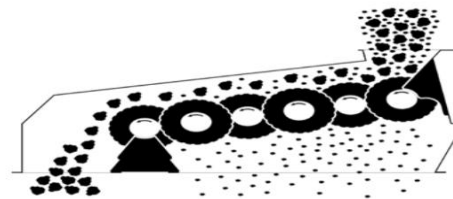


Figure.II.16 : Alimentateur à grille déroulante

II.11. Pour une alimentation optimale

Le but d'optimiser l'alimentation optimale est d'assurer l'utilisation efficace des capacités du concasseur.

Les dimensions du moteur de concasseur sont généralement conçues en fonction de la capacité désirée pour le concasseur. L'alimentation optimale entraînera donc une charge optimale du moteur.

Lors du concassage en circuit ouvert vers la finesse du produit exigée, la charge du moteur est directement liée au taux d'alimentation. Par conséquent, la charge du moteur peut être utilisée pour contrôler le taux d'alimentation optimal.

Une alimentation irrégulière entraîne des variations dans la charge du moteur. Pour ne pas surcharger le moteur périodiquement, il est nécessaire, en cas d'alimentation irrégulière, de fonctionner selon une moyenne d'alimentation plus basse ce qui entraîne une diminution du degré d'utilisation du concasseur.

Par conséquent, en choisissant le dispositif d'alimentation, on préférera une solution assurant une alimentation uniforme. Comme la distribution granulométrique varie toujours, une alimentation volumétrique constante ne garantit pas toujours une même charge de moteur.

Les conséquences défavorables de ce fait sont moindres lorsque le concasseur a une inertie rotative élevée. C'est pourquoi beaucoup de concasseurs sont fournis avec un volant à grande masse.

Un moteur résistant, par exemple un moteur à bague glissante, fonctionnant sur une résistance de glissement, diminuera aussi la sensibilité du concasseur aux variations de taille de la matière et permettra ainsi d'optimiser la production.

Le département de concassage peut également être équipé d'un dispositif de dosage de la matière qui, basé sur la charge de moteur du concasseur, réduit ou stoppe l'alimentation en cas de surcharge. Le taux d'alimentation redevient normal une fois que la charge a été réduite. L'opérateur peut régler le niveau optimal du taux d'alimentation en fonction de la fréquence des mises en fonctionnement et des arrêts de l'alimentateur.

L'utilisation efficace du dispositif de dosage automatique demande l'utilisation d'alimentateurs à vitesses variables comportant une régulation rapide bas/haut ainsi que arrêt/démarrage rapide. Les concasseurs FLS dépassant une certaine taille sont équipés d'un système de dosage de la matière automatique [2].

II.12. Choix du fournisseur.

La conception et le dimensionnement des concasseurs et autres équipements se rapportant aux installations de concassage exigent des connaissances spéciales et de l'expérience.

Les fournisseurs doivent activement participer au choix du type de concasseur ainsi qu'au dimensionnement et garantir que l'équipement peut satisfaire à la demande spécifiée.

Serait-il question d'un certain nombre de fournisseurs, il peut s'avérer difficile de déterminer la responsabilité si quelque chose faisait défaut [2].

C'est pourquoi il serait finalement plus avantageux de choisir un ou deux fournisseurs capables de couvrir un large domaine au sein du département de concassage qui seront à même de proposer une large sélection de machines.

Les concasseurs sont généralement fournis avec des pièces d'usure interchangeables ; ce qui garantit une longue durée de vie à la structure de base (une durée de vie de 20 à 30 ans n'a rien d'exceptionnel).

Lors du choix du fournisseur, il faut se rappeler que les pièces de rechange doivent être disponibles pendant toute la durée de vie de l'équipement. [2]

II.13. Pièces d'usure du concasseur

Le principal matériau utilisé pour les pièces d'usure de concasseurs (plus particulièrement les concasseurs primaires) est l'alliage acier-manganèse. Ce type d'alliage, connu depuis une centaine d'années, était autrefois appelé "acier Hadfield". C'est un matériau relativement bon marché et manufacturé dans la plupart des aciéries. S'il est correctement coulé et traité thermiquement, ce matériau convient parfaitement aux pièces d'usure d'un concasseur conçu pour le traitement des matières moyennement abrasives comme pour la plupart des matières premières du ciment.

L'acier au manganèse a une dureté initiale de 200 Brinell environ et est très résistant. En raison de la pression et de l'effet d'impact durant le concassage, la surface se durcit graduellement jusqu'à environ 450 Brinell = 48 RC. L'acier au manganèse est soudable, ce qui signifie que les pièces d'usure usées peuvent être reconstruites grâce au soudage. Dans les pays où les salaires sont élevés, il n'est peut-être pas très avantageux de reconstruire en soudant.

Un soudage dur et résistant à l'usure d'une dureté de 50 à 55 RC peut également être soudé sur deux parties d'acier au manganèse.

Cette couche s'usera graduellement, cependant, même si elle ne peut pas être reconstituée, cela permettra peut-être d'allonger la durée de vie de ces parties. La couche protectrice est sensée soutenir le processus d'auto-durcissement de l'acier au manganèse.

Lorsque la matière à concasser est plus dure que l'outillage du concasseur (les marteaux, les rouleaux, les dents, etc.) une importante augmentation de l'usure peut apparaître de façon inattendue (figure. 17). En pareils cas, il faut rechercher une qualité de matériau supérieure pour les éléments du concasseur [2].



Figure. II.17: Usure rapide des marteaux Mg 12%

La principale alternative à l'acier au manganèse, lorsque celui-ci a une dureté insuffisante est un acier fortement allié en Cr-Mo. C'est un matériau dur, fragile et insoudable dont la dureté peut aller jusqu'à 70 RC. Il est plus coûteux que l'acier au manganèse et on peut difficilement l'utiliser comme matériau à force résistance dans les concasseurs en raison de son caractère friable (destructibles). Il est employé avec succès dans les concasseurs pour concassage secondaire.

L'acier fortement allié en Cr-Mo ne convient pas aux concasseurs à marteaux rotatifs pour le concassage primaire à cause de son caractère friable. On pourrait avoir intérêt à utiliser des marteaux à têtes durcies dans certains cas. Les marteaux dénommés bimétalliques, peuvent être fabriqués à partir de deux matériaux coulés ensemble: un matériau résistant pour la section oculaire (visible) et un matériau plus dur pour la tête.

Il est difficile d'évaluer le besoin en éléments de concassage avancés sur la base d'études préliminaires d'échantillons de matières. C'est pourquoi on commence généralement une installation de concassage à partir de montages en acier au manganèse. On peut ensuite évaluer les futurs besoins en outillage de plus grande résistance à l'usure en fonction des conditions réelles.

Seulement peu de fournisseurs de concasseurs ont la possibilité d'effectuer leurs propres recherches sur les nouveaux matériaux utilisés pour les outils de concassage, les aciéries qui disposent des connaissances requises sur le matériau, n'ont pas souvent la possibilité d'essayer leurs idées dans des conditions pratiques.

Ainsi, le développement et le choix des matériaux ont souvent lieu en collaboration avec le fournisseur du concasseur, l'aciérie et le client qui se servira du concasseur. [2]

II. 14. Le concasseur à marteaux de type EV

Le concasseur à marteaux de type EV est spécialement conçu pour broyer de gros blocs de pierre. Il se prête principalement au concassage de matières sèches, mais convient également pour le broyage de granulats présentant un pourcentage relativement élevé de composant visqueux.

EXIGENCE

La machine ne peut être utilisée qu'aux fins indiquées ci-dessus.

La machine répond aux exigences des directives européennes suivantes : 89/392/CEE (Machines) et 89/336/CEE (CEM).

Le concasseur est disponible dans plusieurs tailles et en plusieurs modèles. Qui sont des types

suivants : EV 250 x 250 - 1 – S EV 250 x 250 -2 - S
EV 250 x 300 - 1 – S **EV 250 x 300 -2-S**

« EV » désigne le type de concasseur. Le premier chiffre correspond au diamètre en cm du rotor à marteaux tandis que le second indique sa largeur en cm. « 1 » et « 2 » indiquent le nombre de cylindres d'admission et « S » la largeur de fente de la grille de sortie. Le concasseur est également disponible sans la grille de sortie. Le concasseur installé dans notre usine est de type EV 250 X 300 –2–85. [3].

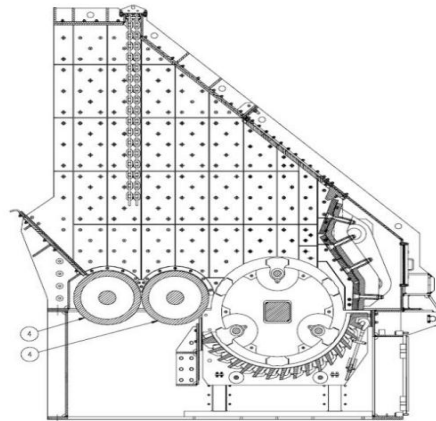
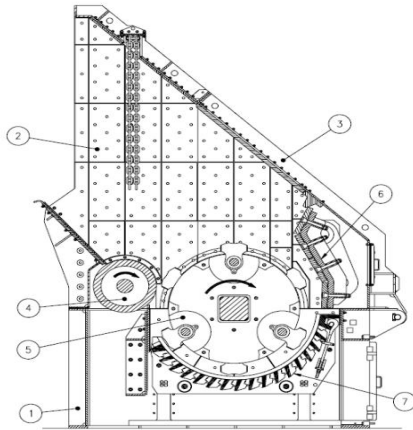


Figure.II.18 : (a) concasseur EV 250x300-1-85

Figure.II.18 : (b) concasseur EV 250x300-

2-85

La matière première concassée est le mélange Calcaire et argile .avec une Humidité de 8%, densité volumique de 1400 kg/m^3 , Capacité de production du concasseur 1540 t/h. Puissance du moteur du rotor presque 2000kW, vitesse de rotation de environ 40m/s.

II.14. Composition et fonctionnement

II.14.1. Composition

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Section inférieure. | 5. Rotor à marteaux. |
| 2. Section supérieure fixe. | 6. Plateau de concassage. |
| 3. Section supérieure basculante. | 7. Grille de sortie. |

Cylindre d'admission.

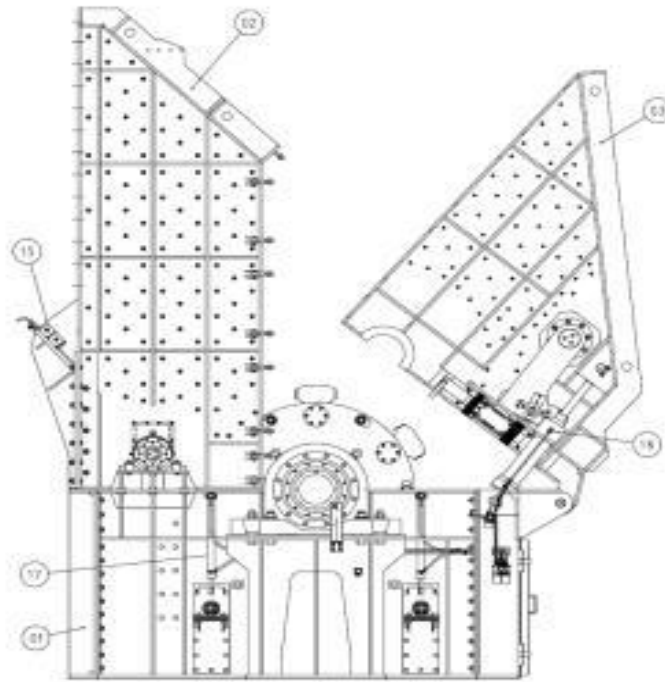


Figure II.19: Corps du concasseur

II.14. 1. 1. Corps du concasseur

Le corps du concasseur à marteaux est une construction hélicoïdale divisée en un certain nombre de sections assemblées sur le site (cf. annexes 1, 2 et 3). Le corps est également muni de plusieurs portes d'inspection permettant d'observer et d'accéder rapidement à l'intérieur du concasseur.

La matière pénètre dans la section supérieure fixe (02) du corps via l'orifice d'admission. La moitié de la section supérieure du corps peut être basculée pour accéder à l'intérieur du concasseur. Le plateau de concassage (06) est logé dans la section supérieure basculante (03). L'intérieur des parois de la section supérieure est recouvert de plaques d'usure (18).

La section supérieure basculante s'ouvre à l'aide de deux cylindres hydrauliques (16) alimentés en huile depuis une station de pompage hydraulique et contrôlés au moyen de soupapes manuelles. Ces soupapes peuvent être verrouillées à l'aide d'un cadenas afin d'éviter toute utilisation fortuite.

La section inférieure du corps repose sur une fondation et constitue la sortie de la matière sous les cylindres d'admission et le rotor à marteaux.

La section inférieure porte le palier des cylindres d'admission et du rotor à marteaux du concasseur et forme un support pour les montants de la grille de sortie ainsi que toute la section supérieure du corps. [3]

II.14. 1. 2. Cylindre d'admission

L'arbre (44) du cylindre d'admission repose à l'intérieur de paliers à rouleaux. Le palier du côté de l'attaque (22) est muni de bagues d'arrêt (38) (cf. annexe 4). Les paliers sont lubrifiés de graisse et munis de joints d'étanchéité en V. Les arbres portent les moyeux sur lesquels le manchon des cylindres (45) est monté à l'aide de blocs en caoutchouc amortisseurs (43).

Les blocs en caoutchouc absorbent les chocs provenant des grosses pierres contenues dans la matière alimentée. S'il est alimenté par un alimentateur-vibrateur, le concasseur comprend généralement deux cylindres d'admission (cf. annexe 3). Le cas échéant, l'un des cylindres entraîne l'autre à l'aide d'une transmission à chaîne (cf. annexe 7). L'orifice d'admission (15) est conçu différemment et adapté à l'alimentateur-vibrateur [2].

II.14. 1. 3. Rotor à marteaux

Le rotor à marteaux (05) se compose de l'arbre (32), qui porte un certain nombre de sections (10), des boulons (11) et des marteaux (09) (cf. annexe 4).

L'arbre du rotor (32) repose sur deux paliers à rouleaux (22). Le palier du côté de l'attaque est équipé de bagues d'arrêt (38). Les paliers sont lubrifiés et munis de joint d'étanchéité en V (39) et à labyrinthes (40) (cf. annexe 5). Le rotor à marteaux se compose de deux types de sections : intérieures (10) et extérieures (29). Les sections du rotor sont fixées en un seul groupe à l'aide de tirants (33) et maintenues sur l'arbre au moyen d'une pièce de serrage (30) à chaque extrémité.

Les boulons à marteaux sont des boulons lisses qui, à hauteur des sections à marteaux extérieures, sont fixés à l'aide de plaques d'arrêt (28). Les marteaux (09) sont montés sur les boulons entre les sections dont l'évidement permet au marteau de tourner en toute liberté. Les marteaux sont montés de telle sorte que deux marteaux successifs sont respectivement

décalés d'une largeur de marteau. Ainsi, la largeur du rotor est totalement couverte de marteaux.

L'arbre du rotor ainsi que la station d'attaque sont protégés contre les surcharges au moyen d'un accouplement de sécurité (35). Le moyeu de l'accouplement (35) est monté sur l'arbre du rotor avec un manchon de serrage (34).

Via les goupilles de cisaillement (36), le moyeu de l'accouplement est relié à la bride (37) qui est montée sur deux paliers à rouleaux permettant leur rotation mutuelle en cas de rupture des goupilles [3].

II.14. 1. 4. Plateau de concassage

Le dessus du plateau de concassage (06) est suspendu sur un tourillon traversant qui lui permet de pivoter (cf. annexe 9).

Le bas du plateau de concassage est maintenu à l'aide d'intercalaires (64) et d'une plaque expansible (65) qui garantit le maintien correct du bras pivotant du plateau de concassage. Le plateau s'ajuste à l'aide d'un vérin hydraulique manuel qui peut être placé de manière différente en fonction de la direction dans laquelle le plateau doit être décalé. Le bras pivotant et le plateau de concassage sont reliés entre eux de telle sorte qu'une goupille de cisaillement (66) se rompt si le plateau est soumis à une surcharge quelconque [3].

II.14. 1. 5. Grille de sortie

La grille de sortie se compose principalement des montants (53) et des barreaux (52). Elle est maintenue en place par rapport au corps au moyen de boulons (56) situés aux quatre coins (cf. annexe 8).

La grille peut être relevée à l'aide d'un cylindre hydraulique (17) permettant de compenser l'usure des marteaux. Chacun des cylindres hydrauliques peut être commandé séparément à l'aide de soupapes manuelles placées de telle manière qu'il est possible d'observer le cylindre actionné [3].

II.14. 2. Fonctionnement

La matière introduite dans le concasseur à marteaux commence par tomber sur le cylindre d'admission qui, d'une part, amène la matière vers le rotor à marteaux et, d'autre part, amortit la chute des grosses pierres sur le rotor.

Le concassage par percussion a lieu dans la zone où la matière quitte le cylindre d'admission pour être directement frappés par les marteaux qui viennent broyer les pierres par le bas. Pour le reste des opérations de concassage, les marteaux emportent les pierres vers la section supérieure du corps où elles sont broyées tandis qu'elles sont percutées les unes contre les autres. Il est procédé au concassage final lorsque les pierres viennent porter sur le plateau de concassage où elles sont frappées par les marteaux un certain nombre de fois. Lorsque les pierres sont suffisamment broyées pour pouvoir passer dans la zone de la grille, la finition du concassage peut enfin avoir lieu pour donner aux morceaux de pierres leur taille de produits finis en les broyant entre les barreaux de la grille à l'aide des marteaux.

Vu la vitesse de rotation élevée des marteaux, la finesse de la matière varie de l'état de poussières à celui de petits morceaux dont la taille maximale correspond à la fente de la grille de sortie. Néanmoins, seul un pourcentage relativement bas de morceaux présente des dimensions supérieures aux $2/3$ de la largeur de la fente.

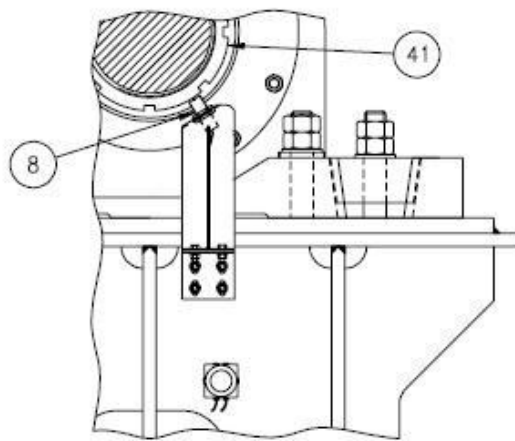


Figure II. 20:Contrôleur de vitesse

Le concasseur à marteaux est équipé d'un contrôleur de vitesse (08) qui explore l'écrou de palier (41) de l'arbre du rotor. Le moteur du rotor s'arrête si la vitesse de rotation est réduite à un niveau inférieur à celui autorisé.

La raison peut en être, par exemple, que les goupilles de cisaillement de l'accouplement de sécurité (35) se sont brisées à la suite d'une surcharge. Le reste du matériel est alors arrêté en suivant le tableau de verrouillage. Avant de remettre le concasseur à marteaux en marche après son arrêt, il est recommandé de vérifier si l'arrêt est dû à une rupture des goupilles de cisaillement. Le cas échéant, les remplacer.

Lors de l'entretien et de réparations, le concasseur peut être ouvert et la grille de sortie relevée grâce au dispositif hydraulique. En outre, la machine est livrée avec un extracteur hydraulique servant à remplacer les marteaux [3].

II.15. Utilisation

II.15. 1. Ajustement de la grille

La distance entre la grille et le rotor doit être correctement ajustée afin d'obtenir la granulométrie garantie. Si la distance entre les marteaux et la grille est trop grande, le produit obtenu sera généralement trop gros. Avant de procéder à l'ajustement, trouver les intercalaires nécessaires (58). Raccorder la station de pompage hydraulique. Le concasseur est muni de chaque côté d'un bloc de soupapes avec deux poignées. Ces quatre poignées permettent de commander chaque cylindre individuellement tout en la gardant à vue. Lorsque la poignée est activée vers le haut ou vers le bas, le piston doit respectivement monter ou descendre.

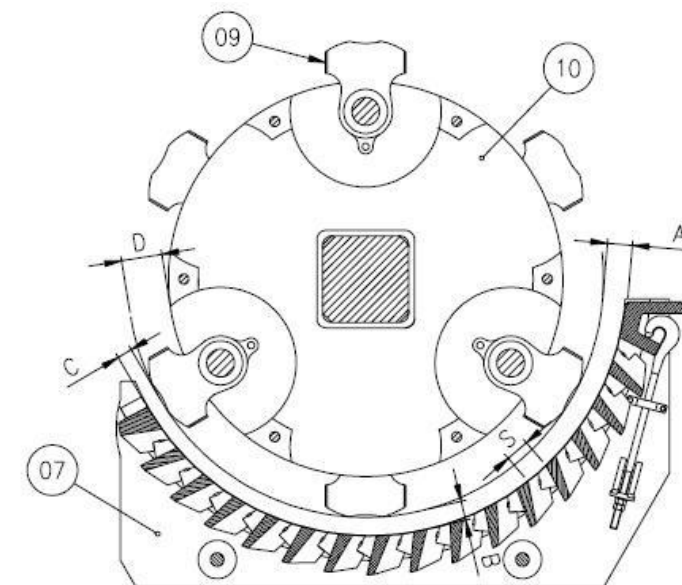


Figure II.21: Ajustement de la grille

Descendre le piston et le fixer aux garnitures de levage de la grille (59). Desserrer les boulons (68) qui retiennent la grille latéralement (cf. annexe 1).

Ôter les boulons qui retiennent les intercalaires. Soulever légèrement la grille. Pour en modifier la hauteur, enlever ou ajouter des intercalaires.

Après l'avoir ajustée, descendre la grille sur les intercalaires (58). Desserrer le piston de la garniture de levage et le faire monter à l'intérieur du cylindre. Boulonner les intercalaires. Serrer les boulons (68). Mesurer la distance entre les marteaux (09) et les barreaux de la grille (52) depuis le bas de celle-ci. Le plus simple est de mesurer cette distance jusqu'aux sections des marteaux (10) puisqu'il peut être difficile de faire basculer les marteaux vers le haut. La distance entre les marteaux et la grille dépend de la largeur de la fente « S » de la grille. Cette distance figure au point 9 de la nomenclature. Les distances correctes jusqu'à la grille sont indiquées sur le plan d'assemblage principal (cf. figure 2.4).

Mesurer aux deux extrémités de la grille afin de s'assurer que celle-ci est correctement ajustée sur toute sa largeur.

Le marteau dépasse de la distance « D » par rapport à la section des marteaux.

Dans le cas du concasseur EV 250, cette distance D est d'environ 220 mm.

Les distances entre la grille et les marteaux doivent être comme suit :

Distance A = env. 1,0 S

Distance B = env. 0,65 S

Distance C = env. 0,35 S

« S » correspond à la largeur de la fente. Une fois les distances A et B ajustées, la distance C devrait apparaître d'elle-même [3].

II.15. 2.Ouverture de la section supérieure basculante

La section supérieure basculante est fixée à l'aide de boulons sur son rebord. Desserrer ces boulons et raccorder la station de pompage hydraulique. Au moyen de la poignée de la plateforme située à côté du concasseur, ouvrir maintenant le concasseur. Lorsque la section supérieure est totalement ouverte, couper l'alimentation en électricité de la

station de pompage hydraulique. Verrouiller la poignée de la soupape pour éviter toute utilisation fortuite [2].

II.15. 3. Ajustement du plateau de concassage

Le plateau de concassage est suspendu à son sommet (62) (cf. annexe 9). Il est relié aux bras (63) du côté extérieur au moyen de goupilles de cisaillement (66). Les bras sont maintenus à l'aide d'intercalaires (64).

L'un des intercalaires est une « plaque expansible » (65) qui se compose de clavettes pouvant être fixées les unes contre les autres.

Faire avancer et reculer les bras au moyen du vérin hydraulique livré pour ajuster la position du plateau de concassage. Lorsque le plateau de concassage est correctement positionné, remplir d'intercalaires de part et d'autre du bras. Serrer maintenant les boulons de la « plaque expansible » de telle sorte que les clavettes poussent dans le sens des intercalaires de chaque côté.

Les intercalaires sont maintenant en place et ne bougeront pas pendant le fonctionnement du concasseur. L'extrémité du corps comprend de part et d'autre un trou (en dessous de petites portes d'observation) qui permet de pousser le plateau de concassage. Cette opération peut s'avérer nécessaire si les goupilles de cisaillement se rompent et s'il est nécessaire de faire avancer le plateau de concassage pour pouvoir monter de nouvelles goupilles [3].

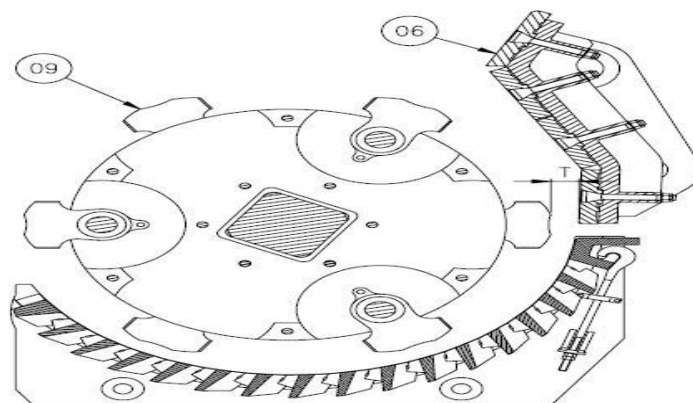


Figure II.22: Ajustement du plateau de concassage

Le plateau de concassage doit être positionné de façon à être de niveau avec la grille (c.-à-d. environ à 1 largeur de fente S des marteaux). La figure:II.5 illustre la distance entre les marteaux et le plateau de concassage $T = 1 \times S$.

Cette mesure peut être difficile à relever lorsque la section supérieure basculante est ouverte. Néanmoins, à cet effet, il est possible de relever la mesure allant du plateau-même jusqu'au joint d'étanchéité autour de l'arbre de la section supérieure. Comparer cette mesure à la mesure correspondante allant du rebord de la grille jusqu'au joint autour de l'axe de la section inférieure.

Le principe d'ajustement du plateau de concassage est le même que pour la grille : plus le plateau est proche des marteaux, plus le produit obtenu sera fin. À l'inverse, plus la distance entre le plateau de concassage et les marteaux et entre la grille et les marteaux est grande, plus le produit sera gros et plus la capacité du concasseur sera élevée [3].

La section inférieure est un solide cadre d'assise du concasseur supporte la partie supérieure fixée par boulons dessus, cette partie étant faite d'une plaque d'acier massif comportant des nervures de renforcement extérieures. Toutes les surfaces internes et la mâchoire réglable (Enclume) sont revêtues de tôles anti-usure fixées dessus par boulons. Les grandes portes d'inspection du concasseur donnent facilement accès à l'intérieur.

Les arbres des cylindres d'entrée tournent dans des paliers à roulement à rouleaux articulés supportés par le cadre d'assise. Des blocs de caoutchouc agglomérés, répartis en sections sont montés entre les rouleaux et leurs arbres pour absorber les effets de chocs contre les cylindres tout en transmettant le couple de torsion de l'arbre au cylindre. Les cylindres sont reliés entre eux par une transmission par chaîne placée à l'extérieur du cadre d'assise et sont entraînés par un moteur commun. Les deux cylindres tournent à différentes vitesses et leur entraxe est réglable.

Le rotor du concasseur à marteaux a une commande indépendante grâce à un moteur, un réducteur et des accouplements avec des paliers à rotule ajustés sur le cadre d'assise. Les marteaux en acier au manganèse en alliage de chrome sont amenés sur les boulons à marteaux et sont ajustés entre les disques et le rotor. Voir figure : **II.22** qui présente le rotor à marteaux.



Figure II.23:Rotor à marteaux du concasseur EV250x300

La grille de sortie située dans le cadre d'assise comprend une série de jeux de plaques-supports avec des barres de grille parallèles ajustées entre elles voir figure : **II.23** Les pièces d'espacement entre les barres déterminent la largeur de la fente et ainsi la granulométrie du produit fini. La grille de sortie peut être démontée comme un seul élément. [2]



Figure II.24:Grille de sortie du concasseur à marteaux [7]

Les roulements à rouleaux des arbres des cylindres sont lubrifiés à la graisse. Les roulements à rouleaux du rotor à marteaux tournent dans un bain d'huile. Tous les roulements sont dotés de joints -labyrinthes enduits de graisse. De grandes portes d'inspection permettent de contrôler aisément l'état des marteaux comme cela est conseillé. En retournant ou en remplaçant tout le jeu de marteaux ou en le retournant et le remplaçant, on peut être assuré d'avoir prolonger leur durée de vie au maximum.

On peut également compenser leur usure en rapprochant du rotor tant la grille de sortie que la plaque-mâchoire. Quand l'usure des marteaux se manifeste par une diminution de la production et par une augmentation de la consommation d'énergie, les marteaux usés devraient être remplacés ou réparés par soudure de recharge au moyen d'électrodes en acier au manganèse. Il y a différentes possibilités pour entrer dans la partie située au-dessus du rotor à marteaux: on peut le faire en renversant ou remplaçant les marteaux ou lors d'autres lourdes tâches effectuées sur les parties du rotor de concasseur. On peut y accéder par les portes d'inspection et le caisson rabattable situé au-dessus du rotor à marteaux permet au palan et au personnel d'entretien d'y entrer. On peut disposer de l'équipement de maintenance hydraulique pour manipuler les longs boulons supportant les marteaux

I. 1. INTRODUCTION

La maintenance c'est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management effectuées durant le cycle de vie d'un bien et destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. La maintenance a longtemps joué un rôle curatif dont l'unique objectif était de réduire la durée d'immobilisation des machines. Cette maintenance curative était axée sur le court terme et ne résolvait en rien les problèmes liés aux dégradations inévitables.

La maintenance est de plus en plus prise en compte au stade de la conception, en examinant les défaillances possibles, leurs conséquences et en prévoyant les dispositifs de diagnostic, dans un esprit de Life Cycle Cost. (LCC) ou "coût global". [4]

Le développement des équipements industriels (automates programmables, robots, etc.) exige un personnel de maintenance de plus en plus qualifié.

Le personnel de maintenance moins nombreux mais plus qualifié, peut alors consacrer une part importante de son temps à l'organisation optimale de la maintenance et à l'exploitation des informations recueillies. Il peut en particulier améliorer la fiabilité et la maintenabilité des principaux équipements, en recherchant les meilleures méthodes et moyens de diagnostic en cas d'incident.

III. 2. GENERALITE SUR LA MAINTENANCE

III. 2. 1. DEFINITION ET OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE

La norme **AFNOR NF X60 010** donne la **définition** suivante de la maintenance: "L'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. "

"Maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, visite, amélioration, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production. [5]

qualité de la production ainsi que la sécurité d'opération.

III. 2. 2. Objectif de la maintenance

Les objectifs poursuivis par la fonction maintenance porte essentiellement sur :

La conservation des équipements de production dans un bon état de fonctionnement.

- ❖ La croissance de la disponibilité opérationnelle de l'outil de production et la régularité de son fonctionnement.
- ❖ La sécurité des hommes et des installations.

Les missions que doit exécuter la maintenance, dans ce cadre, depuis la réception d'un équipement jusqu'à sa mise en rebut sont :

- ❖ Rédaction du cahier des charges.
- ❖ Réception des équipements.
- ❖ Définition du programme de maintenance préventive et des moyens associés.
- ❖ Exécution des travaux de maintenance préventive et corrective.
- ❖ Réalisation des modifications.
- ❖ Analyse des causes de défaillances.
- ❖ Gestion des stocks de pièces de rechange, de consommables et d'outillage.
- ❖ Gestion des moyens humains.
- ❖ Analyse et optimisation des coûts de maintenance.

Définition des critères de remplacement des équipements

III. 2. 3. LES PHENOMENES PRECURSEURS DE PANNES

La connaissance intime des machines et équipements permet à la longue de pouvoir prédire les panne 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 pièce ou des traces d'oxydation.
- ❖ **Connexions** électrique, mécanique ou hydrauliques relâchées, défaillantes .
- ❖ **Vibration** anormales, inhabituelles .
- ❖ **Fuites**, de fluides, d'air comprimé ...
- ❖ 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. 4. 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** :

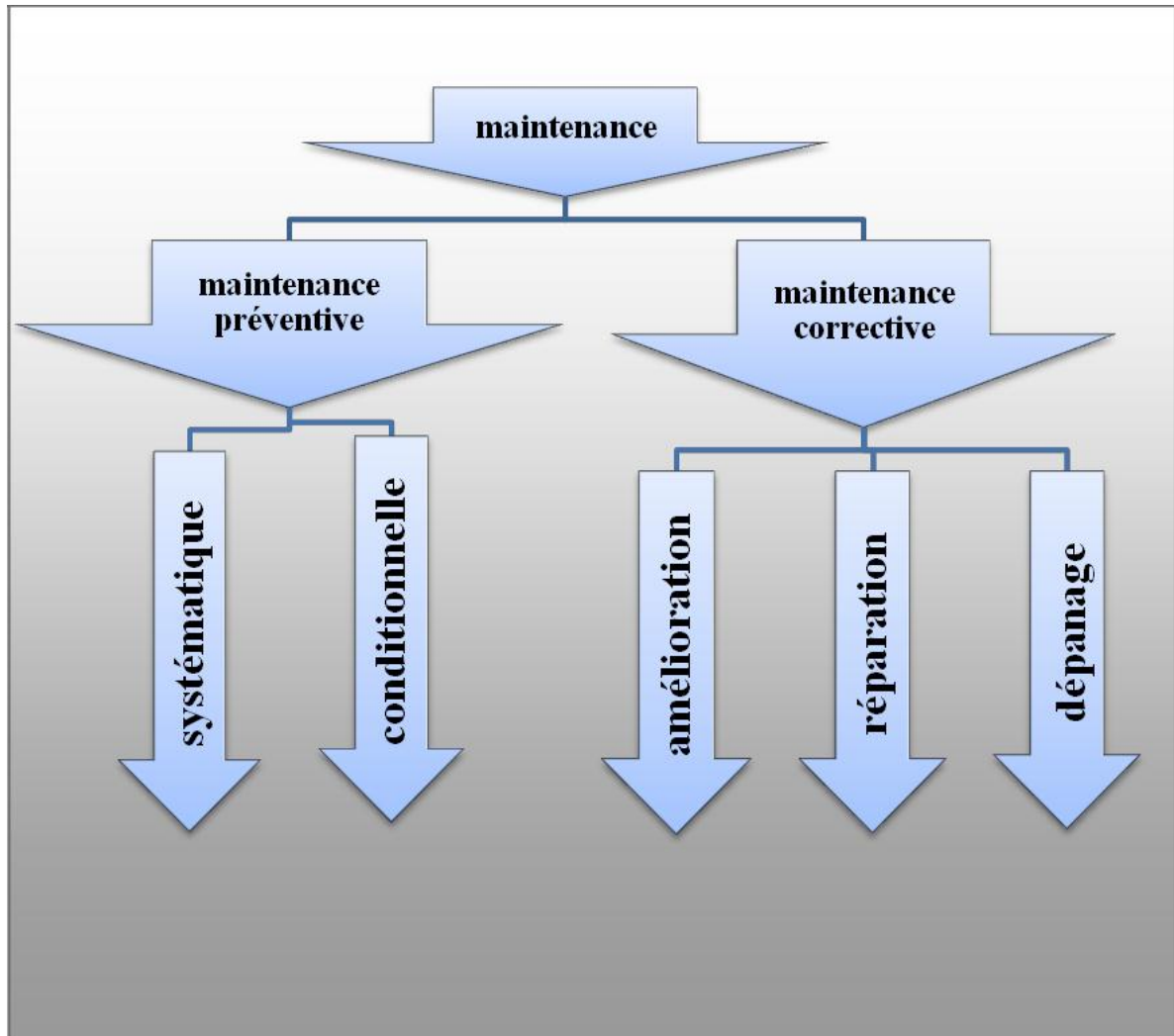


Figure (III.1): types de maintenance.

- ❖ Visite
- ❖ Contrôle
- ❖ inspection

III. 2. 4. 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 (**maintenancesystématique**), 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. 4. 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. 4. 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. 4. 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. 4. 2. 1. TYPES DE MAINTENANCE CORRECTIVE

Qui consiste à intervenir sur un équipement une fois que celui-ci est défaillant. Elle se divise en [6]:

- ❖ **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 avantages

- ❖ 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. 5. 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.

III.2.6. 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...)[6].

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.

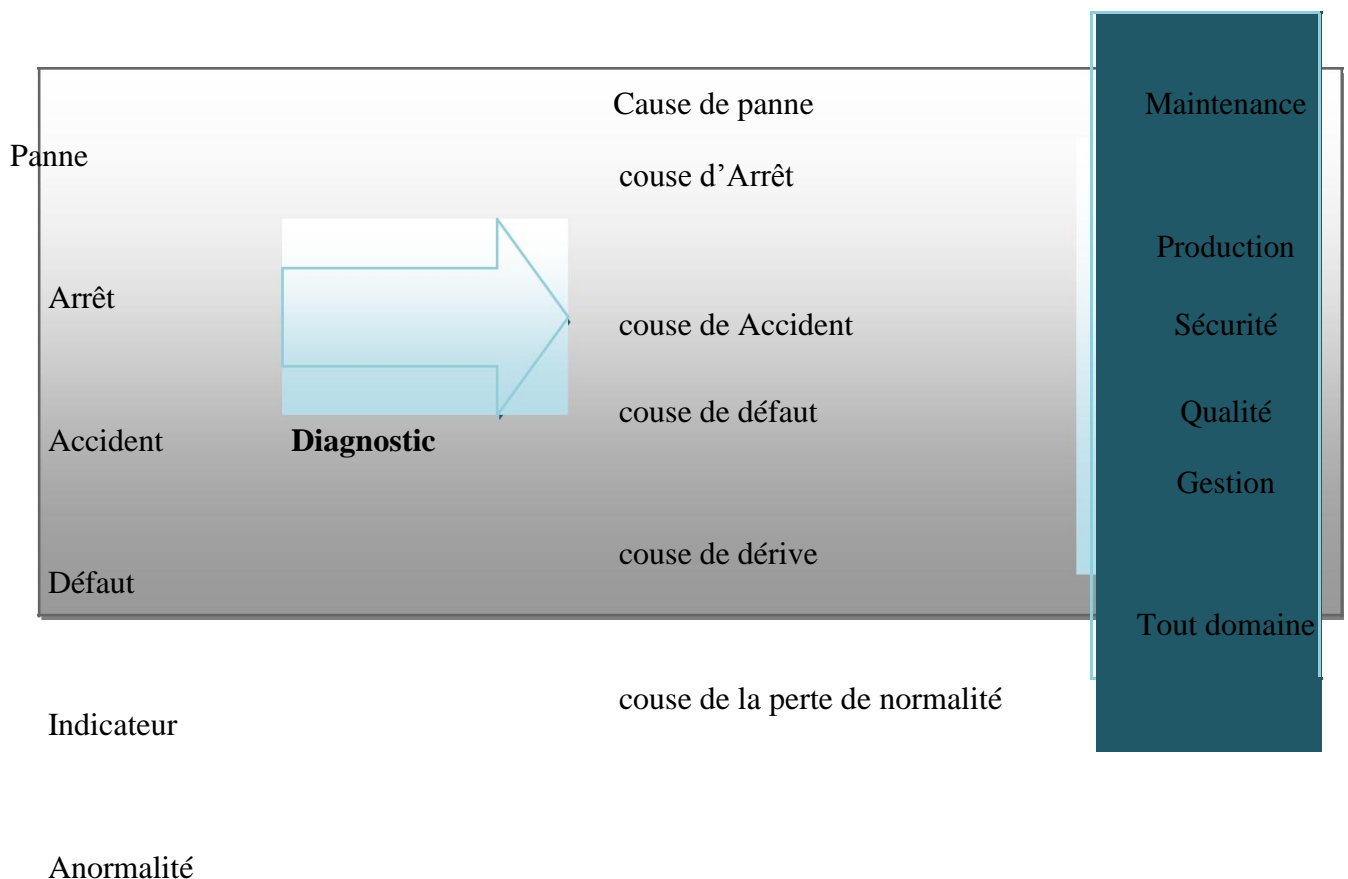


Figure (III.2) : champs d'application du diagnostic.

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 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 [6]:

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 des 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) [6].

- ❖ La détection d'un dysfonctionnement par comparaison avec des signatures associées aux états de fonctionnement normaux et la définition d'indicateur de confiance dans la détection.
- ❖ La mise en œuvre d'une méthode de diagnostic de la défaillance ou de la dégradation à partir de l'utilisation des connaissances des relations de cause à effet .
- ❖

La prise de décision en fonction des conséquences futures des défaillances et des dégradations. 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 biens ou une reconfiguration du fonctionnement du procédé pour éviter une perte de production en attendant le prochain 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 cause 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.

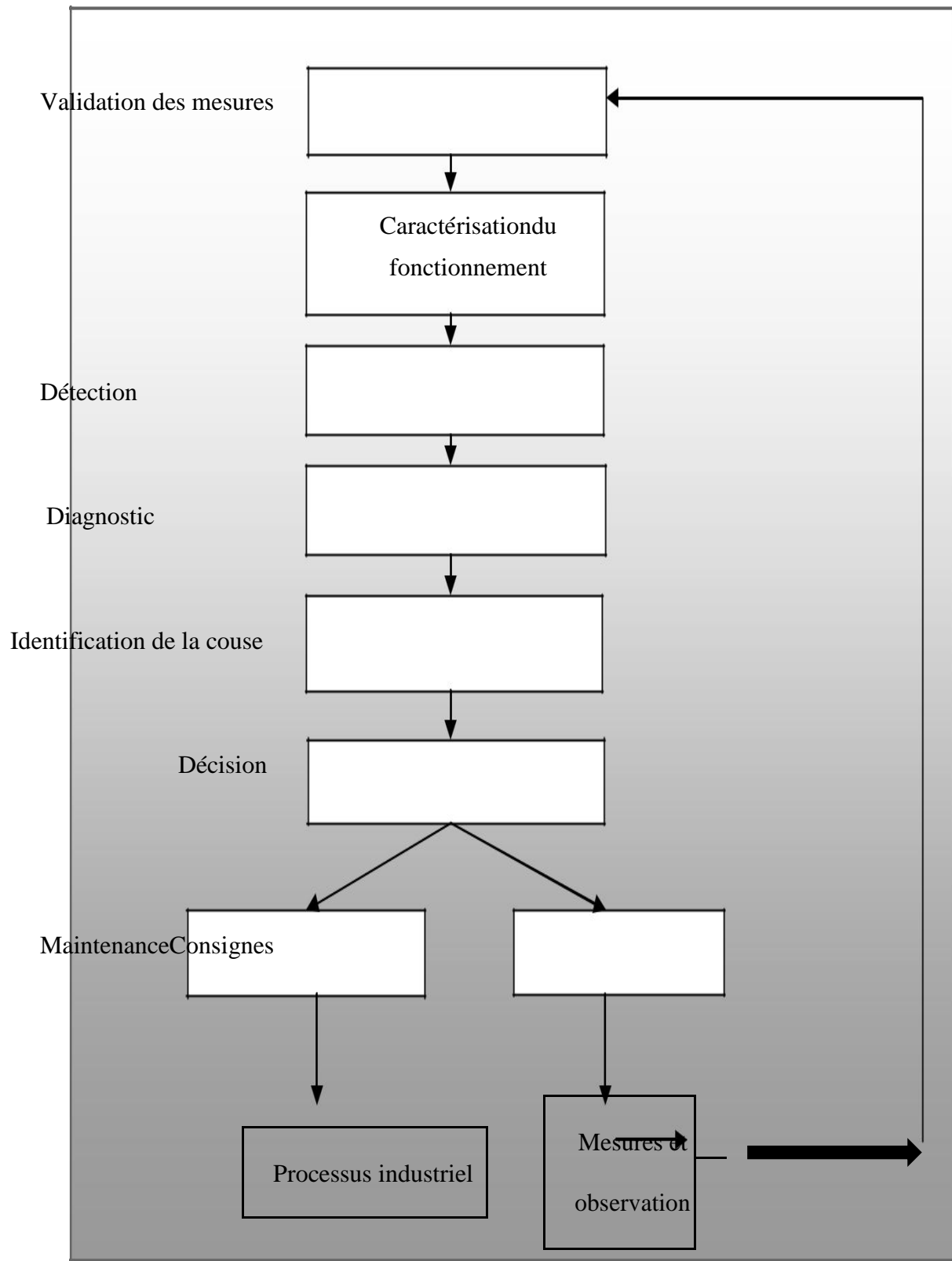


Figure (III. 3) : Les différentes étapes du diagnostic industriel.

III.4. PRESENTATION DE MAXIMO :

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

The screenshot displays the MAXIMO software interface for tracking maintenance interventions. The main window shows details for an intervention with the title 'CHANGEMENT DES MAILLONS DE CHAÎNE CPL DÉFILLÉ'. Key information includes the site 'MSI-174-FED1', the equipment 'ALIMENTATEUR CALCAIRE ET GYPSE AF950', and the parent intervention '4009937'. The interface is divided into several sections: 'Détails de travail' (work details), 'Détails de l'actif' (asset details), 'Priorité' (priority), 'Informations d'adresse' (address information), and 'Informations de planification' (planning information). The 'Détails de travail' section includes fields for 'Gamme d'opérations' (AFRC5M50), 'Code action' (RLC), and 'Code post PM'. The 'Détails de l'actif' section includes 'Actif opérationnel', 'Existence de garanties', and 'Accord SLA appliqué'. The 'Priorité' section shows a priority level of 4 and a category of 'MEDIUM'. The 'Informations d'adresse' section includes 'Adresse du service' and 'Ville'. The 'Informations de planification' section shows the 'Début réel' (16/09/19 07:56) and 'Statut de la demande en cours' (sujet de démarage: 16/09/19 14:07).

Figure (III. 4) : Logiciel maximo

III.4.1. OBJECTIFS :

Le logiciel MAXIMO permet :

La détermination de la tâche 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.4.2. 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.4.3 HISTORIQUE DES PANNES

D’après l’historique et les interventions de la machine appareil (du janvier 2019 a janvier2020),on a les données de départ suivantes :

Tableau (III.1) :L’historique des pannes d’appareil de concasseur

Description	Emplacement	Date de rapport	Début planifié	Fin réelle
changement joint de l'extracteur et remplacer le flexible et le raccord mâle défaillant	MSI-104-CR05	27/01/2019	27/02/2019	27/02/2019
Remplacer les doigts d'accouplement tablier métallique de calcaire cote droite	MSI-104-FE01	27/01/2019	04/02/2019	05/02/2019
changement le flexible d'huile de vérin de la porte basculante (voir photo)	MSI-104-CR05	27/01/2019	11/02/2019	06/02/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	19/02/2019	24/02/2019	27/02/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	12/03/2019	07/04/2019	08/04/2019
VSA chaîne tablier métallique	MSI-104-FE03	23/05/2019		30/05/2019
inverser les axes de maillon chaîne pour graissage et remplacer les écroue manquent (voir photo)	MSI-104-FE01	18/06/2019	03/07/2019	04/07/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	20/08/2019	25/08/2019	26/08/2019
Nettoyage au niveau de la zone concassage et commun(déchets métallique).	MSI-104-FE03	17/09/2019		24/09/2019
changement des tôles de déflecteur sous ATM calcaire (voir photo)	MSI-104-FE01	17/09/2019	25/09/2019	24/09/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	18/09/2019	25/09/2019	26/09/2019
remettre axe de vérin à sa place la porte du concasseur mixte (voir photo)	MSI-104-CR05	22/09/2019	21/10/2019	23/10/2019
changement d'un maillon chaîne fissurée ATM calcaire	MSI-104-FE01	15/10/2019	16/10/2019	17/10/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	15/10/2019	24/10/2019	23/10/2019
changement le joint SPI de extracteur d'axe marteaux (voir photo)	MSI-104-CR05	15/10/2019	24/10/2019	23/10/2019
changement le distributeur de vérine de extracteur d'axe marteaux (voir photo)	MSI-104-CR05	15/10/2019	24/10/2019	23/10/2019
changement le bloc de distributeur hydraulique de la grille sortie	MSI-104-CR05	05/11/2019	11/11/2019	12/11/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	06/11/2019	13/11/2019	07/11/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM (Week End)	MSI-104-CR05	29/01/2020	16/02/2020	17/02/2020
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	26/02/2020	03/03/2020	04/03/2020
changement Les doigts d'accouplement GV de réducteur BC 110 (S/ 5)	MSI-104-BC11	13/01/2019	28/01/2019	27/01/2019
changement goupille de enclume de concasseur mixte	MSI-104-CR05	14/01/2019	15/01/2019	15/01/2019
changement les boulons de la bar de blindage de la porte basculante	MSI-104-CR05	04/02/2019	11/02/2019	12/02/2019
changement d'une raclette de ramasse miettes argile	MSI-104-DG03	08/04/2019	16/04/2019	17/04/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	08/04/2019	14/04/2019	17/04/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	27/05/2019	02/06/2019	09/06/2019
changement les goupilles de enclume du concasseur mixte	MSI-104-CR05	28/05/2019		29/05/2019
changement d'un maillon chaîne ATM calcaire	MSI-104-FE01	25/06/2019	25/06/2019	26/06/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	26/08/2019	01/09/2019	05/09/2019
changement maillon chaîne fissure ATM calcaire	MSI-104-FE01	25/08/2019		26/08/2019
changement d'un maillon chaîne fissurée ATM calcaire	MSI-104-FE01	23/09/2019		24/09/2019
changement la tôle de chute sous le grille sortie et renforcement d'autres tôles (voir photo)	MSI-104-BC11	20/10/2019	29/10/2019	29/10/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	22/10/2019	27/10/2019	31/10/2019
serrage des boulons des paliers de rotor et de l'arc du rotor après 24 h de marche	MSI-104-CR05	10/12/2019	17/12/2019	15/12/2019
changement le boulon de fixation de la porte de enclume de concasseur (voir photo)	MSI-104-CR05	10/02/2019	18/02/2019	19/02/2019
installation des bavettes d de la bande Bc110 cote chute r ramasse miettes S/9	MSI-104-BC11	10/02/2019	27/02/2019	21/03/2019
changement les flexibles de réducteur de rotor du concasseur mixte (voir photo) S/48	MSI-104-CR05	10/02/2019	19/11/2019	20/11/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	05/02/2019	14/02/2019	12/02/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	27/02/2019	03/03/2019	05/03/2019
changement les goupilles de enclume du concasseur mixte	MSI-104-CR05	27/02/2019	03/03/2019	03/03/2019
changement des galets porteurs usé et entretien du système de graissage du tablier calcaire Mix	MSI-104-FE01	21/03/2019	01/12/2019	04/12/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	18/04/2019	21/04/2019	24/04/2019
changement les goupilles de enclume de concasseur mixte	MSI-104-CR05	23/04/2019	23/04/2019	24/04/2019
changement les marteaux d'extrémité (Q=3)avec équilibrage de l'ensemble	MSI-104-CR05	09/05/2019	17/06/2019	19/06/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	12/05/2019	19/05/2019	23/05/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	09/05/2019		13/05/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	03/06/2019	09/06/2019	11/06/2019
Réparation des fissures sur la porte basculante et changement des boulons à œil de fixation	MSI-104-CR05	01/07/2019	01/12/2019	04/12/2019
Changement des plaques de blindage de la partie inférieure entre la grille de sortie et rotor (Après avoir sorti le rotor)	MSI-104-CR05	01/07/2019	15/12/2019	15/12/2019
Réparation de la chute vers la bande BC 110	MSI-104-BC11	01/07/2019	15/12/2019	15/12/2019

réalisation jeu entre maillon chaîne et les moyeux de tourteau (voir photo)	MSI-104-FE03	01/07/2019	01/12/2019	05/12/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DU CONCASSEUR MIXTE	MSI-104-CR05	07/10/2019		07/10/2019
CONTRÔLE ET VÉRIFICATION DE L'ENSEMBLE ARBRE DE RENVOIE DU ATM AVEC CHANGEMENT DES ROULEMENT SI NÉCESSAIRE	MSI-104-FE01	28/10/2019	03/12/2019	03/12/2019
changement le nettoyeur (Racleur) de la bande BC110	MSI-104-BC11	20/11/2019	24/11/2019	25/11/2019
remplacer les manches déchiré BF120 mixte (Q= 15)	MSI-104-DC19	18/11/2019	24/11/2019	24/11/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	18/12/2019	22/12/2019	26/12/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	18/12/2019	02/01/2020	31/12/2019
changement les plaques entrée matière au dessus du cylindre (voir photo)	MSI-104-CR05	07/01/2020	27/01/2020	29/01/2020
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	07/01/2020	12/01/2020	16/01/2020
changement le joint moto réducteur ramasse miette calcaire cote gauche	MSI-104-DG01	10/02/2020	18/02/2020	19/02/2020
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM (Week End)	MSI-104-CR05	22/01/2019	27/01/2019	28/01/2019
Changement des goupilles D=50mm de l'enclume concasseur Mix	MSI-104-CR05	13/02/2019	18/02/2019	19/02/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	05/03/2019	10/03/2019	13/03/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104	30/04/2019	05/05/2019	07/05/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	24/04/2019	28/04/2019	30/04/2019
VSA chaîne tablier métallique	MSI-104-FE01	16/05/2019		20/05/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	20/05/2019	26/05/2019	27/05/2019
changement arc de cylindre côté gauche (voir photo)	MSI-104-CR05	11/06/2019	25/06/2019	26/06/2019
Démontage de la plaque et la barre de blindage pour nettoyage du capot et changement des boulons de fixations.	MSI-104-CR05	03/07/2019	01/12/2019	03/12/2019
changement arc de cylindre côté droite (voir photo)	MSI-104-CR05	05/09/2019	11/09/2019	12/09/2019
changement lamelle déformée ATM calcaire (voir photo)	MSI-104-FE01	05/09/2019	11/09/2019	12/09/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	09/10/2019	15/10/2019	13/10/2019
VSA chaîne tablier métallique	MSI-104-FE03	01/12/2019		03/12/2019
VSA chaîne tablier métallique	MSI-104-FE01	01/12/2019		01/12/2019
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	13/01/2020	19/01/2020	23/01/2020
CHANGEMENT DES GOUPILLES DE L'ENCLUME DIAM 50 MM	MSI-104-CR05	11/02/2020	18/02/2020	19/02/2020

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 été

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 [7].

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. -Principe de la méthode

La réalisation du dossier AMDEC doit passer par une phase amont qui consiste à la préparation de l'entité à l'analyse par décomposition fonctionnelle, en utilisant une des méthodes de l'analyse fonctionnelle.[8].

Après la décomposition de l'entité en sous-systèmes ou en pièces (cela dépend du niveau de décomposition adopté), chacun de ces modes doit passer par les étapes suivantes :

IV.3.1.1- Analyse fonctionnelle

Les méthodes d'analyse fonctionnelle sont indispensables pour réaliser une décomposition fonctionnelle et matérielle d'une installation industrielle en cours de conception ou en fonctionnement.

L'utilisation de ces méthodes, par leurs caractères systématiques et exhaustifs, représente une garantie formelle pour décomposer une installation industrielle en niveaux fonctionnels et matériels nécessaires, pour identifier les modes de défaillances et leurs conséquences sur les objectifs opérationnels retenus pour l'installation ou équipement concerné.

L'analyse fonctionnelle permet d'identifier la totalité des fonctions d'un système à partir des relations de celui-ci avec son environnement.

Les trois phases de la méthode sont :

- ❖ L'analyse du besoin de produit ou système.
- ❖ L'étude de l'environnement.
- ❖ La détermination des fonctions de l'équipement et des éléments qui sont nécessaires.

On a fait successivement une analyse fonctionnelle externe pendant laquelle, on considère l'équipement comme une boîte. On utilise une représentation graphique simplifiée.

Cette analyse permet de faire exprimer le groupe sur fonction qui des milieux extérieure au système. On définit une (des) fonction (s) principale (s) et des fonctions contraintes rendues nécessaires pour que le système satisfasse à la sécurité, l'environnement à certaines contraintes d'utilisation par exemple.

Les résultats des analyses fonctionnelles sont matérialisés par le bloc diagramme fonctionnel (BDF). [9]

IV.3. 1.2- Analyse des défaillances

Pour tous les éléments de l'arborescence, on étudie successivement leur mode de défaillance, leurs effets et leur cause. Souvent, on regarde également le mode de détection, s'il existe.

IV3.1.3-Recensement des modes de défaillance

Le mode de défaillance est la caractéristique perceptible ou observation de la défaillance. Cette phase consiste à recenser de façon la plus complète possible tous les modes de défaillances plausibles et potentiels de l'entité analysée

IV.3.1.4-Recherche des causes de défaillance

Il est illusoire de viser l'exhaustivité dans cette phase, cependant une technique de recherche des causes fortes efficaces consiste à utiliser un outil de travail de groupe bien connu.

IV.3.1.5-Hiérarchisation ²des défaillances

Le grand nombre de défaillance répertoires et analysées lors de la phase précédente nécessite d'introduire une certaine hiérarchisation afin de pouvoir isoler les plus « Critique », c'est à dire celles qu'il va falloir éliminer en revoyant la conception du système.[10]

IV.4. - BUT DE L'AMDEC

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production.

L'AMDEC peut être mise en œuvre dans de nombreux buts, en particulier :

- 1- Déterminer les points faibles d'un système ou d'un produit.
- 2- Rechercher les cause miliaire des défaillances des composantes.
- 3- Analyser les conséquences sur l'environnement, la sûreté de fonctionnement.
- 4- Prévoir les actions correctives des la conception.
- 5- Prévoir le plan de maintenance préventive et des pièces de rechange.
- 6- Créer la documentation des systèmes d'aide au diagnostique.
- 7- Faire dialoguer toutes les personnes concernées par le même projet.

L'AMDEC va permettre d'atteindre ces objectifs en traitant systématiquement les paramètres suivants :

❖ Recensement et définition des fonctions

* Du moyen de production.

* Des sous-systèmes.

* Des composants.

❖ Analyse des défaillances par

* Le recensement des modes de défaillance.

* L'identification des causes de défaillance.

- * L'évaluation des risques.
- * La recherche des modes de détection.
 - ❖ Hiérarchisation des défaillances avec la cotation de la criticité
 - ❖ Qui va permettre d'estimer, pour chaque défaillance, trois critères de définition:
- * La fréquence d'apparition de la défaillance (indice F).
- * La gravité des conséquences que la défaillance génère (indice G).
- * Le non détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière.
- * Ne produise les conséquences non désirées (indice D).

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

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

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

Au cours du temps, de nombreux types d'AMDEC ont vu le jour. En fait, il en Existe trois principaux qui se référant aux différentes fonctions du système de production D'une entreprise. [11]

Dans le cas de la conception d'un produit complexe, ces différentes AMDEC seront mises en œuvre en parallèle ou successivement

Selon les objectifs visés plusieurs types de l'AMDEC sont utilisés lors de phase successive de développement d'un produit [12] :

- ✓ 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 PRATIQUE 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 [7].

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[12].

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 [12].

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 [12] .

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.

Valeur	Définition
1	Défaillance rarement apprue sur du materiel similaire existant En exploitation (exemple un défaut par an)
2	Défaillanceaccasionnellementapprue sur du materiel similaire existant En exploitation (exemple un défaut par trimestre)
3	Défaillance fréquemment apprue sur du materiel similaire existant En exploitation (exemple un défaut par mois)
4	Défaillance fréquente :plus d'un Défaillance par semaine

Tableau (IV. 2) : Tableau de fréquence

Lagravité (G) :

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

Valeur	Définition
1	Arête de production: mois de15 min Aucune ou peu piece de rechange nécessaire.
2	Arête de production: mois de15 min a heure pieces en stock
3	Arête de production: mois de15 min1heure a 2 heure. Piece en stock
4	Arête de production: mois de15 min 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.

Valeur	Définition
1	Arête de production: mois de15 min Aucune ou peu piece de rechange nécessaire.
2	Arête de production: mois de15 min a heure pieces en stock
3	Arête de production: 1heure a 2 heure. Piece en stock ou livraison ultra-rapide
4	Arête 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.D.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 Elevée	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

IV.7. -CONCLUSION DE L'ETUDE AMDEC

Le calcul de la criticité faite par le produit des notes G.F.D montre si le seuil de criticité acceptable ou non. Permettant la hiérarchisation et la mise en place d'action corrective peut être définie comme suite :

- $C < 8$: aucune modification maintenance corrective.
- $12 < C < 16$: acceptable, remise en cause de l'étude ou maintenance préventive systématique et pièces de rechange associés
- $C > 16$: non acceptable, surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle et pièce de rechange associées.

Remarque : On note les éléments puis on les place dans un tableau

Tableau (IV.6.):Tableau de criticité

C<12	
12<C<16	
C>16	

IV.2. 8-EXEMPLE D'UNE FICHE AMDEC [8]

Tableau: (IV.7): Feuille d'analyse amdec										
AMDEC-Moyen de production										
Fournisseur:			Rédacteur:			Indices de criticité			Actions corrective	
Système:			Service:							
Sous système:			Date:		réf:					
Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes	Effets	Detection	F	G	D	c	Actinons

L'élément	Function	Mode De défaillance	Effet	Cause	Détection	Criticité			
						F	G	D	C
Plaque d'usure (blidag) (1)	Protection les produit et la piece	Usurer ou fissure	Frottements	Abrasion matière	La qualité de la pier	2	3	2	12
Rotor a marteaux (2)	Rotation cylinder a marteaux	Vibration	Fatige et frottement	Palier et Effort	Visual ou auditif Bruit	1	4	1	4
Marteaux (3)	Concassage	Usure et rupture	Chocs Fatigue	Surcharge	Visual après ouvareture le concasseu et bruit	1	4	2	8
Vérains hydraulique (4)	Ouveret le chamber de concassage	Non stabilité de la pression	Usure de joints Défaut de la pompe	Fuite d'huile et chute de pression	Controle de pression d'huil	1	3	3	9
Les axe des marteaux (5)	Transsmisi on le mouvement	Rupture et déformation	Surcharge	Défaut Vibration	Visual après ouvareture le concasseur Bruit	3	4	2	24
Support mobile (6)	Assurer la fixation et éviter les vibrations	Vibration et des secousses	Influer sur des autres	Déchirure s des support	Visual Bruit	4	3	1	12
Roulement (7)	Guidage de Rotation	Grippage	Lapoussiere	Echauffemen t et Blocage	Arrett de larotation	3	3	2	18
Moteur Électrique (8)	Fournirn l'énergie mécanique	Moteur ne tourne Pas	Arête de la machine	Surcharge. Usurer des roulements.	Bruit et Echauffement	1	4	1	4
Reducteur de vitess (9)	Duminuer et transmission de mouvement	Rupture	Arête de la machine	Chock Surcharge	Visual Bruit	3	4	1	12

Chaîne de table métallique (10)	Transport é de produit	Rupture et usure	ArrêtDe La machine	surcharge	Visual	2	4	1	8
Gobille (11)	Accouple ment	Rupture Etusure	Arrêt Dele mouvement de rotation	Vitesse de rotation plus grand Surcharge	Visual etBruit	3	4	1	12

Action corrective			
(1) Plaque d'usure (blindage)	(2) Rotor a marteaux	(3) Marteaux	(4) Vérins hydraulique
Changement Plaque d'usure	Changement Rotor a marteaux	Changement les marteaux Changement type de matériaux	Changement des flexible Changement systématique des joints d'étanchéité

Action corrective			
(5) Les axe des marteaux	(6) Support mobile	(7) Roulement	(8) Moteur Électrique
Changement Les axe	Changement Support mobile	Changement et Graissage Les Roulement	Eviter les durs mécanique (galets,chaîne,réducteur) Eviter le desserrage des câbles D'alimentation

Action corrective		
(9)	(10)	(11)
Réducteur de vitesse	Chaîne de table métallique	Gobille
-Graissage l'engrenage et Changement	-Graissage la Chaîne -Changement la Chaîne	-Changement les Gobille

V.8.2- Choix de la politique de maintenance

Le calcul de la criticité faite par le produit des notes G.F.D montre si le seuil de criticité acceptable ou non. Permettant la hiérarchisation et la mise en place d'action corrective peut être définie comme suite :

$C < 12$	2-3-4-8-10
$12 < C < 16$	1-9-11-6
$16 < C$	5-7

D'après le tableau précédent on conclut que la maintenance corrective touche d'une manière spécifique le support mobile, cependant les roulement et le vérin hydraulique sont concernés par la maintenance préventive systématique, et leLes axe des marteaux grâce à son importance est besoin d'une surveillance par la maintenance conditionnelle

Chaque mode de défaillance identifié dans le tableau AMDEC est caractérisé par sa criticité qui permet d'établir l'ordre des priorités des actions correctives à prendre.

Après l'analyse des modes de défaillance de l'appareil à cylindres on a pu hiérarchiser les différents défaillances selon leur importance et on a pu constater que les éléments suivant et Les axe des marteaux et Roulement :, avec les indices de criticité respectivement 24, 18, sont les plus critiques que les autres éléments.

Afin d'envisager les remèdes possibles pour éradiquer toutes les causes des défaillances, en assurant la disponibilité et la fiabilité du système en même temps. Alors il faut bien faire une étude propre à chaque sous ensemble pour bien comprendre son comportement pathologique.

IV. 9-CONCLUSION

Dans ce chapitre on a appliqué méthodes d'analyse de la maintenance intégrée qui sont l'arbre de défaillance et l'analyse AMDEC qui permet à l'entreprise «LAFARGE» d'utiliser une politique de maintenance adéquate et efficace qui réalise les objectifs désirés .

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 CONCASSEUR ;ce qui nous a permis de donner une étude et description détaillé de CONCASSEUR disponibles dans cette société. Pour proposer une maintenance adéquate a ces deux machines (logiciel MAXIMO).et finalement Application de l'A.M.E.D.C aux CONCASSEUR

CONCLUSION GENERALE

Le ciment est l'une des nécessités de la construction d'infrastructures et de bâtiments, et il passe plusieurs étapes pour le fabriquer. L'une des étapes les plus importantes est l'étape de concassage de la pierre, qui est la première étape de production et est réalisée par des concasseurs Différent selon la qualité des pierres et le besoin

La maintenance en général, y compris les actions périodiques ou correctives, est l'une des choses que l'entreprise doit prendre en charge, car les erreurs coûtent cher à l'entreprise en cas de non-ingérence dans le délai spécifié.

Il existe de nombreuses façons de réduire les coûts de maintenance et d'augmenter la productivité de la production, parmi eux La méthode amdec est parmi les meilleures Maximo et d'autres programmes Utilisé par Lafarge

Dans la première partie, nous avons présenté Lafarge pour fournir les types de concasseurs et leurs connaissances

Dans la deuxième partie, nous avons pris connaissance des types de maintenance et pris note des dates de panne comme dans la dernière partie, nous avons appliqué la méthode amdec au dispositif de coupe pour améliorer la production et réduire les coûts de maintenance en étudiant différentes parties du dispositif de coupe et en les plaçant dans un tableau de 4 cellules (F, D, G, C) et trouver le point critique dans l'appareil et suggérer un type de maintenance proportionné à l'effondrement et notre objectif de mémoire est d'améliorer la production et de réduire les coûts de maintenance.

Bibliographie

- [1] Document interne de cimenterie LAFARGE M'sila
- [2] FLSMIDTH PLANT SERVICE DIVISION . (LE CONCASSAGE),VIGERSLEV ALLÉ 77 - 2500 VALBY – DANEMARK, The international Cément séminaire. Training.2003.
- [3] **FLSMIDTH**, (Concasseur à marteaux EV avec cylindre d'admission. Montage, utilisation et entretien), instruction manuel 70000193-4 VIGERSLEV ALLÉ 77 - 2500 VALBY – DANEMARK. 2002.
- [4] ABDELOUAHABS, « management participatif maintenance :cas d'une Entreprise pétrolière »,projet, Ancien élève de l'I.N.H.C ,ingénieur-consultant, AUTO-EDITION 1999.
- [5] LYONNET P. « La Maintenance :Mathématique et organisation »édition DUNOD ,paris,2000.
- [6] François MONCHY Maintenance méthode et organisation, 2000.
- [7] RIDOUX, M. techniques d'ingénieurs : AMDEC –moyen.
- [8] BASSETTO S , « Méthode employant les connaissances d'experts » ,COLLOQUE C2EI Nancy 1-2décembre 2004.
- [9] HERROU B ,ELGHORBA M. « démarche d'optimisation du plan d'action maintenance, étude de cas d'une PME marocaine »CPI'2005-Casablanca,morocco
- [10] AIDI M. « gestion coopératives des objectifs de simulation de produits industriels » ; Colloque IPI Autrans 22-23 janvier 2004
- [11] Mr . ZARGAN .S . coure : « maintenance industrielle » UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
- [12] EL MOUDEN .A. « rapport de stage Lafarge ciment » Université Moulay Ismail ,

Annexes

Légende des annexes de 1 à 10

Annexe 1

Annexe 2

Annexe 3

Annexe 4

Annexe 5

Annexe 6

Annexe 7

Annexe 8

Annexe 9

Annexe 10

Annexe11

Annexe12

Annexe 13

Annexe 14

1. Légende des annexes

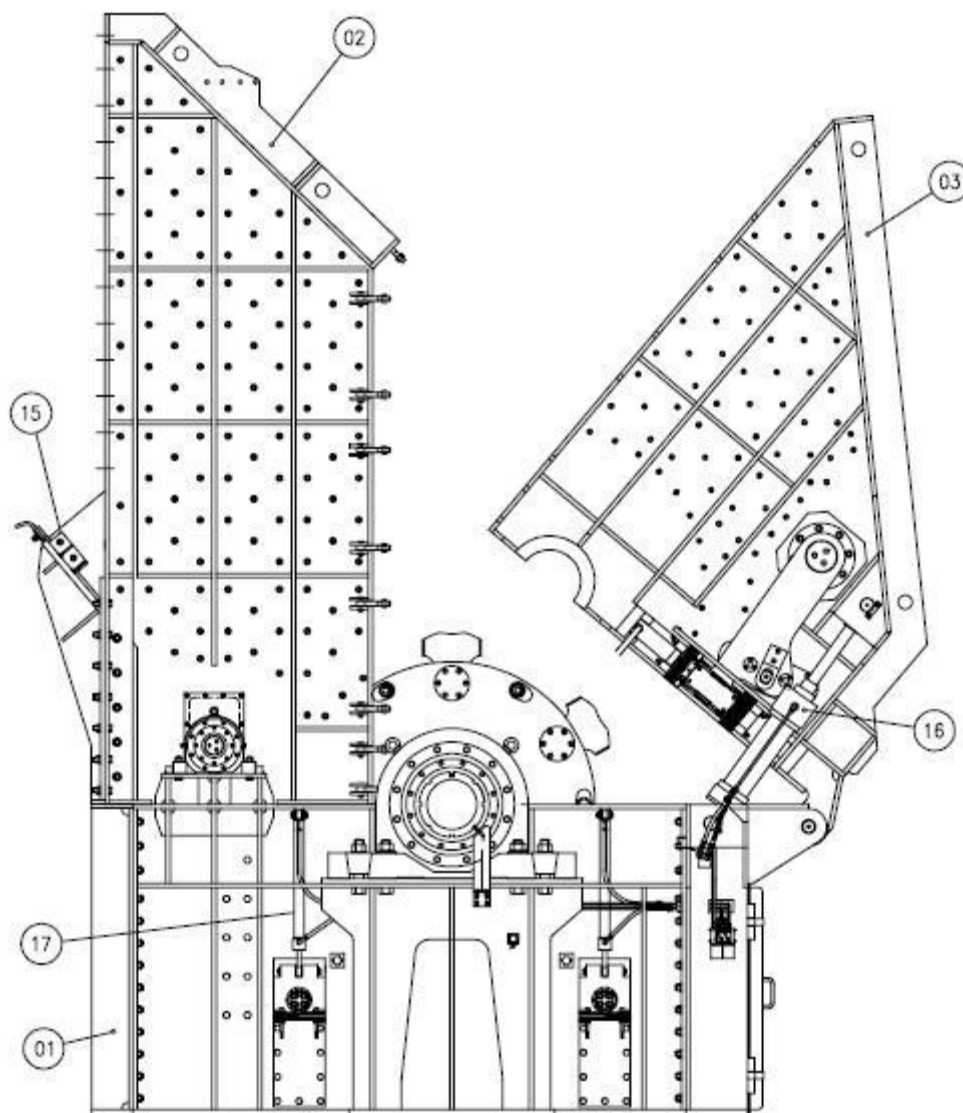
01	Section inférieure	49	Verre indicateur
02	Section supérieure fixe	50	Barreau spécial de la grille
03	Section supérieure basculante	51	Dernier barreau de la grille
04	Cylindre d'admission	52	Barreau de la grille
05	Rotor à marteaux	53	Montant
06	Plateau de concassage	54	Roue
07	Grille de sortie	55	Boulon à crochet
08	Contrôleur de vitesse	56	Boulons
09	Marteau	57	Garniture de levage
10	Section du rotor	58	Intercalaires
11	Boulon de marteau	59	Goupille
12	Boulon à œil	60	Boulons de la plaque-support
13	Mandrin rehausseur	61	Plaque-support
14	Mandrin de guidage	62	Articulation de la charnière du plateau de concassage.
15	Plateau d'admission	63	Bras d'ajustement
16	Cylindre hydraulique	64	Intercalaire
17	Cylindre hydraulique de la grille	65	Plaque expansible
18	Plaque d'usure	66	Goupille de cisaillement
19	Plaque d'usure du plateau de Concassage	67	Balancier des marteaux
20	Garde-chaîne	68	Boulon de fixation

- 21 Porte d'observation
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 24 Clavette à serrage
- 25 Bloc de positionnement
- 26 Lubrification
- 27 Thermo sonde
- 28 Couvercle d'extrémité
- 29 Extrémité de la section du rotor
- 30 Pièce de serrage
- [1] Arbre
- [2] Tirant
- [3] Douille de serrage
- [4] Accouplement de sécurité
- [5] Goupille de cisaillement
- [6] Bride de l'accouplement à membrane
- [7] Bague d'arrêt
- [8] Joint en V
- [9] Joint à labyrinthe
- [10] Écrou de palier

- [11] Pièce de serrage du cylindre d'admission

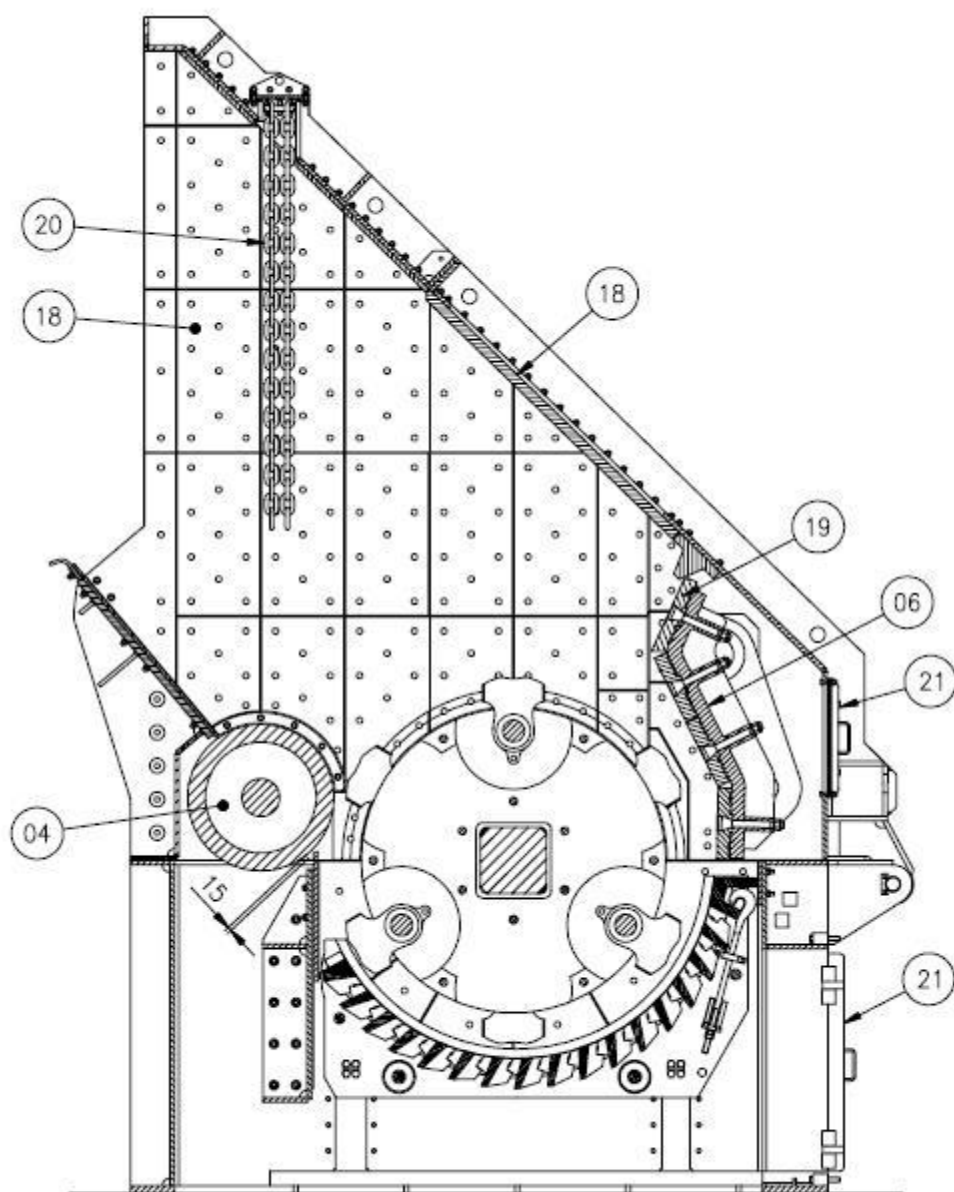
- [12] Bloc en caoutchouc
- [13] Arbre - cylindre d'admission
- [14] Cylindre d'admission - capot
- [15] Bague de serrage
- [16] Transmission
- [17] Chaîne

Annexe 1



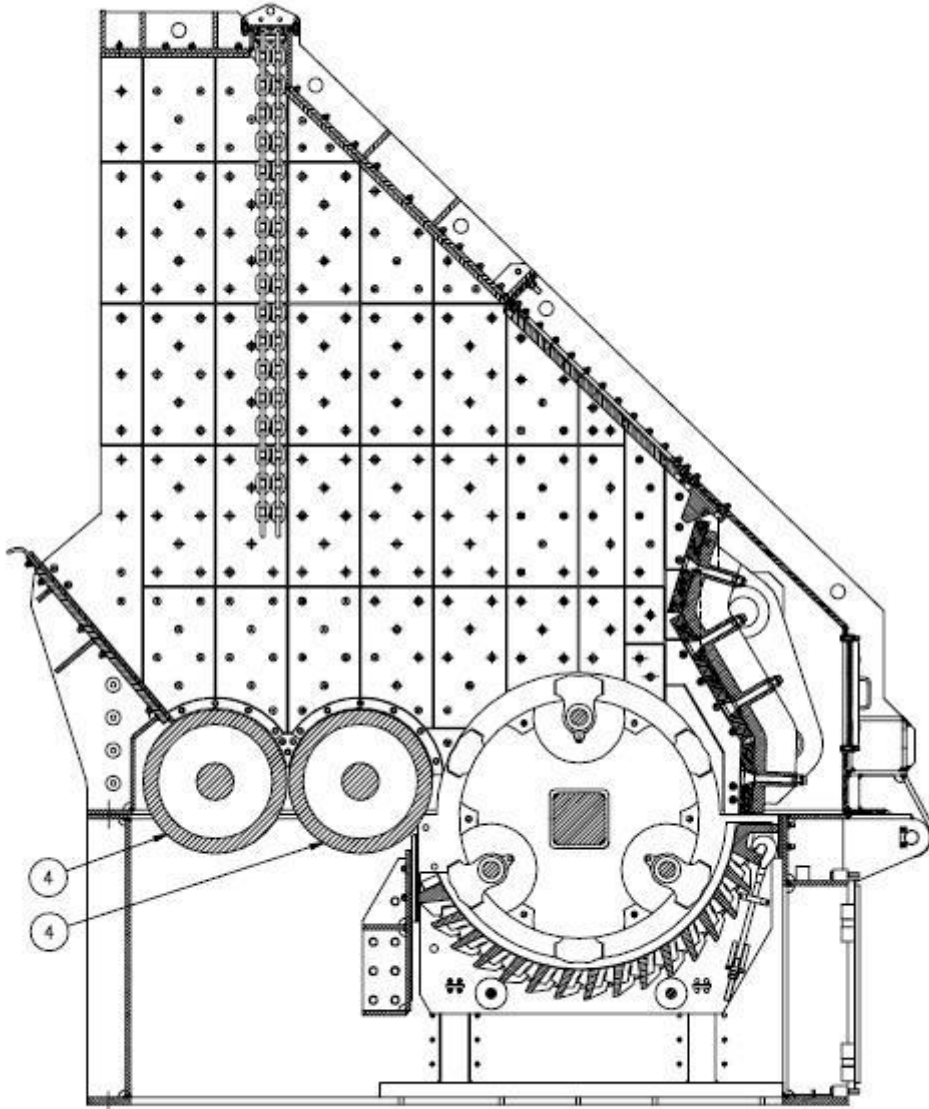
- 01 Section inférieure
- 02 Section supérieure fixe
- 3 Section supérieure basculante
- 15 Plateau d'admission
- 16 Cylindre hydraulique
- 17 Cylindre hydraulique de la grille
- 68 Boulon de fixation

Annexe2



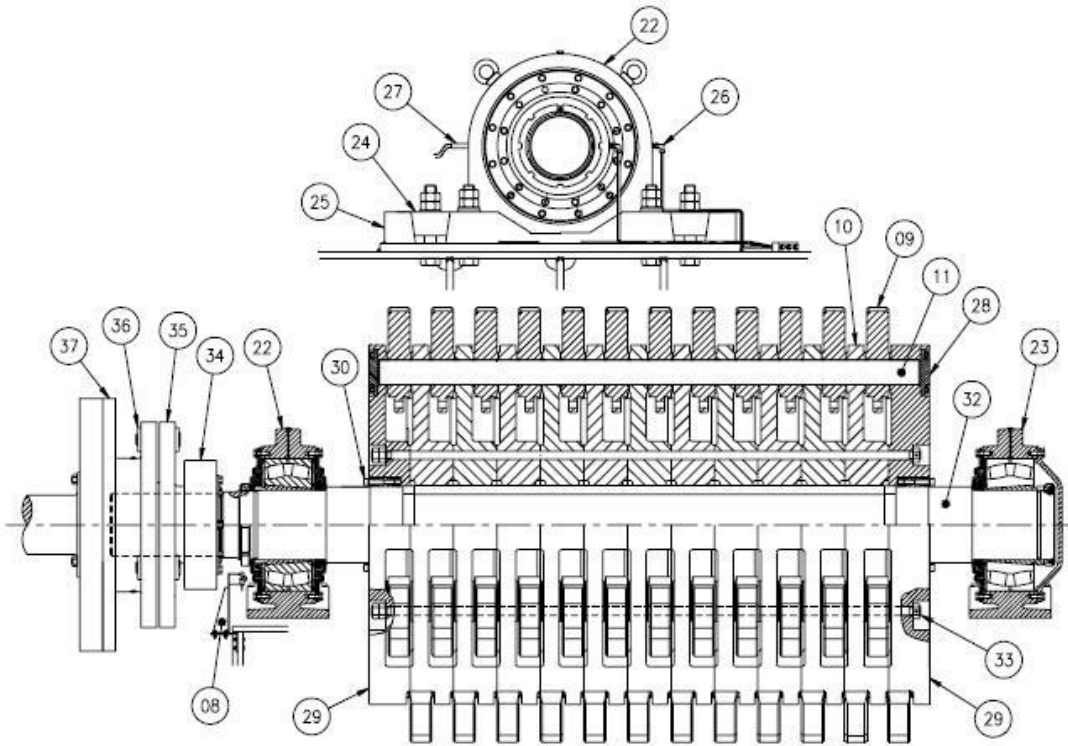
- 4 Cylindre d'admission
- 6 Plateau de concassage
- 18 Plaque d'usure
- 19 Plaque d'usure du plateau de concassage
- 20 Garde-chaîne
- 21 Porte d'observation

Annexe3



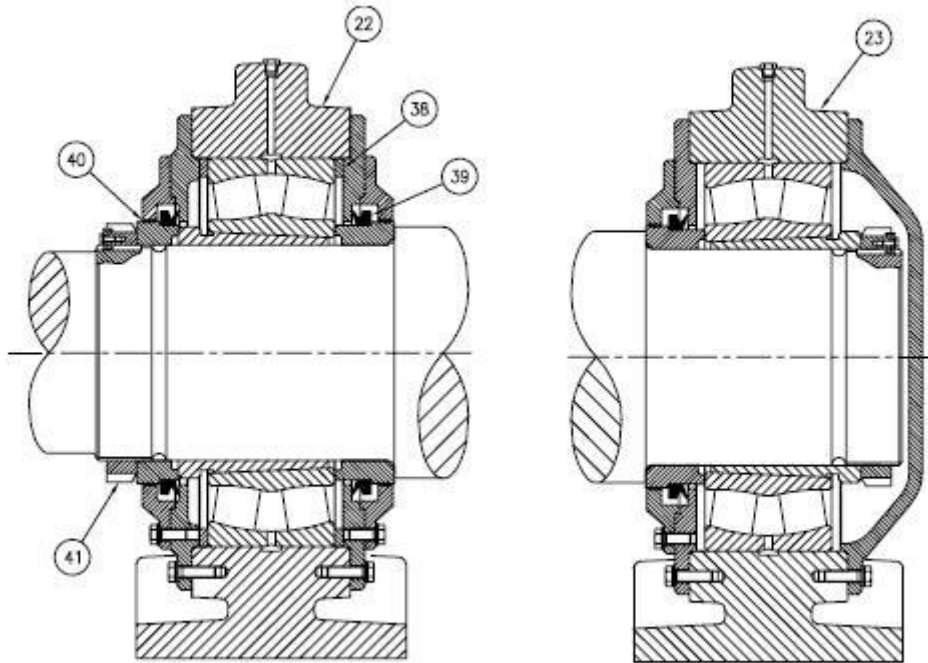
4 Cylindre d'admission

Annexe4



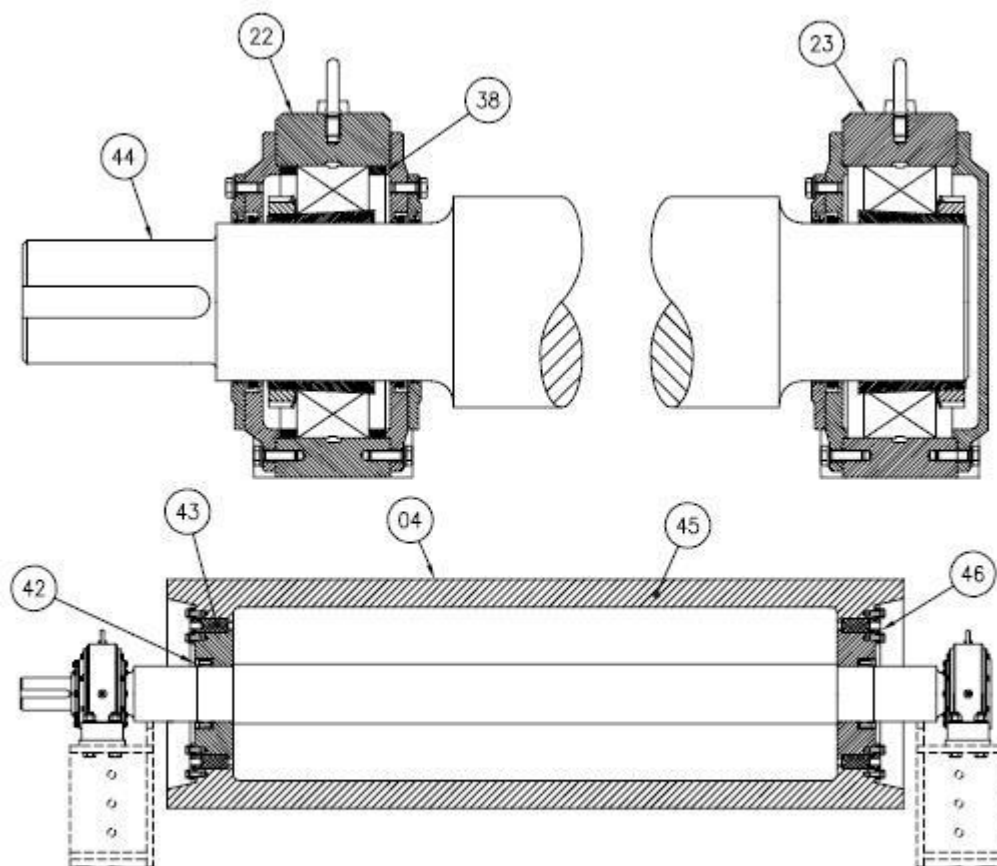
- 8 Contrôleur de vitesse
- 9 Marteau
- 10 Section du rotor
- 11 Boulon de marteau
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 24 Clavette à serrage
- 25 Bloc de positionnement
- 26 Lubrification
- 27 Thermo sonde
- 28 Couvercle d'extrémité
- 29 Extrémité de la section du rotor
- 30 Pièce de serrage
- 32 Arbre
- 33 Tirant
- 34 Douille de serrage
- 35 Accouplement de sécurité
- 36 Goupille de cisaillement
- 37 Bride de l'accouplement à membrane

Annexe5



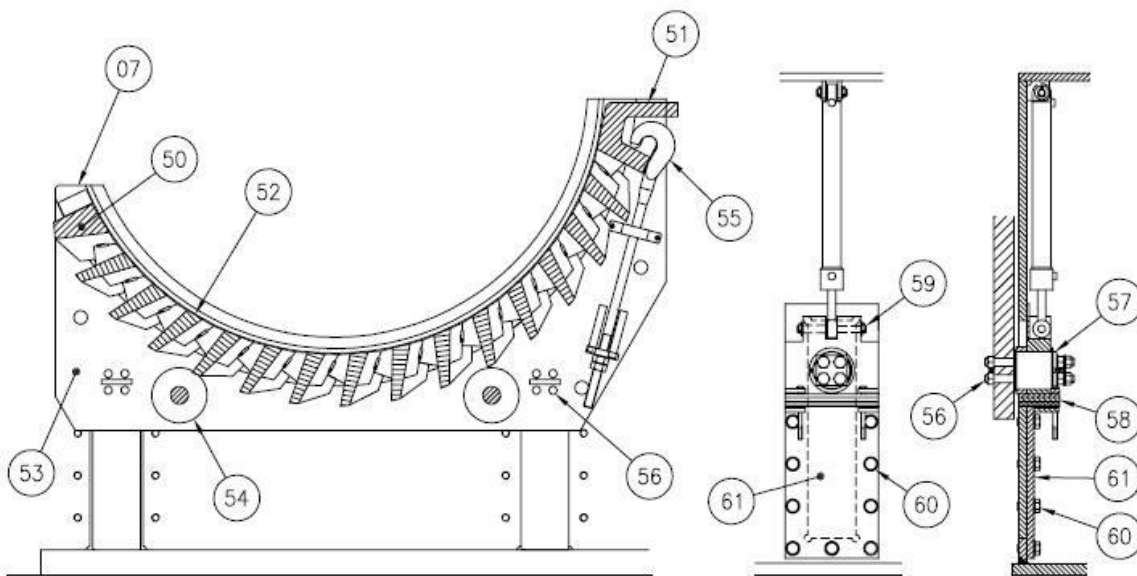
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 38 Bague d'arrêt
- 39 Joint en V
- 40 Joint à labyrinthe
- 41 Écrou de palier

Annexe6



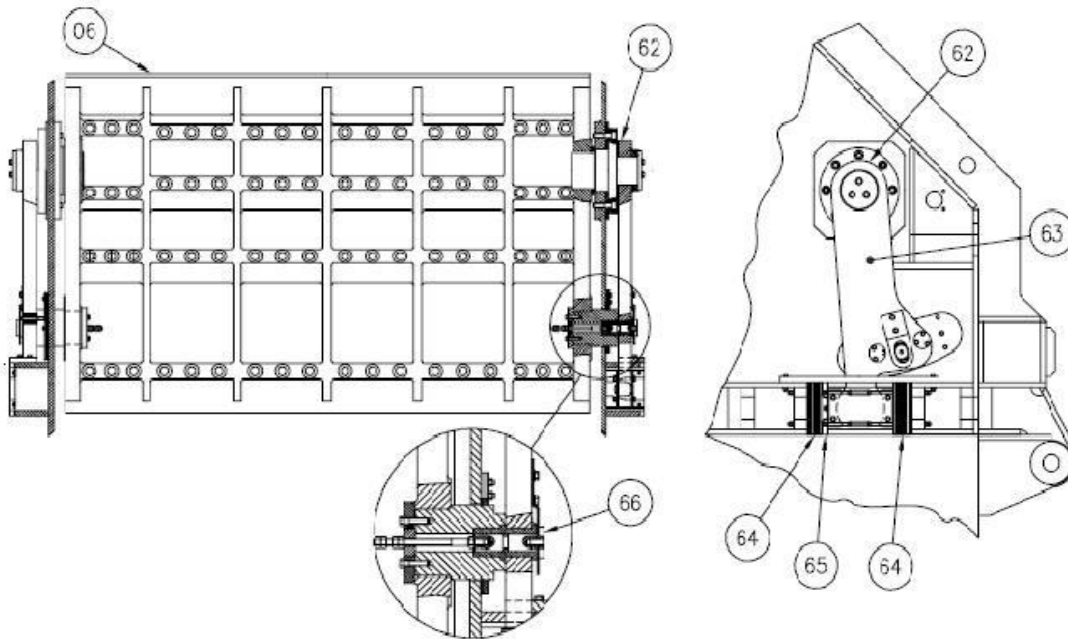
- 4 Cylindre d'admission
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 38 Bague d'arrêt
- 42 Pièce de serrage du cylindre d'admission
- 43 Bloc en caoutchouc
- 44 Arbre - cylindre d'admission
- 45 Cylindre d'admission - capot
- 46 Bague de serrage

Annexe7



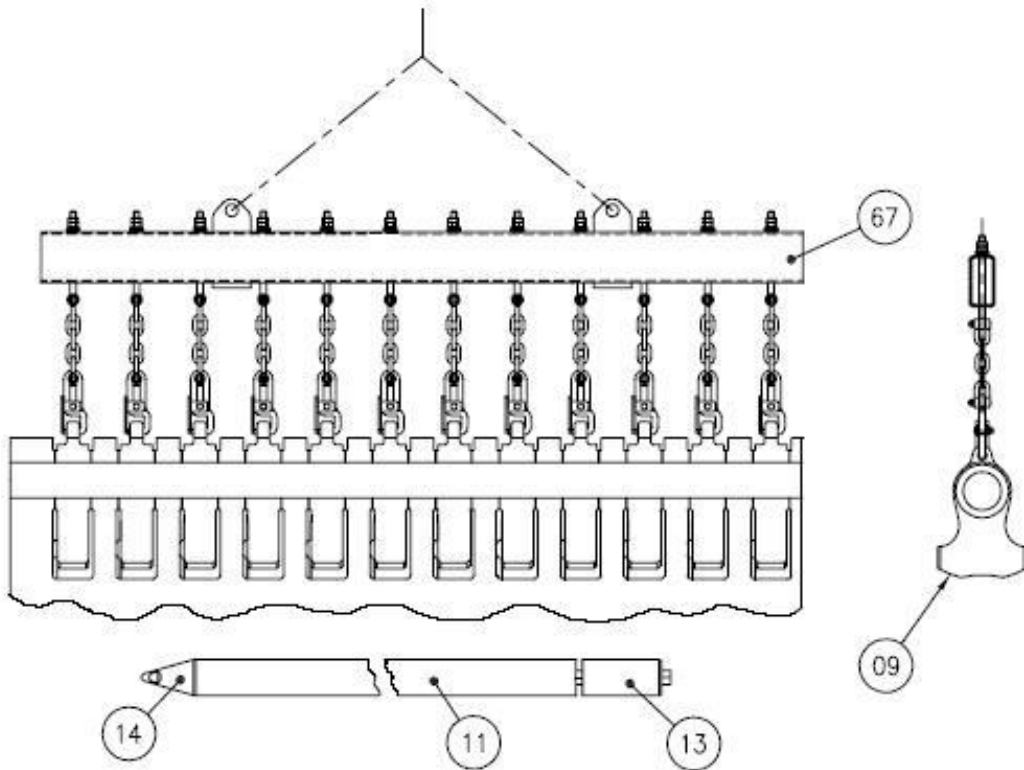
- 07 Grille de sortie
- 50 Barreau spécial de la grille
- 51 Dernier barreau de la grille
- 52 Barreau de la grille
- 53 Montant
- 54 Roue
- 55 Boulon à crochet
- 56 Boulons
- 57 Garniture de levage
- 58 Intercalaires
- 59 Goupille
- 60 Boulons de la plaque-support
- 61 Plaque-support

Annexe8



- 06 Plateau de concassage
- 62 Articulation de la charnière du plateau de concassage
- 63 Bras d'ajustement
- 64 Intercalaire
- 65 Plaque expansible
- 66 Goupille de cisaillement.

Annexe9



09 Marteau

11 Boulon de marteau

13 Mandrin rehausseur

14 Mandrin de guidage

67 Balancier des marteaux

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

OPTION : technique de production industriel

ETUDIE PAR : chakermedwalid et taibilakhedar

PROPOSE ET DIRIIGE PAR : dr. debihali

THEME : Application de l'A.M.D.E.C sur concasseur 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 et Réduire les dépenses de maintenance

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 andReducing maintenance costs

المخلص:

تتكون هذه الرسالة من استخدام تقنيةAMDEC(تحليل أوضاع الفشل لتأثيرها وخرجتها). للكشف عن الأنظمة أو الأجزاء الأكثر طلبًا وبالتالي عرضة للفشل ، من أجل اقتراح تحسينات تسمح لها بزيادة موثوقيتها وأدائها وطول عمرها وتقليل تكاليف الصيانة

