

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

FACULTE de TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT de GENIE MECANIQUE

N° ...



DOMAINE : TECHNOLOGIE
FILIERE : GENIE MECANIQUE
OPTION : FABRICATION &
PRODUCTIQUE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : Bensadi Ahmed

Intitulé

**Etude de l'usure du concasseur à marteaux
intermédiaires EV250*300-2-85.**

Soutenu devant le jury composé de :

Makri.	Université de M'sila.	Président.
Moussaoui. N	Université de M'sila.	Encadreur.
Daoudari.	Université de M'sila.	Examineur.
Zemamouche .	Université de M'sila.	Examineur.

Année universitaire : 2017 / 2018.

Remerciement :

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Et « qui ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu».

Je remercie fortement mon promoteur : Mm MOUSSAOUI de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener a bien ce travail et je n'oublie pas le président de jury Mr. Makri et les membres de jury Mr. Daoudari, Zémamouche et Mm. Moussaoui.

Je remercie également MON CHAIKH HACHEMI FERJAT, MOSTAFA, KAMEL qui m'aider de continuer ce parcours d'étude.

Sans oublier aussi LAIFA FAKHREDDIN qui ma simplifier de faire une très bonne visite à LAFARGE avec lui et avec son collègues.

Je tiens à remercier aussi :

Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail Le corps d'enseignants et les étudiants de faculté de génie mécanique.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.

Liste des figures

Chapitre I : présentation générale sur la société LAFARGE.

Figure –I.1- Schéma représentatif des étapes de fabrication du ciment.....	3
Figure- I. 2- carrière d'extraction d'argile et de calcaire de hammam bouziane	4
Figure -I. 3- concasseur à marteau.....	6
Figure- I. 4- Hall de pré homogénéisation (Hammam d'alaa).....	7
Figure I. 5- Broyeur à galets.....	9
Figure -I. 6- Vue d'ensemble d'un procédé de fabrication de ciment.....	12

Chapitre II: différents types de concasseurs.

Figure II. 1- Concasseur à mâchoires.....	20
Figure II. 2- concasseur à mâchoire à double effet.....	20
Figure II. 3- Concasseur giratoire.....	20
Figure II. 4- Concasseur giratoire primaire à tête guidée et portée.....	23
Figure II. 5- Les concasseurs giratoires secondaires.....	24
Figure II. 6- Concasseurs à rotors dentés.....	26
Figure II. 7- Concasseur MMD série 500.....	26
Figure II. 8- Principe d'un concasseur à percuteurs rigides.....	29
Figure II. 9- Concasseur à percussion à axe vertical.....	31
Figure II.1- Concasseur situé au niveau de la carrière.....	34

Chapitre III: concasseur à marteaux intermédiaire EV250*300-2-85.

Figure.III.1 - (a) concasseur EV 250x300-1-85.....	40
Figure.III.1 - (b) concasseur EV 250x300-2-85.....	40
Figure III.2 - Corps du concasseur.....	41
Figure III. 3- Contrôleur de vitesse.....	44
Figure III.4 - Ajustement de la grille.....	46
Figure III.5 - Ajustement du plateau de concassage.....	48
Figure III.6 - Rotor à marteaux du concasseur EV250x300.....	49

Figure III.7 : Grille de sortie du concasseur à marteaux.....50

**Chapitre VI: Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaire
et sa réparation.**

Figure -IV.1-endommagement d'un corps frottant.....54

Figure -IV.2- : phénomène élémentaire de l'usure adhésive : formation de transfert.....55

Figure -IV.3-phénomène élémentaire de l'usure abrasive à deux et à trois corps.....56

Figure -IV.4- : comme abrasif sur le taux effet de la dureté du corps considéré d'usure du corps antagoniste considéré comme métal.....57

Figure -IV.5 et usure- compétitivités entre usure adhésive corrosive.....58

Figure -IV.6-usure par fatigue superficielle.....59

Figure -IV.7- Usures par fissuration dans le cas des matériaux fragiles.....59

Figure -IV.8- plaque de blindage d'enclume usée.....62

Figure -IV.9- grille de sortie usée.....63

Figure -IV.10- marteaux de concasseur usé d'un seul coté.....64

Figure -IV.11- restaurations des pièces.....68

La liste des tableaux

Chapitre II : Différents types de concasseurs.

Tableau II.1. Caractéristiques des appareils de fragmentation grossière (concasseurs).....24

Chapitre IV : Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaire et sa réparation.

Tableau IV.1. Comparaison des trois types de marteaux.....15

Tableau IV.2. Différence de Coûts de production d'une tonne entre deux types de.....17

Table des matières.

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : présentation générale de la société LAFARGE.

I. Présentation du groupe Lafarge.....	2
I.1. Introduction.....	2
I.2. Historique de la société	2
I.3. Le groupe LAFARGE.....	2
I.4. Lafarge en Algérie.....	3
I.4.5. Procédés de fabrication.....	3
I.4.5.1.principes et méthodes de fabrication.....	3
I.4.5.2. Processus de fabrication de ciment.....	3
Conclusion.....	11

Chapitre II : différents types de concasseurs.

Introduction.....	12
II.1. Les lois fondamentales de concassage.....	12
II.1.1. Rapport de réduction.....	12
II.2. Quantification des phénomènes de la fragmentation.....	13
II.2.1. Loi de Rittinger	13
II.2.2. Loi de Kick.....	14
II.2.3. Loi Bond.....	14
II.2.4. Commentaire.....	14
II.2.5. Réduction des dimensions.....	15
II.3. La consommation d'énergie dans un concasseur.....	15
II.4. Types de concasseur et leur Principes de fonctionnement.....	16
II.4.1. Appareils opérant par écrasement (compression).....	16
II.4.1.1. Concasseurs à mâchoires.....	16
II.4.1.2. Concasseurs giratoires.....	19
II.4.1.3 .Concasseurs à rotors dentés.....	21
II.4.2. Appareils opérant par choc.....	25
II.4.2.1. Concasseurs à percussion.....	25
II.4.2.2. Concasseurs à percussion à axe horizontal.....	29

II.4.2.3. Concasseurs à percussion à axe vertical.....	29
II.4.2.4. Commentaires généraux sur les machines opérant par percussion.....	30
II.4.2. Concasseurs primaires mobiles.....	31
II.5. Critères de choix d'un appareil ou d'une chaîne d'appareils.....	31
II.5.1. Données de base.....	32
II.5.2. Eléments du choix du concasseur primaire.....	33
II.5.2.1. Matériaux non abrasifs (calcaires, charbons, phosphates, bauxites).....	33
II.5.2.2. Matériaux abrasifs (La grande majorité des roches et des minerais).....	33
II.5.3. Cas particulier des produits humides et collants.....	35
Conclusion.....	35

Chapitre III : concasseur à marteaux intermédiaires EV250*300-2-85.

Introduction.....	37
III.2. Composition et fonctionnement.....	39
III. 2.1.1. Corps du concasseur.....	40
III.2.1.2. Cylindre d'admission.....	41
III.2.1.3. Rotor à marteaux.....	41
III.2.1.4. Plateau de concassage.....	41
III.2.1.5. Grille de sortie.....	42
III.2.2.Fonctionnement.....	42
III.3. Utilisation.....	43
III.3.1.Ajustement de la grille.....	43
III.3.2. Ouverture de la section supérieure basculante.....	44
III.3.3. Ajustement du plateau de concassage.....	43
Conclusion.....	47

Chapitre IV : Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaires EV250*300-2-85.

IV. Etude de l'usure d'un concasseur à marteaux.....	48
Partie1 : Usure des contacts mécanique.....	48
IV.1.Définition.....	48
IV.2.position du problème.....	48

IV.1.3.phénomènes élémentaires d'endommagement des surfaces.....	48
IV.1.4.Formes d'usure.....	49
IV.1.4.1.classification expérimentale.....	49
IV.1.4.2 classification scientifique.....	50
PartieII	55
IV.1.Généralité.....	55
IV.2.les éléments usés du concasseur à marteau.....	55
IV.3.Soudage et Réparation des pièces en acier au manganèse.....	58
IV.3.1.Généralité.....	58
IV.3.2. Soudure sur l'acier au manganèse.....	59
IV.3.3.pose de revêtement dur sur l'acier au manganèse.....	59
IV.3.4. Restauration et Réparation des pièces en acier au manganès.....	60
IV.4.Comparaison entre les montages des trois types de marteaux.....	61
Conclusion.....	63
Conclusion générale.....	64
Annexes.....	65

Introduction générale

Introduction Générale :

Lorsqu'on parle du concassage dans l'industrie du ciment, on pense généralement la nécessité de 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 concasseur **EV** qui n'exige pas de concassage primaire préalable, réduit les morceaux de pierres de 2 m à 25mm. Il utilise un rotor simple à marteaux fonctionnant à la vitesse périphérique d'environ 40 m/s.

Le concasseur équipé de grille de sortie convenable, sa production peut directement être alimentée au broyeur à boulets.

C'est dans cette option qu'on a essayé d'exploiter la cimenterie moderne de HAMMAM EL DALAA, En fixant comme objectif :

Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaire et sa réparation.

Notre sujet s'articule sur quatre chapitres repartis comme suit :

- Chapitre 1: la présentation générale de l'unité et procédé de fabrication du ciment.
- Chapitre 2: se consacre à la fragmentation et les différents types de concasseurs.
- Chapitre 3: étudie la description du concasseur à marteaux employé dans LAFARGE, ses caractéristiques techniques, sa composition, son fonctionnement et son montage et utilisation.
- Chapitre 4: on donne une étude sur l'usure des éléments du concasseur et se compose de deux parties :

-la partie 1 traite l'usure des contacts mécanique.

-la partie 2 traite l'usure des éléments du concasseur et la réparation de ces dernières.

Chapitre I :

Présentation générale sur la
société LAFARGE holcim.

I. Présentation du groupe Lafarge :

I.1. Introduction :

Lafarge est un groupe français de matériaux de construction, leader mondial dans son secteur. Il produit et vend principalement du ciment, des granulats et du béton prêt à l'emploi dans le monde entier. Lafarge a développé des ciments spéciaux et des bétons innovants de renommée internationale.

En 2013, le chiffre d'affaires de Lafarge s'est élevé à 15,198 milliards d'euros, dont 63,5 % dans le ciment et 35,9 % dans le béton et les granulats. Présent dans 62 pays, le groupe emploie environ 64 000 personnes sur 1 636 sites de production.

I.2. Historique de la société :

C'est en Ardèche, en 1833, que naît l'activité du cimentier Lafarge. En 1919, l'activité est transformée en société anonyme sous le nom de « Société anonyme des chaux et ciments de Lafarge et du Teil » et, dès 1939, Lafarge devient le premier cimentier français et progressivement l'un des leaders mondiaux. Lafarge étend son réseau sur trois territoires (dix usines en France, une implantation en Afrique du Nord et une filiale en Angleterre, la Lafarge Aluminons Ciment en 1926). La société y pratique un « paternalisme théocratique ».

Le 29 juin 2004, Lafarge décide de doubler la capacité de sa cimenterie de Dujiangyan, en Chine, pour la porter à 2,4 millions de tonnes, et signe un accord de partenariat avec Shui On Construction Matériels Limited (SOCAM), cimentier chinois coté à la bourse de Hong Kong.

En 2007, Lafarge SA annonce le rachat du Orascom Ciment, la division ciment du groupe égyptien Orascom, pour 8,8 milliards d'euros mais est condamné, la même année, avec la société Vicat pour entente illégale et abus de position dominante collective sur le marché de gros de l'approvisionnement de la Corse en ciment.

Fin 2011, pour accélérer son développement, Lafarge présente un projet de nouvelle organisation tournée vers ses marchés et ses clients.

En avril 2013, Lafarge adopte une nouvelle signature de marque « Construire des villes meilleures ». Elle traduit l'ambition du groupe de mettre ses produits, solutions et systèmes constructifs innovants au service de l'amélioration des villes.

En avril 2014, Lafarge et Holcim annoncent un projet de fusion entre les numéros 1 et 2 du ciment. La nouvelle entité sera basée en Suisse.

I.3. Le groupe :

Le groupe, qui comprend près de 1 000 sociétés dont 75 % sont consolidées. Après avoir cédé la majorité de ses actifs plâtre fin 2011 et mis en œuvre une modification importante de sa structure de management, le groupe est désormais centré sur ses activités cœur de métier : le ciment, les granulats et le béton. - Ciments : la direction générale se trouve à Clamart ainsi que les services techniques France, alors que les services techniques à l'international se

trouvent à Saint-Quentin Fallavier. Lafarge possède plus de 155 sites de production et est présent dans 56 pays.

-Granulats et bétons : Lafarge possède plus de 1481 sites de production et est présent dans 37 pays. Elles disposent chacune d'opérations décentralisées, et de départements centraux experts qui interviennent dans la prise de décisions stratégiques. Le siège du groupe, situé à Paris, comprend la direction générale, le comité exécutif et l'ensemble des directions fonctionnelles .

I.4. Lafarge en Algérie :

En Algérie, Lafarge possède 2 cimenteries (M'Sila et Oggaz) avec une capacité totale de production qui dépasse les 8 millions de tonnes, gère en partenariat avec le GICA la cimenterie de Meftah et compte 22 centres de production de béton d'une capacité de 1Mm3 . Lafarge - Algérie compte plus de 2600 collaborateurs et s'investit dans le développement d'actions citoyennes envers ses communautés.

I.4. Procédés de fabrication :

I.4.1.principes et méthodes de fabrication :

La fabrication de ciment se résume schématiquement aux trois opérations suivantes : Préparation de cru et la cuisson, broyage et conditionnement.

Comme présenté dans la figure .I.5

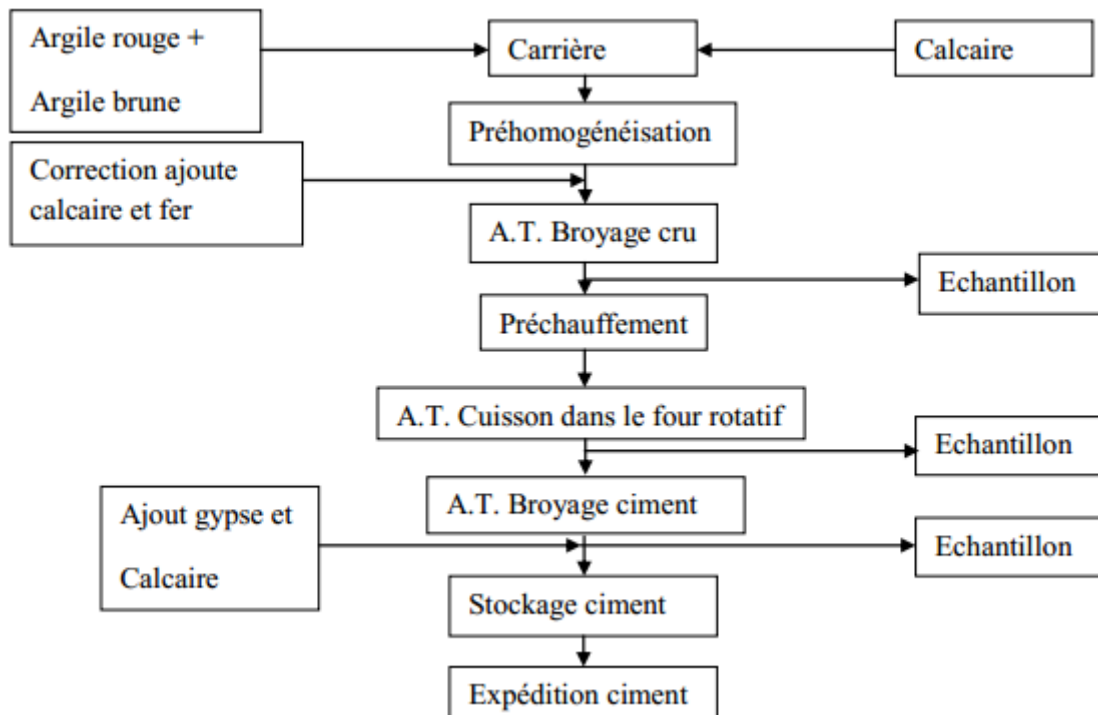


Figure I.1 . Schéma représentatif des étapes de fabrication du ciment.

4.5.2. Processus de fabrication de ciment :

a. Extraction

L'extraction consiste à extraire les matières premières vierges comme le calcaire (75 à 80%) et l'argile (20 à 25%) à partir de carrières naturelles à ciel ouvert. Ces matières premières sont extraites des parois rocheuses par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique. La roche est acheminée par des tombereaux (dumpers) ou des bandes transporteuses vers un atelier de concassage. Les matières premières doivent être échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition régulière dans le temps. La prise d'échantillons en continu permet de déterminer la quantité des différents ajouts nécessaires (oxyde de fer, alumine et silice).



Figure I. 2.carrière d'extraction d'argile et de calcaire de hammam bouziane .

b- Concassage :

Les pierres arrivent généralement à l'usine en gros blocs et avec leur humidité de carrière, et il faut d'abord les concasser, puis les sécher, ou au contraire les délayer, avant de les passer au broyeur.

Pour choisir le type et les dimensions des machines, on tiendra compte de la nature et de la grosseur de la pierre, du degré de finesse désiré, et du rendement escompté.

Généralement le concassage est utilisé pour concasser les roches du calcaire qui ont une dureté importante par rapport à la roche d'argile.

Les principaux types de concasseurs utilisés en cimenteries sont :

- Le concasseur à mâchoires qui convient bien aux matériaux durs même abrasif mais non collants. Le rapport de réduction (le rapport entre la dimension des plus gros éléments existant avant et après la réduction) peut être de 8 à 10 dans les meilleurs cas.
- Le concasseur giratoire.
- Le concasseur à cylindres dentés pour les matériaux humides très collants (rapport de réduction de 4 à 5).

- Le concasseur à marteaux pour les matériaux friable à mi-durs mais non abrasifs (teneur en silice inférieur à 5%).

Le rapport de réduction peut être de 10 à 20) .

Le concassage dans la cimenterie de Hammam dhalaa est réalise par un concasseur a marteau
Ce concasseur comporte aussi une chaudière pour chauffer les écrans de chocs et les parois du concasseur afin d'éviter le colmatage.

c- Préparation du cru :



Figure I. 3.concasseur à marteau [2].

On utilise trois constituants en générale pour la préparation du cru qui sont le calcaire, l'argile brune, l'argile rouge pour la fabrication du CPA325, CPA400, CPJ450.

Après le concassage de ces trois constituants de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm et on fait une prise d'échantillon pour effectuer les analyses afin de déterminer la composition, les constituants sont acheminés vers l'usine par des transporteurs couverts puis ce mélange est stocké dans un hall de pré homogénéisation (fig. : I.8). Le stackeur forme deux tas l'un en constitution, l'autre en reprise.

Une seconde correction est prévue juste avant le broyage cru, cette correction se fait pour ajouter le calcaire et le minéral de fer, après correction du cru, le mélange est acheminé à l'aide de transporteurs à bandes vers un concasseur sécheur qui réduira la granulométrie de 0 à 7 mm.



Figure I. 4. Hall de pré homogénéisation (Hammam d'alaa).

d- Broyage du cru :

Les matières premières pré homogénéisées doivent être finement broyées pour être chimiquement plus réactives au cours de leur cuisson dans le four. Les réactions chimiques et les échanges thermiques sont en effet d'autant plus intenses que les surfaces des particules sont plus grandes. Les meilleurs clinkers sont obtenus à partir de la mouture plus fine.

Dans les installations récentes, on sèche le cru presque uniquement dans le groupe broyeur, en même temps que s'effectue le broyage. Ces installations fonctionnent avec séparateurs à air et broyeurs - sècheurs.

Le broyage - séchage est très avantageux au point de vue calorifique, car les gaz chauds enveloppent complètement les particules fines, et leur transmettent rapidement leur chaleur. Le degré d'humidité de la matière et la température du gaz ; déterminent la quantité de gaz chaud qu'il faut apporter à l'installation pour éliminer l'eau du cru.

La vapeur d'eau produite est évacuée du groupe - broyeur par élimination d'une quantité voulue du mélange air- vapeur d'eau produit. Cette quantité doit être suffisamment abondante pour éviter toute condensation.

Les broyeurs à cru assurent le séchage des matériaux et leur broyage jusqu'à l'obtention d'une farine cru ayant un refus au tamis de 160 mm de l'ordre de (1 -1.5%) (Fig. : I.9).

e- Séparation :

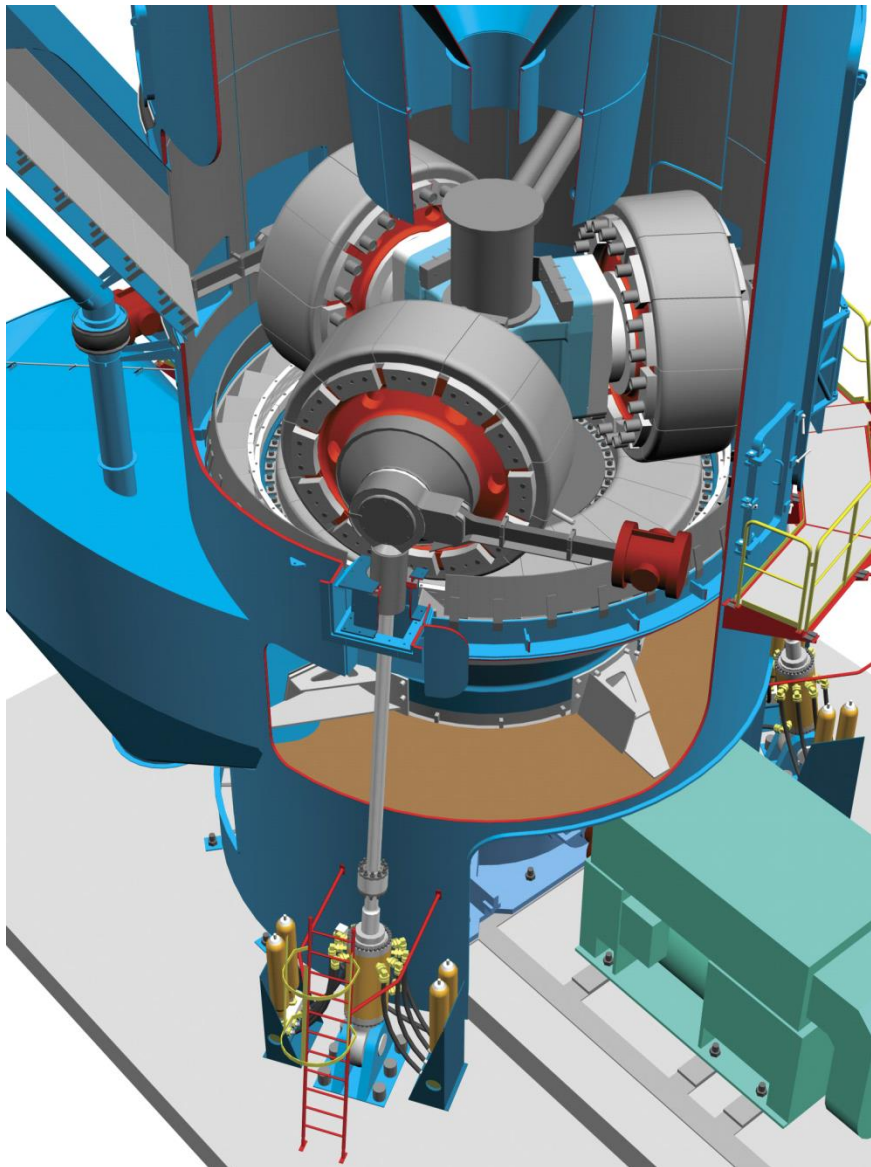


Figure I. 5. Broyeur à galets [25].

Cette phase consiste, suivant le type de séparateur utilisé, à envoyer au broyeur les particules insuffisamment broyées et à récupérer les particules fines contenues dans les gaz.

f- Homogénéisation :

C'est au cours de cette phase, que grâce à un brassage pneumatique ou mécanique vigoureux, qu'on peut obtenir un produit, parfaitement homogène de caractéristiques chimiques uniformes, apte à être cuit.

g- Zone de cuisson :

La ligne de cuisson est constituée par :

- Un préchauffeur
- Un four rotatif
- Un refroidisseur

h- Préchauffeur ou cyclones:

Les gaz réchauffent la poudre crue qui circule dans les cyclones en sens inverse, par gravité. La poudre s'échauffe ainsi jusqu'à 800 °C environ et perd donc son gaz carbonique (CO₂) et son eau.

C'est un échangeur à contre courant destiné à préchauffer la farine avant son entrée dans le four, en récupérant la chaleur des gaz sortant du four environ égale à 100°C, par le fait que l'argile et le calcaire ont la même densité (2,70 g/cm³), un exhausteur monté sur les cyclones aspire les gaz de combustions et le mélange carrière, faisant une tornade qui garantit que tous les grains de la crue subissent la chaleur des gazes .

i- Four rotatif :

Le four constitué par une virole cylindrique de 90m de long et de 5.6m de diamètre protégé par de la brique réfractaire, incliné selon un angle de 1 à 4 degrés par rapport à l'horizontale. Le calcaire est chargé à l'extrémité supérieure, le combustible et l'air comburant étant brûlé à l'extrémité inférieure.

j- Refroidisseur :

Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du clinker tombant du four à une température d'environ 1135°C jusqu'à 80-100°C.

Il est équipé d'une batterie de ventilateurs fournissant l'air de refroidissement.

k- Broyage clinker :

Il est réalisé en continu dans des broyeurs alimentés à partir des stocks de clinker et des différents constituants et ajouts.

Le broyage normalisé.

l- Stockage, ensachage et expédition :

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de stockage, pour être soit ensaché soit expédié en vrac. L'ensachage, qui dans les pays industrialisés ne représente qu'environ 30% de la production de ciment, s'effectue dans des sacs en papier kraft à l'aide de machines capables de remplir de 2000 à 4000 sacs par heure.

La livraison en vrac est assurée par camions, wagons ou péniches.

m- Les transporteurs :

Le déplacement de la matière d'une installation à l'autre s'effectue à l'aide des transporteurs spécifiques, chacun a pour objectif, d'une part de réduire les granulats de clinker en poudre, d'autre part, de procéder à l'ajout du gypse (dont le rôle est de réguler le phénomène de prise), ainsi qu'à celui des éventuels autres constituants (laitier, cendres...), ce qui permet d'obtenir les différents types de ciments son propre rôle. On peut distinguer : les transporteurs mécaniques, les transporteurs à bandes, les transporteurs à vis sans fin, les élévateurs à godés, et les transporteurs pneumatiques.

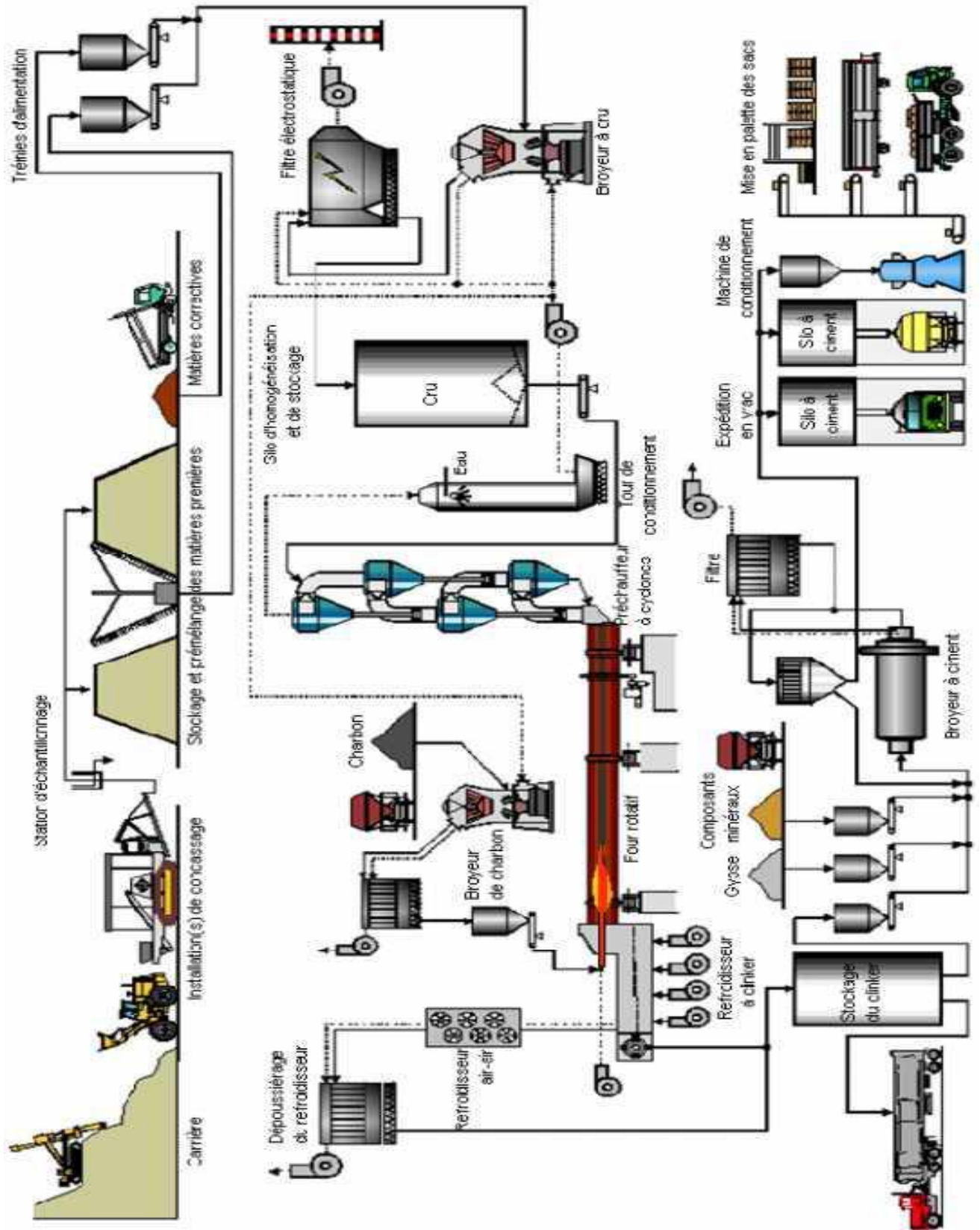


Figure I. 6. Vue d'ensemble d'un procédé de fabrication de ciment [15]

Conclusion :

On peut théoriquement fabriquer du ciment portland à partir de matériaux quelconques renfermant chaux, calcaire, l'argile, silice alumine et fer.

La fragmentation des produits de carrière ainsi de clinker va jusqu'à une pulvérisation très fine de ces matière pour d'une part répondre aux impératifs de cuisson des cimenteries modernes toutes bases sur des procédés par voie sèches et d'autre part conférer au ciment la très grande surface spécifique requise.

Chapitre II :
Différents types de
concasseurs.

Introduction

La fragmentation d'un solide s'opère sous l'action d'un champ de contrainte tridimensionnel non homogène généré par des forces en contact. Le concassage est une opération particulière dans l'ensemble des opérations de fragmentation. Il commence à un stade précoce de la réduction dimensionnelle, pour faciliter la manutention, l'homogénéisation et le stockage des matériaux.

Le concassage est une opération de réduction du tout-venant extrait de la mine ou de la carrière jusqu' à une dimension de l'ordre du centimètre. [16].

On distingue les types de concasseurs selon leur fonction dans l'usine de production de granulats ; on a l'habitude de les classer d'après leur mode d'action.

La fragmentation met en œuvre trois actions : compression, impact et attrition

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 sont les critères de choix ?

II.1. Les lois fondamentales de concassage

II.1.1. Rapport de réduction

On appelle rapport de réduction d'un concasseur la valeur du quotient qu'on obtient en divisant la dimension maximale des blocs de pierre qu'il est possible de faire rentrer, ou que l'on fait réellement rentrer dans le concasseur, par la dimension maximale des blocs qui quittent le concasseur après le concassage.

Ce rapport de réduction est une caractéristique quantitative du processus, indiquant, de combien de fois le produit concassé a été réduit.

$$I = D_{max} / d_{max} \dots \dots \dots (1).$$

D_{max} = diamètre du plus grand morceau avant le concassage

d_{max} = diamètre du plus grand morceau après le concassage

Pour les roches foisonnées, on tient compte des dimensions des ouvertures des cribles.

Les fabricants de concasseurs utilisent le degré de concassage de construction calculé par :

$$I = B / b \dots \dots \dots (2).$$

Où

B = largeur de la trémie de réception du concasseur, mm.

b = largeur d'ouverture du concasseur, mm.

Ce degré de concassage est également calculé en fonction des dimensions moyennes des morceaux avant et après le concassage :

$$I = \dots D_{moy} / d_{moy} \dots \dots \dots (3)$$

Cependant, dans l'industrie on utilise plutôt les D80 et d80 pour caractériser une granulométrie donnée (diamètre de l'ouverture à travers lequel passant 80% de matériaux avant et après le concassage). [16].

II.2. Quantification des phénomènes de la fragmentation

Plusieurs travaux théoriques ont été réalisés dans le but de quantifier le phénomène de fragmentation, ils recouvrent les aspects énergétique et morphologique du matériau d'un côté, et les transformations ayant lieu dans l'appareil de fragmentation d'un autre côté. Trois théories ont été émises dans ce sens, reliant l'énergie E consommée par le matériau et la dimension D de fragmentation de ce matériau. Ces trois hypothèses n'ont pas été prouvées rigoureusement, car il est difficile de connaître l'énergie réelle absorbée par les particules lors de leur fragmentation, cependant on ne peut que connaître l'énergie consommée par l'appareil de fragmentation durant le processus. Les lois énergétiques les plus connues sont celle de Rittinger, Kick et Bond. [17].

II.2.1. Loi de Rittinger :

Von Rittinger postule que l'énergie consommée E est directement proportionnelle à la surface nouvellement créée. D'où la relation :

$$E = Kr (S2 - S1) \dots \dots \dots (4)$$

Avec :

Kr : constante qui dépend à la fois du matériau et de l'appareil de fragmentation,

S1 et S2 surfaces des particules respectivement avant et après fragmentation,

Si l'on considère l'énergie E, par unité de volume, on peut écrire :

$$E' = E/V = Kr (S2/V - S1/V) \dots \dots \dots (5)$$

$$E' = Kr (1/D2 - 1/D1) \dots \dots \dots (6)$$

Avec :

D1 et D2 dimensions initiale et finale des particules, V volume du matériau.

Rittinger n'a tenu compte de la déformation du matériau avant sa fragmentation. La quantité de surface ne peut être proportionnelle au travail nécessaire fourni, que si elle est proportionnelle au produit de la contrainte appliquée par la longueur de déformation. [17].

II.2.2. Loi de Kick

Selon Kick l'énergie de fragmentation d'un matériau homogène, est proportionnelle à la variation du volume, donc au rapport de réduction $R = D1/D2$. Cette deuxième loi de fragmentation s'écrit donc :

$$dE = -Kk dV \dots \dots \dots (7)$$

Soit

$$dE' = -Kk (dV/V) = K'k (dK/K) \dots \dots (8)$$

Et on obtient après intégration,

$$E' = Kk \ln (D1 / D2) = K'k \ln R \dots \dots (9)$$

Le travail nécessaire donc pour réduire une Tonne de matériau, est le même pour un rapport de réduction donné, quelle que soit la dimension initiale des particules. Cela n'est pas

correct avec la pratique, le matériau à fragmenter n'est pas homogène et la fragmentation dépend de ses imperfections (fissures et dislocations). [17].

II.2.3. Loi de Bond

Pour y remédier au manque des deux premières lois, Bond propose une troisième postulant, que l'énergie spécifique requise est inversement proportionnelle à la racine carrée de la nouvelle surface produite. Cette loi veut un compromis entre celle de Rittinger et de Kick.

$$W = Wi [\sqrt{(100/D2)} - \sqrt{(100/D1)}] \dots \dots \dots (10)$$

Ou

$$W = 10Wi [\sqrt{(1/D2)} - \sqrt{(1/D1)}] \dots \dots \dots (11)$$

Avec :

D1 et D2 dimensions en micromètres des grains respectivement, avant et après fragmentation, choisies correspondant à la dimension D80 de la maille carrée laissant passer 80 % en masse du matériau. [17].

Wi constante appelée indice énergétique (Works index), que l'on détermine expérimentalement pas des essais de fragmentation réalisés au laboratoire. [17].

II.2.4. Commentaire

Aucune formule mathématique reliant l'énergie consommée à la dimension des particules, n'a pu aboutir. Néanmoins la loi de Rittinger pourra être appliquée aux fragmentations fines et ultra fines, la loi de Kick s'applique à la fragmentation

grossière, par contre la loi de Bond s'adapte aux broyages grossier et fin, d'où son utilisation pour le dimensionnement des broyeur.

II.2.5. Réduction des dimensions

La réduction de la dimension des particules n'est pas illimitée, au contraire elle atteint des stades finaux. Elle varie de 1/4 pour la fragmentation grossière et dépasse 1/100 pour la pulvérisation. Ainsi la fragmentation nécessite des stades successifs impliquant une installation de différents types d'appareils.

Pour un matériau rocheux, la réduction de la taille commence par l'abattage puis la fragmentation aux explosifs et aux engins le réduisant en gros blocs, puis les opérations se suivent jusqu'à l'obtention des particules aux diamètres souhaités :

Pré concassage, débitage ou concassage primaire : assure la réduction des gros blocs en produits de diamètre allant de 120 à 250 mm.

Le concassage proprement dit ou concassage secondaire : réduit le produit du concassage primaire aux diamètres compris entre 40 et 80 mm.

Le concassage tertiaire : assure la réduction des calibres jusqu'à des diamètres compris entre 15 et 25 mm. [17].

II.3. La consommation d'énergie dans un concasseur

L'absorption d'énergie pour réduire des fragments de roche est importante.

La théorie de morcellement développée par Bond (1952) et appelée indice de travail ou indice de BOND, est encore employée aujourd'hui, bien qu'il y ait eu des avancées récentes (King et Schneider, 1995). En utilisant cette théorie, des besoins en énergie pour ramener des fragments de dimension d'alimentation de 80% à une taille du produit de 80% peuvent être calculés.

L'équation de morcellement de Bond est la suivante :

$$W = 10 w_i \left(\frac{1}{p^{0.5}} - \frac{1}{F^{0.5}} \right) \dots \dots \dots (12).$$

W=travail d'entrée, KWh /s. tonne (1 short tonne = 0.907 tonne métrique).

W_i = indice de travail spécifique au type de matériau donnée, kWh/t (donnée expérimentale, 14 pour le minerai de fer).

P= 80% de la taille des passants du produit, micron

F=80% de la taille des passants de l'alimentation, micron

L'une des raisons de l'utilisation de la troisième théorie de morcellement de Bond est que W_i a été mesuré et rapporté pour plusieurs types de roches.

En employant ce rapport, On peut étudier le travail initial exigé pour différentes dimensions d'alimentation et les indices de travail dans les étapes du morcellement. [16].

II.4. Types de concasseur et leur Principes de fonctionnement

Dans les machines opérant par compression, les morceaux subissent une action d'écrasement soit répétée, comme c'est le cas dans les concasseurs à mâchoires ou giratoires, soit continue comme dans les concasseurs à cylindres.

Dans les machines opérant par impact, les morceaux sont frappés violemment par un organe tournant à grande vitesse et projetés contre des enclumes, de façon à induire des fractures suivant les plans de clivage naturels de la roche.

Dans les machines opérant par attrition, c'est essentiellement l'abrasion qui est mise en jeu; ces machines sont surtout utilisées pour la production de sable.

Par convention, on classe les machines de concassage en fonction de l'action prépondérante qu'elles utilisent pour la fragmentation. [18].

Les concasseurs opérant par compression:

- Concasseurs à mâchoires
- Concasseurs giratoires
- Concasseurs à cylindres
- Concasseurs à rotors dentés

Les concasseurs opérant par impact (choc) :

- Concasseurs à percussion à axe horizontal
- Concasseurs à percussion à axe vertical
- Concasseurs à cylindre de frappe
- Les concasseurs opérant essentiellement par attrition :
- Broyeurs autogènes et semi-autogènes
- Trommels concasseurs en particulier. [18].

II.4.1. Appareils opérant par écrasement (compression)

II.4.1.1. Concasseurs à mâchoires

a. Principe de fonctionnement et description

Dans ces appareils, le matériau est écrasé entre deux mâchoires verticales, l'une mobile et l'autre fixe. Le passage du matériau à travers l'appareil se fait par gravité.

Mais pour résoudre certains problèmes particuliers, il existe également un autre système appelé concasseur horizontal.

Les types les plus répandus de concasseurs à mâchoires verticales sont le concasseur à simple effet (ou plutôt simple volet) et le concasseur à double effet (ou plutôt à double volet).

Mais actuellement dans l'industrie minière, seuls, sont utilisés les concasseurs à simple effet qui sont moins lourds (et donc moins chers) que les concasseurs à double effet. [18]. [16].



Figure II. 1. Concasseur à mâchoires [14].

- Le concasseur à simple effet (simple volet)

Dans un concasseur à simple effet la mâchoire mobile est liée à sa partie supérieure à un arbre excentrique, cependant que sa partie inférieure repose sur un volet articulé, qui lui confère un mouvement alternatif d'amplitude limitée, mais qui provoque une friction de la mâchoire contre les matériaux. On peut dire que la mâchoire mobile glisse de bas en haut, pendant la phase d'ouverture, puis de haut en bas, pendant la phase de fermeture, d'une quantité voisine du double de l'excentricité de l'arbre. [18].



Figure II. 1. Concasseur à mâchoire à simple effet. [19].

- Le concasseur à double effet (double volet)

La mâchoire mobile est portée par un balancier qui pivote autour d'un axe fixe situé à sa partie supérieure. Dernière ce balancier, une bielle est animée à sa partie supérieure d'un mouvement circulaire uniforme par un arbre excentrique à quatre paliers. Un système à deux volets entre les parties inférieures du balancier et de la bielle, d'une part, et bielle et bâti, d'autre part, permet de transformer le mouvement de la bielle en un mouvement alternatif périodique du bas du balancier. [18].

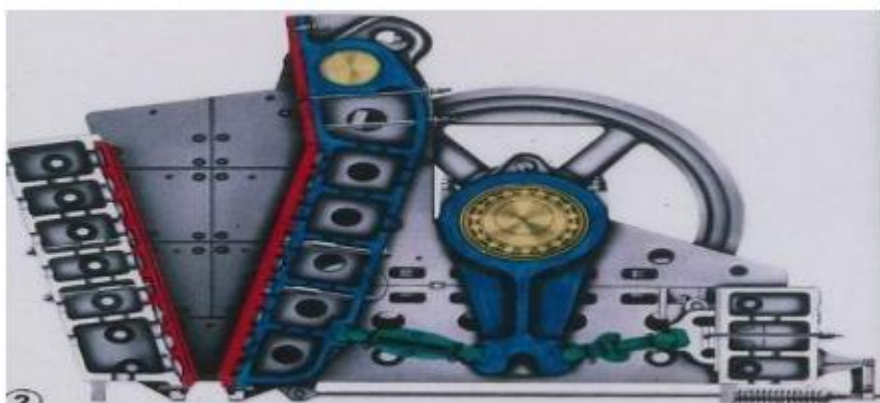


Figure II. 2. concasseur à mâchoire à double effet. [19].

Remarque : ce type de concasseurs à cause de leur prix, ne sont actuellement utilisées que pour la fragmentation des matériaux très abrasifs comme les Ferro - alliages, [19].

b. Utilisations et caractéristiques des concasseurs à mâchoires

Les appareils à mâchoires sont essentiellement utilisés en concasseurs primaires dans les carrières de roches massives et dures ou dans les mines, soit en installations fixes, soit en installations mobiles et semi mobiles. Dans tous les cas, ils doivent être alimentés au moyen d'une trémie, d'un distributeur et éventuellement d'un crible pour court-circuiter les produits dont la dimension est inférieure au réglage. [18].

II.4.1.2. Concasseurs giratoires

Il existe deux familles distinctes de concasseurs giratoires :

Les appareils à tête montée sur arbre guidé et porté et les appareils dits “ A tête en porte à faux “. [18].

a. Principe de fonctionnement et description :

Les concasseurs giratoires représentent les appareils les plus répandus dans les diverses étapes de préparation des minerais et des matériaux. [18].

Figure II. 3. Concasseur giratoire. [20]

- Les appareils à tête montée sur arbre guidé

Ces appareils sont utilisés dans toutes les applications primaires, mais existent aussi en applications secondaires .souvent préféré des appareils dits “à tête en porte à faux “. [18].

- Les appareils dits « à tête en porte à faux »

Ils sont utilisés à partir du stage de concassage secondaire et dans les applications tertiaires.

On étudiera chacune de ces machines en fonction de leurs applications :

Ils sont tous à arbre guidé et porté. L'arbre est guidé en tête, dans un étrier, au niveau de l'intersection des axes de l'arbre et du bâti de la machine, et porté en pied par un vérin permettant le réglage et la compensation de l'usure. L'entraînement se fait en pied par l'excentrique monté le plus souvent sur bague bronze, et parfois sur rou le ment.

Le mouvement γ est transmis directement par l'intermédiaire d'un couple d'engrenages coniques formant à la fois réduction et renvoi d'angle (ou anciennement par poulie à axe vertical)

La chambre de broyage, largement ouverte, a pour bissectrice une génératrice quasi-verticale.

L'évacuation des matériaux concassés s'effectue en sortie inférieure par décharge annulaire (ou par deux couloirs si entraînement direct par poulie à axe vertical). Pour les anciens appareils à tête suspendue, le réglage était réalisé par un écrou en partie supérieur de l'arbre. L'arbre est supporté par un vérin qui permet un réglage quasi instantané.

Les facteurs déterminant pour la production et le rendement des concasseurs sont, bien évidemment, le choix de la dimension, suivi de ;

- La vitesse de rotation ;
- L'angle de prise des matériaux entre les pièces bruyantes qui ne doit pas dépasser 280 sous peine de voir les blocs sauter dans la cuve de broyage. [16].

On caractérise habituellement les concasseurs giratoires primaires par la dimension radiale des ouvertures d'admission, exprimée en pouces, suivie du diamètre de la mâchoire mobile à sa partie inférieure, exprimée également en pouces. En effet, ce sont les deux chiffres caractérisant le mieux les possibilités de l'appareil, puisque le premier conditionne la dimension des blocs à l'alimentation

et le second conditionne le débit dont l'appareil est capable pour un réglage donné.

- Le débit des concasseurs est, bien évidemment fonction de la dimension, et ensuite de la vitesse de rotation et de l'excentricité de l'arbre
- Concasseurs giratoires primaires ;
- Concasseurs giratoires secondaires ;
- Concasseurs giratoires tertiaires ;
- Concasseurs giratoires pour production de sable ; [18].

b. Concasseurs giratoires primaires :

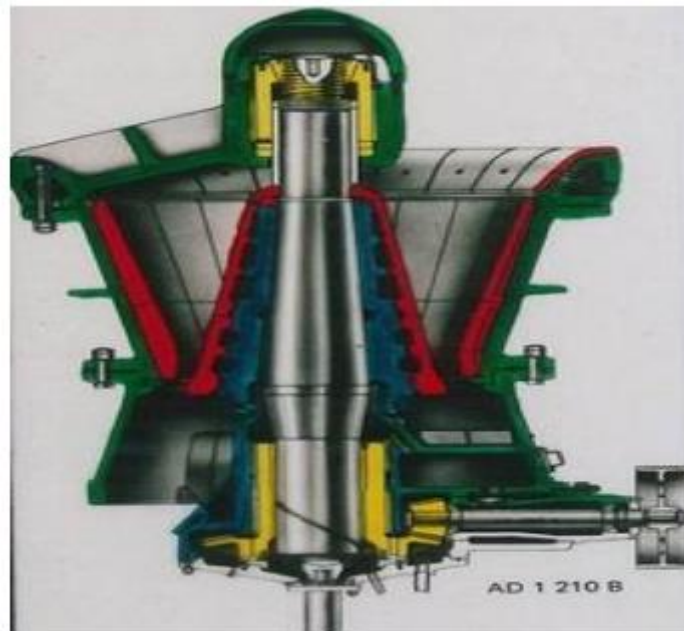


Figure II. 4. Concasseur giratoire primaire à tête guidée et portée. [19].

c. Les concasseurs giratoires secondaires

Ce sont des appareils destinés à reprendre les matériaux pré-concassés à l'étage primaire afin de les ramener à une dimension admissible pour les appareils, La plupart du temps, ils ne sont pas utilisés pour fabriquer des matériaux fins, sauf les ballasts.

Le concassage secondaire assure un grand rapport de réduction 4 à 5 les contraintes suivent les mêmes critères comme le concasseur primaire tel que :

- Admission et dégagement des produits à concasser très libre

- Angle de pincement dans la chambre de broyage déterminé à la limite de la préhension des matériaux à traiter.

Les concasseurs giratoires secondaires, ce sont des appareils “à tête sur arbre en porte à faux” ce dernier système, présente plusieurs avantages :

- Maintien d’un circuit fermé ;
- Retour rapide au réglage établi de la mâchoire ;
- Raideur des ressorts oléopneumatiques plus faible que les traditionnels ressorts mécaniques. [18].

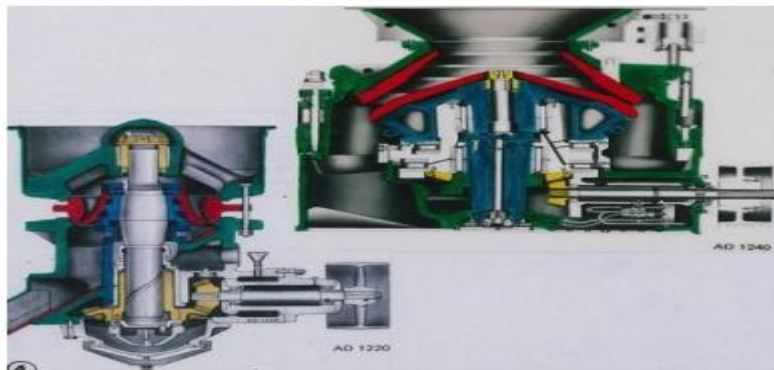


Figure II. 5. Les concasseurs giratoires secondaires. [19].

d. Les concasseurs giratoires tertiaires

Ils ne diffèrent des concasseurs secondaires que par la géométrie de la chambre de concassage.

Il s’agit donc de machine déterminante dans la chaîne de production de granula routier ou de béton, qui nécessite par ailleurs une qualité intrinsèque de grande dureté et une grande résistance à l’abrasion.

Les efforts des différents constructeurs, au cours des dernières décennies, ont porté sur la mise en évidence et la bonne application des conditions idéales d’exploitation, afin d’améliorer :

- Le coefficient de réduction ;
- Le coefficient d’aplatissement ;
- Le coût des pièces d’usure ramené à la tonne des produits finis ;
- Le rapport puissance absorbée/tonnage produit.

Toutes ces conditions sont déterminées par :

- La forme de la chambre de concassage ;

- La vitesse d'excitation de la tête ;
- L'inclinaison de la tête par rapport au bol.

On recherchera dans les concasseurs giratoires tertiaires, des chambres très faiblement décroissantes en volume, pour assurer une bonne compacité des produits en cours de concassage.

Une qualité régulière des produits est assurée par un réglage automatique continu de l'ouverture de la chambre de concassage. Ainsi tous les appareils tertiaires bénéficient du même développement d'assistance hydraulique décret pour les concasseurs secondaires.

Le plus souvent, ces asservissements, hydrauliques sont pilotés par automate programmable asservi à :

- La puissance absorbée ;
- Le niveau des matériaux dans la cuve de réception ;
- Le débit de produit

Après étalonnage, il devient facile, à l'aide d'un mini -calculateur, d'assurer une maîtrise de la courbe granulométrique, au fur et à mesure de l'usure des pièces. [18].

II.4.1.3 .Concasseurs à rotors dentés

a. Introduction

Les Concasseurs à rotors dentés sont des appareils à double (ou triple) rotor munis de divers organes coupants, sont utilisés pour des matériaux tendres ou collants.



Figure II. 6. Concasseurs à rotors dentés. [20].

Depuis une vingtaine d'années ce concept du double rotor a été repensé et développé par la société britannique MMD (Mining Machinery Développement). Il en résulte le développement d'un type un peu particulier de concasseur (pour le concassage grossier et moyen principalement) compacts, de profil bas, facilement

intégrables dans les installations mobiles, capables de très gros débits et convenant, en particulier, à des matériaux humides et collants. [16]. [18].



Figure II. 7. Concasseur MMD série 500. [21].

b. Principe et description

Le principe de base repose sur le fait que la résistance à la compression d'une roche est de 8 à 10 fois plus importante que sa résistance à la tension.

Le système MMD exploite donc la faiblesse inhérente de la roche au cisailage, utilise les plans de fracture naturels pour fragmenter les matériaux à une taille prédéterminée.

Pour exécuter leur action de concassage, les concasseurs MMD utilisent de grandes dents implantées sur 2 rotors de diamètre relativement faible tournant en sens inverse qui effectuent la rupture en happant et en fragmentant le matériau lorsqu'il passe entre elles; la taille, le nombre et la forme des dents déterminent les dimensions du produit final. L'espace présent entre ces grandes dents permet aux matériaux les plus fins de passer à travers la machine sans autre dégradation, comme dans une opération de scalp à g.

Les blocs par contre sont pris et broyés par les dents en rotation.

Des blocs de dimensions importantes peuvent être admis ; soit en gros 500 à 1500 mm.

Donc ce système de concassage permet une hauteur réduite des appareils et des débits particulièrement élevés.

Ces machines pour les plus gros modèles, peuvent accepter de forts tonnages et de gros blocs (jusqu'à 2 m). La série 1500 peut débiter



jusqu' à 10 000 t/h, fait moins de 2 m de haut.

Dans les mines de fond, où l'espace est réduit, les dimensions du matériel MMD présentent donc un avantage particulier.

Les concasseurs MMD peuvent facilement être intégrés dans des installations mobiles ou semi-mobiles de concassage.

Les concasseurs de type MMD peuvent être utilisés en concassage primaire, secondaire et même tertiaire (réduction jusqu'à 25 mm).

Ces machines pour les plus gros modèles, peuvent accepter de forts tonnages et de gros blocs (jusqu'à 2 m).

Les concasseurs MMD ayant, par rapport aux concasseurs classiques, de faible dimension pour le même débit, présentent un rapport taille/débit plus petit, de même le rapport poids/débit est de l'ordre de la moitié de celui d'un concasseur classique.

Ces caractéristiques permettent de monter aisément ces machines sur roues ou chenilles ; La vitesse réduite et les grandes dents facilitent le traitement des matériaux humides et collants. [16]. [18].

II.4.2. Appareils opérant par choc

II.4.2.1. Concasseurs à percussion :

a. Généralités:

Le principe général de la plupart des appareils opérant par chocs est simple: un rotor tournant à grande vitesse et portant un certain nombre de pièces de choc (percuteurs) fixes ou articulées lance le matériau sur des plaques dites de choc ou enclumes ou sur une couche du même matériau.

Dans les concasseurs à percussion, il faut que la vitesse d'impact soit au moins égale à 20 m/s pour provoquer la rupture du matériau. Pratiquement, la vitesse tangentielle des percuteurs est souvent nettement plus élevée. Ces machines fonctionnent donc sur le principe de la rupture des matériaux au choc, de manière quasi instantanée, par opposition à la rupture par écrasement. [18].

b. Principe de fonctionnement

Le fonctionnement de ces concasseurs se caractérise ainsi par rapport aux concasseurs opérant par écrasement:

- La courbe granulométrique des produits obtenus est beaucoup plus riche en éléments fins;

- Les produits sont sensiblement plus cubiques; le coefficient de réduction est élevé, surtout si l'on traite des matériaux fragiles;
- La consommation d'énergie est faible eu égard au rapport de réduction et au débit obtenu;
- Les chocs sont tels que le procédé n'est pas utilisable industriellement pour des matériaux trop durs. Les effets du frottement sont si intenses que les matériaux un peu abrasifs provoquent des coûts d'usure absolument prohibitifs ; cette usure pourra être contenue dans la mesure où l'architecture du concasseur privilégiera les chocs normaux, mais à partir d'un certain degré d'usure inévitable, on générera des chocs tangentiels qui la précipiteront; on y a remédié dans une certaine mesure (appareils verticaux) en remplaçant les enclumes métalliques par une couche de matériaux, mais au détriment d'autres caractéristiques de ces appareils.

Ces machines sont divisées en deux types:

- Rotor à axe horizontal,
- Rotor à axe vertical.

Seules celles du premier type effectuent du concassage primaire, car généralement la dimension maximum admissible à l'entrée ne peut dépasser 50mm dans le cas des appareils à axe vertical. [18].

II.4.2.2. Concasseurs à percussion à axe horizontal

Cette famille est elle-même divisée en deux groupes :

Les appareils à percuteurs rigides et ceux qui ont des percuteurs articulés.

a. Concasseurs à percuteurs rigides

Ils sont constitués d'un rotor cylindrique à vitesse variable muni de percuteurs et d'un bâti avec des plaques de choc. Constituant un, deux ou trois écrans réglables en position, en fonction du nombre d'étages de concassage recherché et du coefficient de réduction. Tous les paramètres de ces appareils sont réglables à distance, permettant ainsi leur intégration dans un ensemble automatisé. Ils ne possèdent pas de grille de sortie. [18].

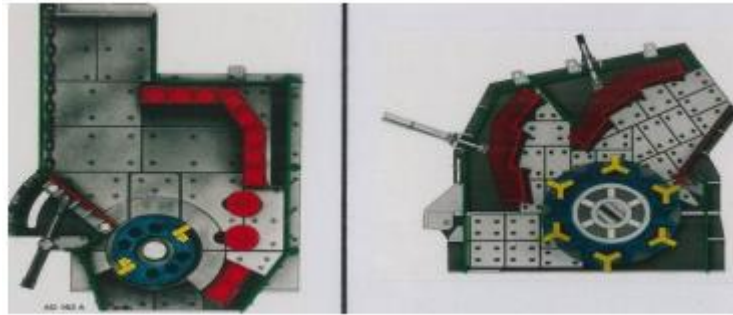


Figure II. 8. Principe d'un concasseur à percuteurs rigides. [19].

Caractéristiques des concasseurs à percuteurs rigides :

- Le nombre d'écrans est généralement de 2. Cela permet de tirer partie de la machine en mettant deux étages de concassage, quelques machines sont de trois écrans pour augmenté encore le coefficient de réduction.
- Il est possible de régler la machine en agissant sur les écartements des écrans. Cela permet de "translater" la courbe granulométrique vers les dimensions plus importantes.
- Il existe un deuxième paramètre sur lequel il possible d'intervenir, la vitesse de rotation du rotor. Il s'agit d'un point très important. En effet, la vitesse de percussion. Qui peut varie de 25 à 55 m/s par exemple en position secondaire ou tertiaire.

A une influence directe sur la composition granulométrique. C'est à dire pouvoir faire varier la production granulométrique intermédiaire en fonction du marché. La courbe granulométrique n'est pas donc translatée (déplacement parallèle ou par affinité). [18].

b. Concasseurs à percuteurs articulés

Le principe est le même que le concasseur à percussion à percuteurs rigides, sauf que la chambre de broyage est ouverte à la partie inférieure. L'avantage est l'absence de bourrage.

L'inconvénient étant le manque de contrôle granulométrique des matériaux sortant.

Lorsqu'il est nécessaire d'effectuer un contrôle granulométrique des matériaux.

Par exemple dans le cas de la production de produits fins, le fabricant met une grille galbée à la partie inférieure. Le risque de bourrage apparaît et est atténué par le remplacement des percuteurs rigides par des percuteurs articulés. [18]. [19].

c. Caractéristiques et Utilisation des concasseurs à percuteurs articulés

Ces machines comportent généralement un rotor. il est possible d'adapter le diamètre du rotor, le nombre de marteaux et l'écartement des grilles aux matériaux et à l'application visée.

Ces concasseurs ont été très employés en tertiaire, généralement après des concasseurs à percussion. Ces machines restent extrêmement sensibles à l'abrasivité des matériaux.

Quand il s'agit de broyer des matériaux tendres et non colmatant, il est tentant de les utiliser en position primaire.

Il s'agit alors, dans la majorité des cas, du seul étage de réduction, dans ce cas, l'appareil comporte deux rotors.

Dans tous les cas, l'usure demeure un handicap. Ce phénomène se produit d'une part le, lancé du matériau, d'autre part à son impact. Les techniciens ont cherché à réduire, sinon à éliminer, le frottement au lancé. La solution consiste à réduire l'impact. [16]. [18].

d. Avantages et inconvénients des concasseurs à percussion à axe horizontal

Par leur conception, les appareils à chocs primaires sont des appareils permettant de très gros quotients de réduction. Surtout dans la mesure où l'on traite des matériaux fragiles.

Ces appareils permettent en particulier de produire un pourcentage important d'éléments fins.

En revanche, leur emploi est absolument à proscrire lorsque :

- On a affaire à des matériaux tant soit peu abrasifs (plus de 5 à 8% du quartz ou de tout autre minéral dur) ;
- Le matériau à traiter est trop peu fragile aux chocs (calcaire tendre, craie, etc.);
- On ne veut pas produire d'éléments fins au poste primaire afin de pouvoir, par un criblage ultérieur, éliminer les matériaux sales avant l'étage secondaire.

D'autre part ces appareils réclament des puissances installées très importantes pour faire face au passage des gros blocs.

Le contrôle de la dimension des blocs à l'entrée doit être rigoureux.

En effet, il n'est pas possible d'aller extraire un bloc qui resterait coincé dans le gueulard d'admission sans ouvrir l'appareil, après l'avoir arrêté. Il ne faut pas

oublier qu'avec son inertie, un tel appareil met souvent plus d'une demi-heure à s'arrêter à vide.

Du fait du grand coefficient de réduction et de la production directe d'éléments fins, de nombreux concasseurs à percussion ont été installés en cimenterie avec cependant certains déboires dus, soit à l'usure importante, soit au mauvais rendement dans le cas de matériaux trop tenaces ou trop tendres.

Les concasseurs à marteaux secondaires sont couramment utilisés dans les carrières destinés à la préparation de granulats calcaires car. Outre la production importante de sable de qualité, ils permettent d'obtenir des gravillons de cubicité inégalable.

La granularité des matériaux produits par ces appareils varie fortement avec la vitesse de rotor. [18]. [21].

II.4.2.3. Concasseurs à percussion à axe vertical



Figure II. 9. Concasseur à percussion à axe vertical. [20].

Il existe trois types de concasseurs à percussion à axe vertical.

a. Concasseur à impact unique

Les grains à projeter sont placés près du centre d'un plateau comportant des canaux allant du centre à la périphérie. Sous l'effet de la force centrifuge, les grains se déplacent vers la périphérie du plateau et le quittent pour amorcer une trajectoire aérienne et venir heurter soit des plaques de blindage, soit un talus de produit.

Au début de la trajectoire aérienne, la vitesse des grains est la composante de la vitesse relative des grains par rapport au plateau et de la vitesse périphérique du plateau au point où le grain quitte ce dernier.

Deux types de machines se présentent sur le marché :

- Dans l'un, on s'attaque essentiellement aux problèmes d'usure en limitant les contacts du matériau avec les organes de protection de la machine.

- Dans l'autre, on cherche au contraire à tirer le meilleur parti possible de ses qualités. [18].

b. Machines à double impact indirect

Ces machines sont équipées de deux rotors situés l'un au-dessus de l'autre. Et montés sur le même arbre. Après un premier impact, le matériau est guidé vers le deuxième rotor pour être à nouveau accéléré en vue d'un deuxième impact, créant un concasseur à double impact indirect. Le premier rotor est normalement équipé d'un anneau blindé, tandis que le seconde peut être équipé soit d'un autre anneau blindé, soit d'un autogène. [18].

c. La machine synchro concasseur

Il se distingue à impact classique en ce que le trajet des particules est totalement déterministe, évitent à la fois les perturbations à l'impact et les interférences entre les particules. Les particules sont d'abord guidées le long des pales d'un distributeur rotatif et projetées par les forces centrifuge. Avec une vitesse de décollage la plus faible possible.

Sur une enclume tournant dans le même sens et positionnée transversalement sur leur parcours pour augmenter leur énergie cinétique grâce à l'accélération qui leur a communiquée. Après cet impact en Co-rotation, les particules rebondissent avec une vitesse plus élevée que leur vitesse d'impact. Cette vitesse de rebond permet un impact secondaire soit contre un anneau blindé (synchro Pactor), soit contre un anneau autogène (syncro CombiPactor), la collision s'effectue d'une façon totalement déterministe ; c.-à-d. Que les particules entrent en collision sans perturbation, essentiellement au même endroit, à la même vitesse d'impact et sous le même angle d'impact. [18].

II.4.2.4. Commentaires généraux sur les machines opérant par percussion

Le concassage à percussion constitue un progrès par rapport au concassage par écrasement : il permet le plus souvent des coefficients de réduction presque deux fois supérieurs, et l'obtention de matériaux riches en éléments fins, qui sont souvent utilisables.

De plus, la forme des produits est nettement supérieure.

Ces caractéristiques font que le concassage par percussion suscite à l'heure actuelle un intérêt considérable auprès des carrières.

Ces qualités sont malheureusement stérilisées par leur incompatibilité avec les produits un peu durs, comme les matériaux dits nobles pour la construction des routes ou la fabrication de ballast : les appareils où “caisses à pierres“ remplacent les pièces d’usure perdent en effet une partie des avantages, que le principe des appareils à percussion leur confèrent. [18].

II.4.2. Concasseurs primaires mobiles :

Dans les exploitations à ciel ouvert, il est souvent intéressant de rendre les concasseurs primaires mobiles pour les rapprocher des fronts d'extraction et diminuer les distances de transport par tombereau. Ceci s'applique surtout au minerai qui doit être concassé de toute façon, mais peut également être utilisé pour le stérile et l'on peut ainsi réduire sensiblement les dépenses de découverte en remplaçant un transport par tombereau par un transport par bandes.

Pratiquement, tous les types de concasseurs primaires peuvent être rendus mobiles.

Les concasseurs mobiles peuvent être soit montés sur patins fixes et tirés d'un point à un autre par un engin, soit montés sur châssis équipés de chenilles ou de pneus (fig 14).



Figure II.11. Concasseur situé au niveau de la carrière [12].

Le concasseur suit l'avancement des fronts et est alimenté par une pelle ou une chargeuse sur pneus.

Après concassage, le produit est transporté par bandes réparables permettant en fait de suivre les déplacements du concasseur en fonction de l'avancement du front de taille. Cette solution est adoptée lorsque le coût du transport par camion n'est plus compétitif (une étude économique globale dans chaque cas, prenant en compte les coûts d'investissement, de main d'œuvre, d'entretien d'énergie, d'arrêt de production mais aussi les coûts qualité est nécessaire).

II.5. Critères de choix d'un appareil ou d'une chaîne d'appareils

II.5.1. Données de base :

Elles sont de deux sortes :

a. Les objectifs à atteindre :

- quantité à fragmenter,
- dimensions ou degré de fragmentation à atteindre des divers produits que l'on veut obtenir,
- sélection des divers constituants,

b. La nature et les propriétés de la roches (des matériaux) traités :

- Nature pétrographique,
- Abrasivité et pourcentage des constituants les plus durs.
- Résistance mécanique et fragilité
- Humidité et propreté,
- Dimension maximale des morceaux

Les appareils de fragmentation ayant la plupart du temps un coefficient de réduction relativement limité, il est rare que l'opération de concassage dans le cas d'un produit de carrière ou de mine souterraine puisse s'effectuer au moyen d'un seul appareil. En fonction de la nature de la roche et du débit à assurer. Il y aura une cascade de machines de concassage associées à des cribles permettant soit de les court-circuiter. Soit de préparer les granulométries éventuellement nécessaires pour la commercialisation (granulats) ou la libération (Pré-concentration d'un minerai). Ces étapes de réduction granulométrique sont appelées "concassage primaire, secondaire, tertiaire et Quaternaire"[16].

La granulométrie à l'entrée d'un appareil (et particulièrement la taille des plus gros blocs) et le débit qu'il doit assurer permettent de définir sa taille dans le type choisi. En général l'un de ces deux critères imposera le choix de l'appareil qui pourra être surdimensionné pour l'autre critère.

- On devra tenir compte de la charge circulante prévue, ainsi que du rendement et de la capacité d'admission du type d'appareil choisi, en fonction de l'usure moyenne des pièces bruyantes, en effet.
- dans un appareil giratoire, l'ouverture d'entrée diminue par la remontée de la noix en fonction de l'usure.
- dans un appareil à mâchoire ; la dimension des plus gros éléments produits augmente en fonction de l'usure de la denture des mâchoires.

- dans un appareil à percussion, la proportion des éléments fins du produit diminue beaucoup avec l'usure de percuteurs ou des marteaux.
 - dans un appareil à cylindres dentés, la prise des blocs est beaucoup moins bonne lorsque les dents sont usées.
 - Dans la détermination du schéma de concassage, il y a lieu de tenir compte.
- Que même si un concasseur permet de réaliser un rapport de réduction élevé, il a été prouvé qu'il est plus efficace de le faire fonctionner avec un réglage moyen plutôt qu'avec le réglage qui offre le plus grand rapport de réduction.
- De la nécessité de prévoir dès la conception du schéma de nouvelles données d'exploitation venant d'impératifs commerciaux nouveaux (par exemple une modification de la granulométrie des granulats issus du concasseur tertiaire).
- De l'ouverture du concasseur primaire doit permettre l'admission des blocs provenant de la carrière ou de la mine.
- Qu'en fonction de l'abrasivité de la roche, on peut opter pour un appareil à percussion, ou un appareil opérant par écrasement. [16].

II.5.2. Eléments du choix du concasseur primaire

L'ouverture du concasseur primaire doit permettre l'admission des blocs provenant de la carrière ou de la mine dont la taille dépend du programme prévu pour l'abattage. En fonction de l'abrasivité de la roche, on peut opter pour un appareil à percussion, ou un appareil opérant par écrasement. [18].

II.5.2.1. Matériaux non abrasifs (calcaires, charbons, phosphates, bauxites)

Le concassage par percussion peut être judicieux eu égard à l'énergie spécifique qu'il demande et aux grands coefficients de réduction qu'il permet, pouvant aller jusqu'à 10. Il est cependant générateur d'une plus grande quantité de fines. Il est surtout utilisé pour des applications où on ne désire pas obtenir de granulométries intermédiaires (cimenterie par exemple).

Il est à noter que pour des matériaux friables on pourra opter pour un concasseur à cylindres, opérant en compression. [18].

II.5.2.2. Matériaux abrasifs (La grande majorité des roches et des minerais)

Le concassage par compression s'impose et la capacité de production prévue fixe en général le choix entre appareil à mâchoires et appareil giratoire.

Pour les débits inférieurs à 600 t/h, on utilise essentiellement des concasseurs à mâchoires à simple effet, lorsque la roche est très dure et très résistante. Le coefficient de réduction est au maximum de 4,5 à 5. C'est donc la dimension n des plus gros blocs qui détermine le choix de l'ouverture du concasseur, donc de sa taille. Et on vérifie généralement que son débit nominal est compatible avec le débit prévu. Toutefois, En règle générale, la dimension des plus gros blocs doit être inférieure ou égale à 80 % de l'ouverture du concasseur. Il y a lieu également de tenir compte que les concasseurs à mâchoires ont tendance à laisser passer des blocs surdimensionnés par rapport à la taille recherchée.

Pour les débits compris entre 600 et 1000 t/h, le choix est plus controversé.

Toutefois, on donne généralement l'avantage au concasseur à mâchoires si l'abattage a tendance à donner de gros blocs. Pour les matériaux à la fois très durs et très abrasifs, la préférence peut être donnée aux concasseurs giratoires.

Pour les débits supérieurs à 1000 t/h, seuls les concasseurs giratoires conviennent.

C'est alors le débit qui en fixe la taille et on vérifie que l'ouverture est compatible avec la dimension des plus gros blocs. Il s'agit d'appareils très lourds nécessitant une grande hauteur pour leur installation. [18].

Appareil	Dimension maximale admise (mm)	Rapports de réduction normaux	Capacités maximales (t/h)	Energie consommée par tonne traitée
Concasseurs à mâchoires	2500	1/4 à 1/6	4000	0,4 à 2
Concasseurs giratoires primaires	1600	1/4 à 1/5	7000	0,25 à 0,75
Concasseurs giratoires secondaires	750	1/5 à 1/8	3000	0,5 à 1
Concasseurs à cônes tête standard	450	1/5 à 1/8	3000	0,75 à 1,5
Concasseurs à cônes tête courtes	175	1/4 à 1/7	1500	1,5 à 2
Concasseurs à cylindres cannelés	0,05 à 0,6 (diamètre)	1/3 à 1/4	2000	0,3 à 0,75
Concasseurs à percussion (percuteurs rigides)	2000	1/8 à 1/15	1200	0,2 à 0,6
Concasseurs à marteaux articulés	0,1 à 0,8 (diamètre)	1/10 à 1/30	1200	0,2 à 0,6
Emoteurs à fléaux et à chaînes	250	1/10 à 1/15	50	0,3 à 0,8
Trommels concasseurs	0,1 à 0,5 (diamètre)	25	400	0,1 à 0,3
Coupeuses et trancheuses	300	1/10 à 1/15	60	0,5 à 20
Déchiqueteuse	1200	1/2 à 1/10	200	0,1 à 50

Tableau II. 1. Caractéristiques des appareils de fragmentation grossière (concasseurs). [17].

II.5.3. Cas particulier des produits humides et collants

Les appareils alimentés par simple gravité ne sont pas utilisables. On a alors le choix entre les concasseurs à cylindres qui peuvent être alors munis de peignes de décolmatage, et les concasseurs opérant par chocs munis soit d'un système de séchage à air chaud, soit d'une enclume mobile, ou encore les appareils autogènes ou semi autogènes à sec avec une circulation d'air chaud. [18].

Conclusion

Les objectifs à atteindre et la nature et les propriétés de la roches (des matériaux) traités est un facteur essentiel dans le choix de concasseurs préférables.

Le concassage par percussion constitue un progrès par rapport au concassage par écrasements : il permet le plus souvent des coefficients de réductions plusieurs fois supérieur et obtention de matériaux riches en élément fins qui sont souvent utilisable.

Chapitre III:
Concasseur à marteaux
intermédiaires EV250*300-2-
85.

II. 1. Introduction :

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.

Exigences :

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 installer dans notre usine est de type EV 250 X 300 -2-85. [2].

La matière première concassée est le mélange Calcaire et argile .avec une Humidité de 8%, densité volumique de 1400 kg/m³, Capacité de production du concasseur 1540 t/h. Puissance du moteur du rotor presque 2000kW, vitesse de rotation de environ 40m/s.

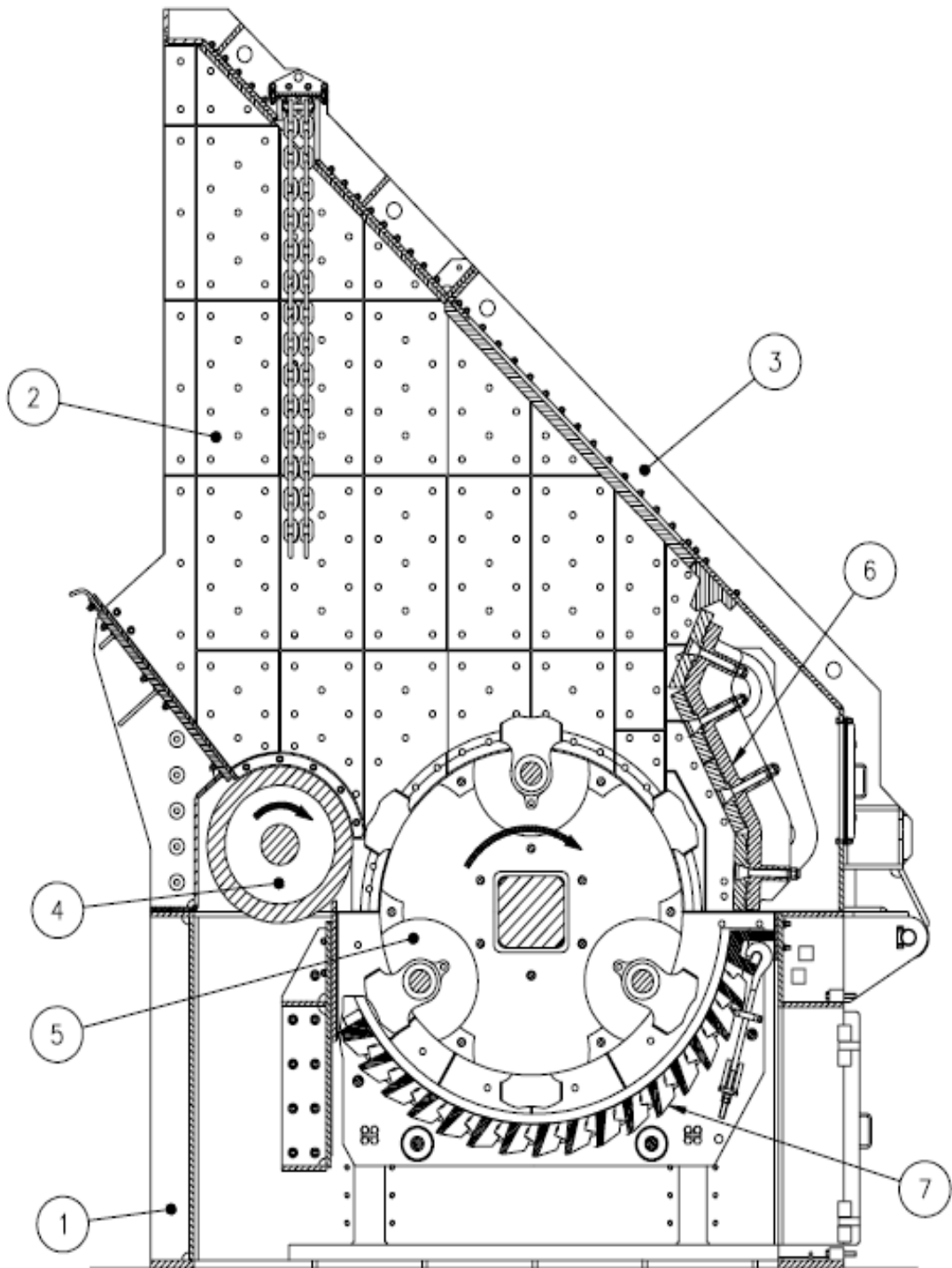


Figure.2.1 : (a) concasseur EV 250x300-1-85.

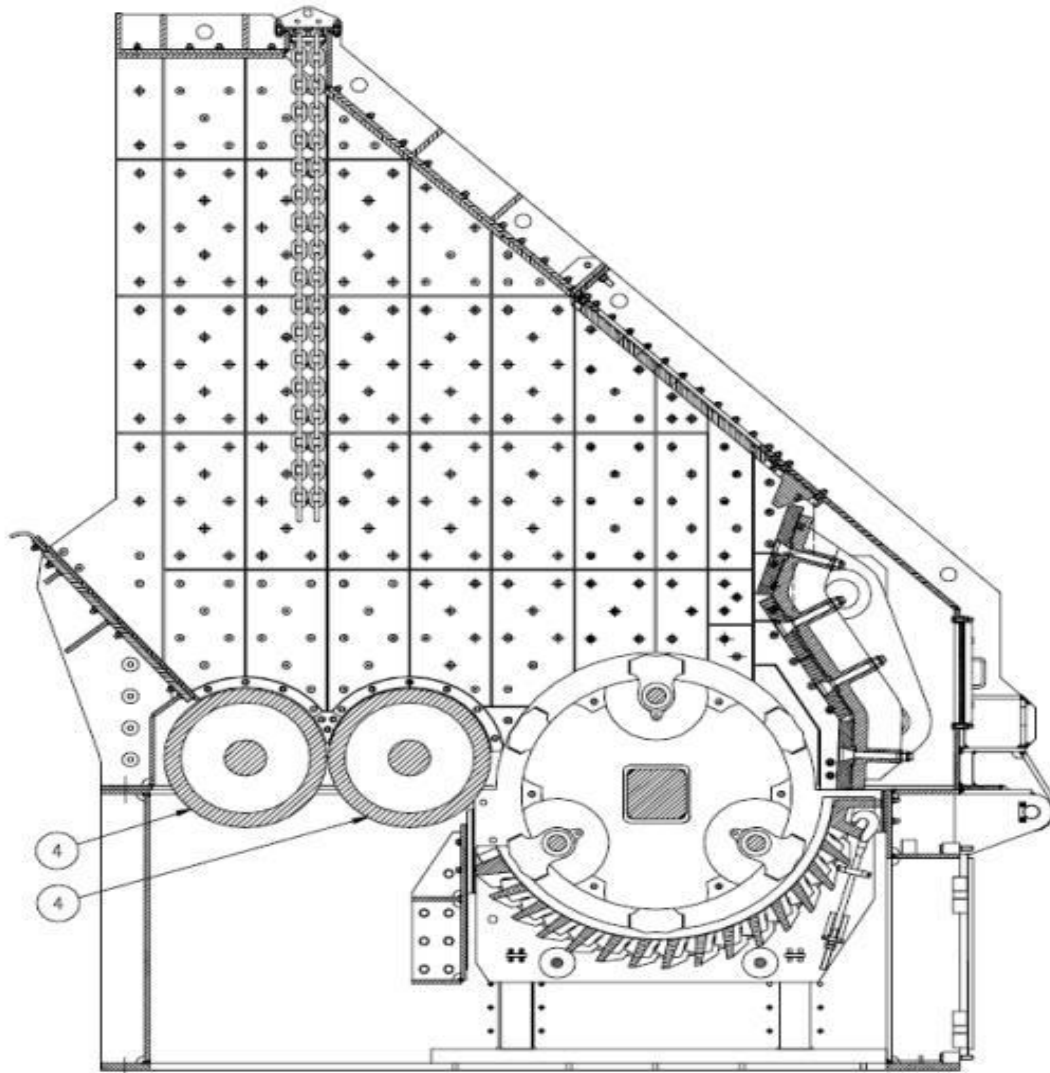


Figure.2.1 : (b) concasseur EV 250x300-2-85

III.2. Composition et fonctionnement :

III.2.1. Composition :

1. Section inférieure.
2. Section supérieure fixe.
3. Section supérieure basculante.
4. Cylindre d'admission.
5. Rotor à marteaux.
6. Plateau de concassage.
7. Grille de sortie.

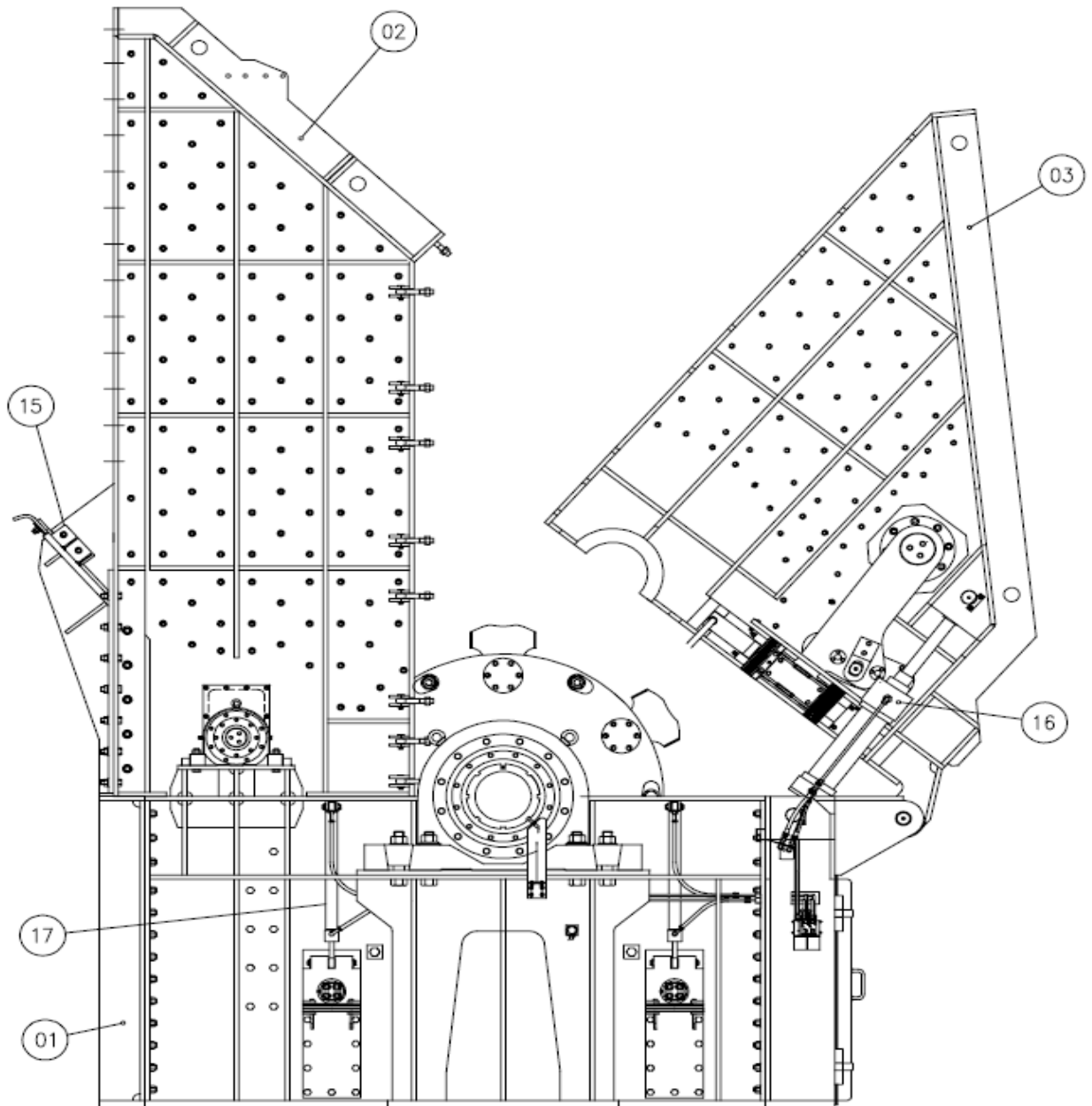


Figure 2.2 : Corps du concasseur.

2. 2. 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 pompe 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. [23]

2.2.1.2. 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 [23].

2.2.1.3. 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 [23].

2.2.1.4. 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 [23].

2.2.1.5. 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 [23].

2.2.2. 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.

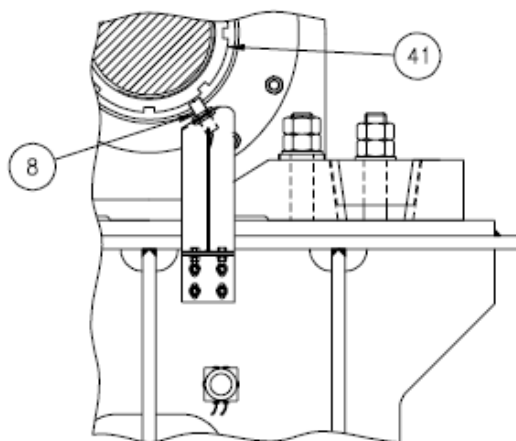


Figure 2. 3: Contrôleur de vitesse.

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 [23].

2.3. Utilisation :

2.3.1. 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.

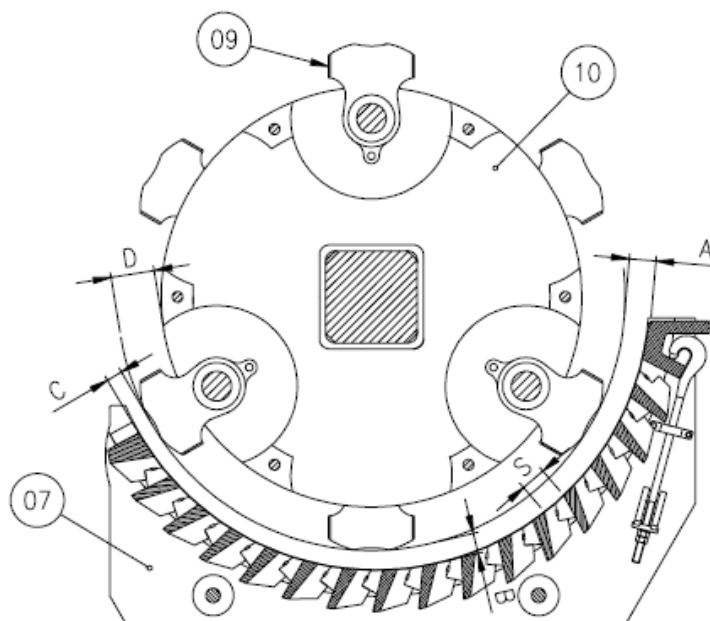


Figure 2.4 : Ajustement de la grille [23]

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 [23].

III.3.2. 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 [23].

2.3.3. 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 [23].

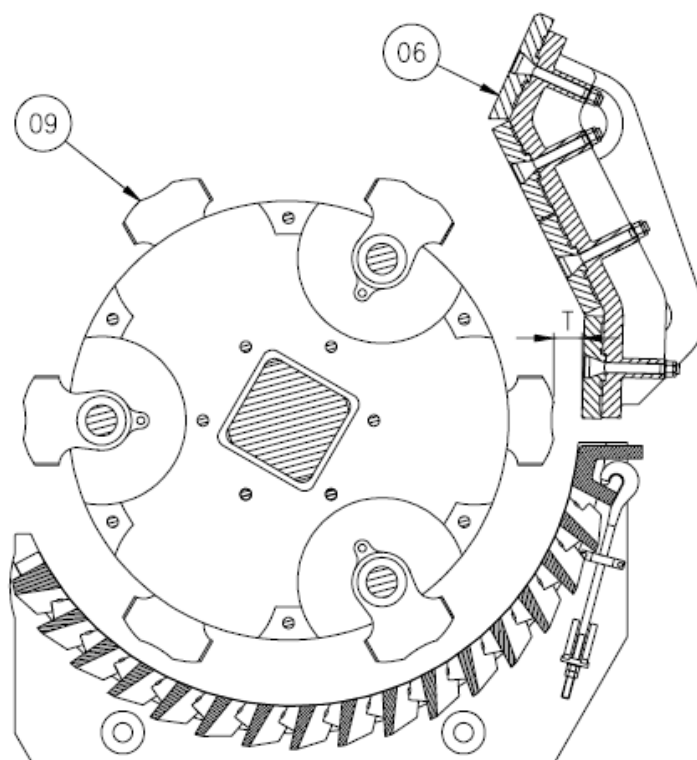


Figure 2.5 : Ajustement du plateau de concassage [23].

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:2.5 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 [23].

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 : 2.6. qui présente le rotor à marteaux.

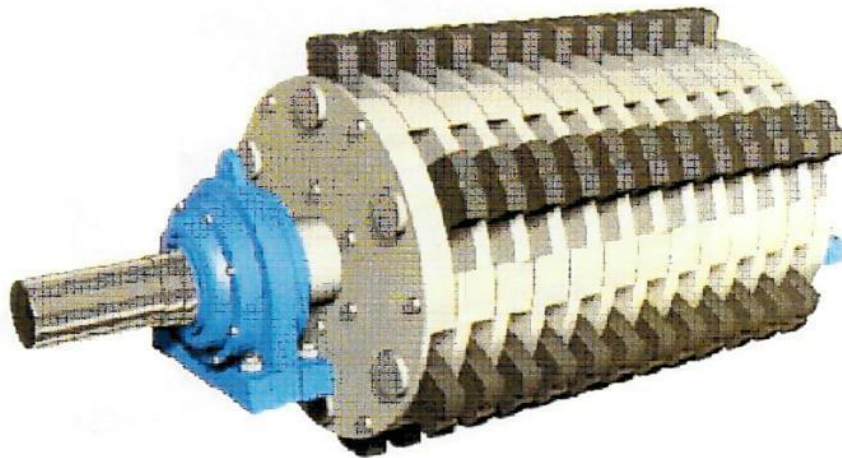


Figure 2.6 : Rotor à marteaux du concasseur EV250x300 [24].

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 : 2.7. 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. [22]



Figure 2.7 : Grille de sortie du concasseur à marteaux [24]

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.

Conclusion

Le concasseur à marteau EV250 est un meilleur choix pour le cas de cette cimenterie d'après l'avantage de ce concasseur et l'adaptation des travaux.

Le concasseur à marteaux est sensible aux problèmes d'adhésivités et à l'usure mais sont capables de traiter la plupart des matières collantes.

Les concasseurs à marteaux EV250 ont généralement un fort taux de réduction, donc le concassage peut être effectué en une seule étape alors qu'avec les autres types de concasseurs.

Chapitre IV:

Étude de l'usure à marteaux
intermédiaires de EV250*300-
2-85.

Partie1 : Usure des contacts mécanique.

IV.1.Définition :

Selon la plupart des glossaires et définitions appartenant à la littérature technique spécialisée, l'usure correspond à la « perte progressive de matière de la surface active d'un corps, par suite du mouvement relatif d'un autre corps sur cette surface ».[23]

IV.1.2.position du problème.[25]

Il est important de distinguer deux façons d'aborder les problèmes d'usure :

-on peut considérer l'usure d'un système tribologique constituer deux corps, de l'environnement et du produit interfacial ou troisième corps, dans ce cas, les phénomènes doivent être décrits à partir du comportement du matériau, dont la présence et les propriétés sont primordiales, son comportement définissant la façon dont les premiers corps sont sollicités, on parle alors de vie du troisième corps, de débris d'usure, de débit de particules, de circuit tribologique(recirculation ou non des particules perdues par le contact).

-une deuxième approche, complémentaire de la précédente, consiste à considérer l'usure d'un corps frottant soumis des sollicitations tribologique, on parle alors de réponse d'un matériau et de phénomène d'usure au sens classique du terme, il est bien évident que ce deuxième aspect n'a de sens qu'à partir du moment où le système est bien défini.

Dans cette partie on présentera principalement l'usure sous son aspect classique en considérant les phénomènes élémentaires responsables de la détérioration d'un corps en frottement.

Les paramètres gouvernent l'usure sont souvent identique à ceux pouvant influencer le frottement, parmi ceux on peut noter.

-la nature, la structure cristallographique et les propriétés mécaniques des matériaux.

Etat topographique, des surfaces flottants (additifs anti usure du lubrifiants...).

- les présences d'agent actifs on frottement.

-la présence de films liquides de lubrifiants (cas de la lubrification hydrodynamique ou élastohydrodynamique).

IV.1.3.phénomènes élémentaires d'endommagement des surfaces :

Sous l'effet des sollicitations tribologiques, une surfaces subides modification et endommagement dont, les principales formes sont schématisées figure 1.

Les endommagements peuvent être décrits simplement en faisant appel à un nombre réduit de phénomènes élémentaires mécaniques, physique ou chimique.

-**Déformation plastique** : lorsque les contraintes créées par le contrant glissant dépassent la limite d'élasticité ; ces déformation plastique induisent les modifications de géométrie des surfaces frottantes.

-**Fissuration**, sous l'effet de contraintes dépassant la limite à la rupture, ou de phénomènes de fatigue.

-Transformation physicochimique de surface : transformations structurales sans intervention de l'environnement ou réaction tribologique entre les corps frottant et cet environnement.

-Adhésion entre les corps frottants, conduisant à formation de transferts d'un des matériaux sur l'antagoniste.

Ces différents phénomènes élémentaires peuvent se produire simultanément ou successivement dans un contact donne, la description de la chronologie des évènements correspond à celle d'un processus d'usure.

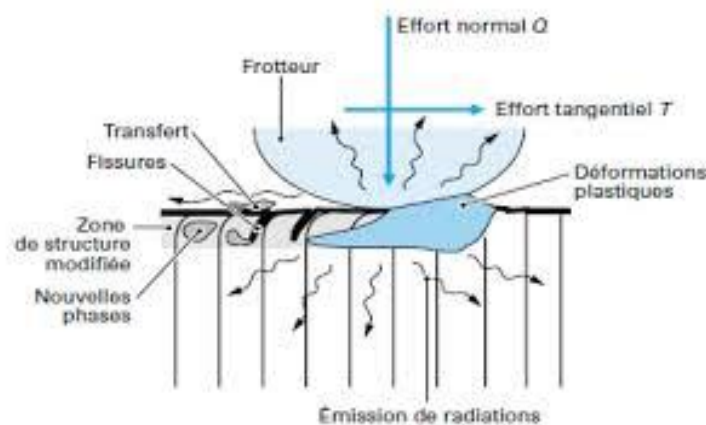


Figure 1.endommagement d'un corps frottant.

IV.1.4.Formes d'usure :

A partir des phénomènes élémentaires qui viennent d'être évoqué, de nombreux processus d'usure ont été établis qui peut être classées de différentes façons.

IV.1.4.1.classification expérimentale :

Cette classification s'appuie sur un constat plutôt global du comportement du système frottant ; on défini alors :

-**l'usure douce ou ultra douce** : le système s'use peu, les surfaces des corps restent lisses et la taille des particules émises ne dépasse pas quelques micromètre.

-**l'usure sévère** : la durée de vie du système est faible, les surfaces des corps sont profondément modifiées et les particules d'usure sont d'une taille pouvant dépasser 100 μm .

-**l'usure catastrophique** : la durée de vie est très réduite ; cette situation correspond le plus souvent à un grippage généralisé du système.

IV.1.4.2 classification scientifique :

Cette seconde classification est basée sur la nature des phénomènes à l'origine des dégradations, les quatre principaux types d'usures sont décrits ci-après, en distinguant ceux pouvant être initiés dans d'autres circonstances que le frottement proprement dit (usure par érosion, par cavitation).

***-usure liées au frottement :**

a)-usure adhésive :

Lorsque deux corps en contact sont en glissement, des jonctions élémentaires sont formées au niveau des points de contact sous l'effet du déplacement à un instant donné, la charge appliquée est supportée par l'ensemble des jonctions existantes, au niveau de chaque jonction, des phénomènes d'adhésion peuvent se produire créant ainsi une liaison adhésive, la résistance mécanique de chaque jonction est fonction de l'énergie localement dissipée, à l'extrême, une soudure peut être créée par fusion des surfaces frottantes ; lorsque le mouvement se poursuit, la jonction est soumise à un cisaillement et deux situations peuvent alors exister :

-**la jonction est peu résistante** : les deux corps se séparent avec peu ou pas de modification.

-**la jonction dispose d'une résistance mécanique supérieure à celle de l'un au moins des matériaux** : il y a alors formation d'une fissure dans le corps le plus tendre, ou le moins tenace, puis arrachement et transfert sur l'antagoniste, ce cas est représenté sur les (figure 2).

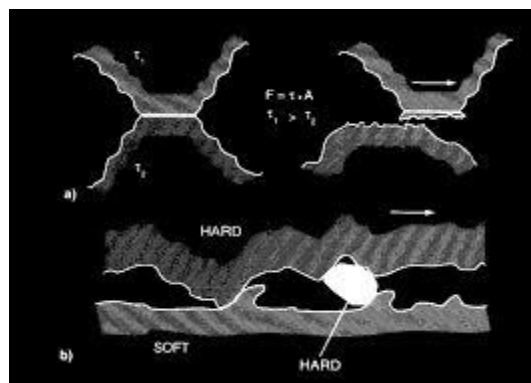


Figure 2 : phénomène élémentaire de l'usure adhésive : formation de transfert.

Le transfert initial peu ensuite évoluer et crée une dégradation plus importante par effet « boule de neige ».

Les particules d'usure sont dans ce cas de taille relativement importante et de nature composite (composées des deux corps en présence).

L'usure adhésive est favorisée entre autre par :

-l'accroissement de la pression de contact, de la vitesse, le frottement à sec ou en lubrification aléatoire.

-l'absence ou l'élimination des films superficiels constitués de couche adsorbées, d'oxydes.

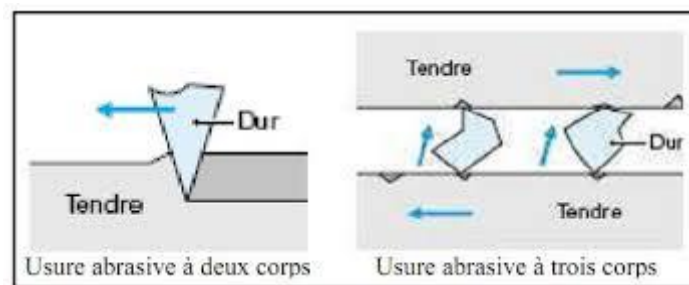
Les paramètres dépendant des matériaux sont principalement :la composition, la structure, la dureté, la température de fusion, la nature des films superficiels, les propriétés de retentions des lubrifiants.

b)-usure abrasive à deux ou trois corps :

L'usure abrasive correspond au cas où un corps dur déforme plastiquement, avec ou sans enlèvement de matière, un corps le plus mou on distingue.(figure3).

L'usure abrasive à deux corps : des sillons sont formés parallèlement à la direction de déplacement, par les aspérités du corps le plus dur.

L'usure abrasive à trois corps : les particules dures présentes dans l'interface déforment plastiquement les surfaces frottantes en créant des empreintes.



Usure abrasive à trois corps.

Figure 3.phénomène élémentaire de l'usure abrasive à deux et à trois corps.

Suivent les cas, l'usure abrasive peut engendrer des endommagements par déformation

Plastique, des enlèvements de matière par phénomène de corps et/ou par fatigue superficielle.

L'usure abrasive est favorisée :

-par l'accroissement de température.

-par l'humidité, l'agressivité chimique de l'ambiance (lorsque l'abrasion agit par effet de coupe).

Dans le cas l'abrasion à trois corps, la nature et l'acuité des phénomènes dépendent de la forme, granulométrie des particules abrasives, de la vitesse relative et de l'angle d'attaque de l'abrasif sur le substrat.

L'usure abrasive mettant en jeu, au niveau élémentaire, des phénomènes d'ordre mécanique, les paramètres dépendant des matériaux sont notamment, la dureté ou la limite d'élasticité, les contraintes résiduelles, la ténacité, la structure (homogénéité, taux d'écroissage...), les propres thermomécaniques dans le cas de sollicitation en température.

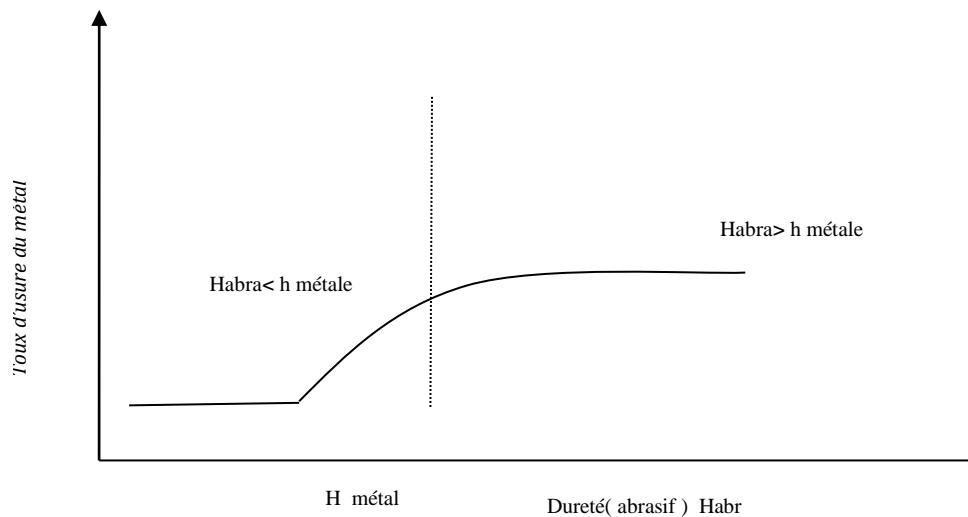


Figure4 : effet de la dureté du corps considéré comme abrasif sur le taux d'usure du corps antagoniste considéré comme métal.

La dureté respective des corps en présence est un élément déterminant comme l'illustre la (figure4), des règles de choix de matériau ou de traitement de surface, peuvent donc permettre d'optimiser un usinage par abrasion ou une lutte contre l'usure abrasive d'un élément de mécanisme donné.

c)-usure corrosive ou tribochimique :

cette forme d'usure intervient lorsque le frottement se produit dans un environnement réactif (atmosphère, lubrifiant...), pour les matériaux en présence, dans ce type de situation, l'usure peut-être initiée ou accentuée par la réaction chimique entre l'environnement et les surfaces, cette réaction qui peut-être créée ou activée par l'énergie dissipé en frottement dans l'interface, conduit à la formation d'une couche superficielle (film réactionnel) solide, non soluble dans l'environnement, de faible épaisseur, adhérente aux substrats, qui protège généralement les surfaces de l'usure adhésive, l'usure se manifeste alors lorsque les sollicitations de frottement au contacts conduisent à l'élimination des couches formées.

La cinétique du phénomène est gouvernée par la compétition entre la formation des produits de réaction et leur consommation par usure, la réactivité du milieu présente un optimum car elle doit être suffisamment élevée pour former rapidement un film tribochimique capable d'éliminer l'adhésion, mais pas trop forte pour ne pas consommer excessivement du corps frottant par réaction chimique (figure 5)

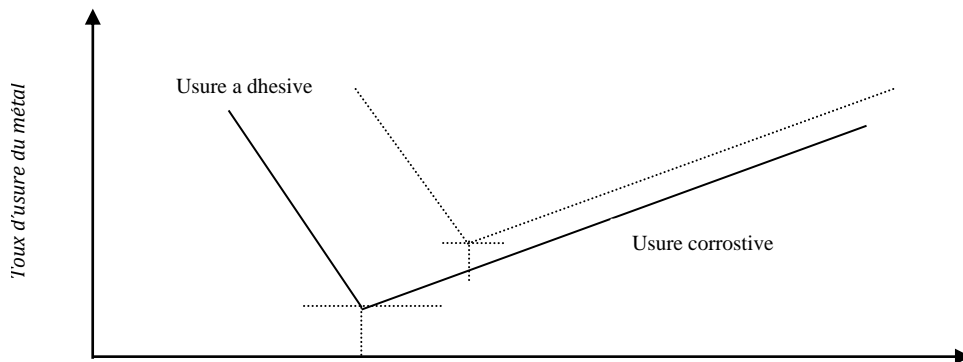


Figure 5 compétitivités entre usure adhésive et usure corrosive.

d)-usure par fissuration :

Les contraintes mécaniques générées par le frottement peuvent entraîner la création et la propagation de fissure, selon les processus différents en fonction du type de matériau considéré.

-dans les cas des matériaux ductiles (typiquement la plupart des matériaux métalliques).

On parle d'usure par fatigue superficielle ou par délamination, on peut classiquement distinguer les phases d'initiations et de propagation de fissure en sous-couche (à une profondeur correspondant approximativement au point de cisaillement maximale, qui conduit, à terme, à la formation d'une délamination dans les zones de frottement (figure 6).

Cet endommagement apparaît en générale pour des nombre de cycles de sollicitations élevées.

-pour les matériaux à comportement fragile typiquement les céramique et pour lesquels on parle d'usure par fracturation, les fissures se produisent dans les zones les plus contraintes en tension.

Elles ne sont pas associées à un phénomène de fatigue superficielle mais à un dépassement d'un seuil de rupture, situées classiquement à l'arrière de contact, elles sont en forme de (fer à cheval) et se propagent perpendiculairement à la surface (figure 7)

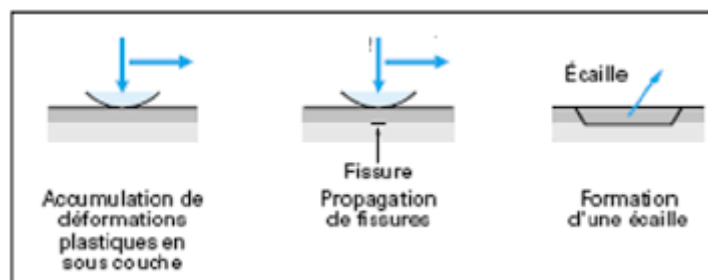


Figure.6.usure par fatigue superficielle.

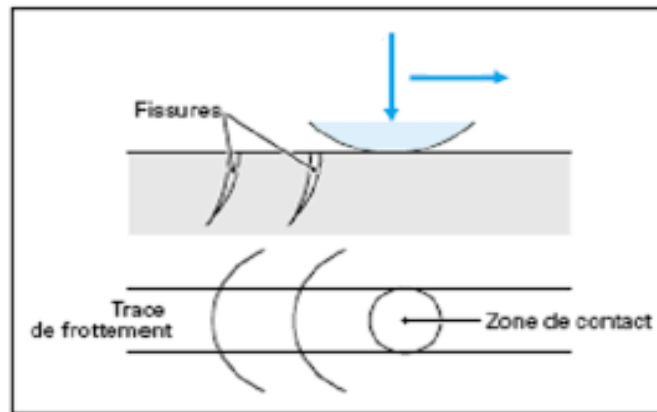


Figure .7. Usures par fissuration dans le cas des matériaux fragiles

Ce type peut se produire pour des nombre de cycle très faible (phénomène à caractère brutale par opposition au phénomène cumulatif direct précédemment). L'usure par fissuration est bien évidemment favorisée par le croisement des contraintes mécaniques superficielles (contraintes normales et tangentielles), et dans une moindre mesure par la réactivité chimique de l'environnement, qui est susceptible d'agir sur les processus de propagation de fracture.

Les principaux paramètres dépendant des matériaux sont, outre les propriétés mécaniques macroscopiques (limite d'élasticité, résistance à la rupture, ténacité), la présence de défauts ou points faibles préexistants (homogénéité structurale, liaisons revêtement/substrat...), les contraintes résiduelles.

Partie. 2 :

IV.1.Généralité :

Lorsque la matière à concasser est plus dure que l'outillage du concasseur :

(Les marteaux, les plaques d'usure, la grille de sortie,...etc.)

Une importance augmentation de l'usure peut apparaitre de façon inattendue.

Le principal matériau utilisé pour les pièces d'usure de concasseur plus particulièrement les concasseurs à marteaux, sont l'alliage acier au manganèse. Ce type d'alliage, connu depuis une centaine d'années était autrefois appelé « acier hadfield ».

Dans les dernières années les chercheur arrivent à ajouter des additifs au acier (Cr, Mo, Mn,...etc) et utilise l'Insert céramique qui est chère et très rentable que l'acier au manganèse.

La cause principale de l'usure est la matière première surtout l'argile qui contient un pourcentage remarquable de silicium (49.02%)[26].

Les types d'usure principaux dans le concasseur :

*-l'usure abrasive.

*-l'usure par fissuration.

IV.2.les éléments usés du concasseur à marteau :

les plaques de blindage :

le 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 extérieur, tous les surfaces internes et la mâchoire réglable sont revêtues de tôles anti-usure fixe dessus par boulons.



Fig. plaque de blindage d'enclume usée.

Type d'usure :

Usure par fissuration parce que c'est la destruction fragile des surfaces, que peut avoir lieu en résultat de la fatigue des métaux.

Au cours du frottement avec la matière première, l'état des couches superficielles du métal et des déformations plastiques correspondantes provoquent un renforcement de la surface de travail des plaques, mais il est alors simultanément engendré des contraintes résiduelles et des fatigues qui affectent la surface. A la suite d'une telle alternance des sollicitations appliquées à la surface, il se produira de légères fissures qui se développeront progressivement.

b-la grille de sortie :

la grille de sortie c'est le dernier élément pour la sortie de la matière finale.

La distance entre les marteaux et la grille augment par l'usure de celle-ci, le produit final sera plus gros et les marteaux risquent de s'user davantage.

Type d'usure :

on trouve deux types d'usure.

-usure abrasive parce que la matière va provoquer un frottement entre les marteaux et les barreaux de grille qui va introduire l'usure de surface.

-usure par déformation plastique se manifeste par le déplacement des couches superficielles sous l'action des contraintes de contact élevées, supérieures à la limite d'élasticité du matériau des barreaux.



Fig. grille de sortie usée.

c- les marteaux :

C'est des éléments principaux dans le concasseur, car ils participent en premier lieu pour le concassage de la matière première.

L'usure est plus rapide pour les marteaux dénommés bimétallique, qui sont fabriqués à partir de deux matériaux coulés ensemble, un matériau résistant pour la section oculaire et un matériau plus dur pour la tête.

Types d'usure :

C'est une usure abrasive parce qu'elle est caractérisée par la dégradation de la surface des marteaux résultant de l'action de coups ou de rayage des particules solides, se déplaçant par rapport à la surface des marteaux. Les marteaux frappent et concassent la matière première sur le plateau de concassage, automatiquement les grains de sable de la matière première attaquent par la force de rotation, les surfaces des marteaux et arrachent par la suite des petits morceaux de surface de ces derniers.

Quand l'usure des marteaux se manifeste par une diminution de production et par une augmentation de la consommation d'énergie, on fait tourner les marteaux. (lors qu'ils sont usés à quelque 2/3 de leur sommet)



Fig. marteaux de concasseur usés d'un seul côté.

IV.3.Soudage et Réparation des pièces en acier au manganèse :

IV.3.1.Généralité :

Les soudures sur les pièces en acier austénitique au manganèse doivent être effectuées avec soin.

Cela est dû au fait que ce matériau se comporte de manière extrêmement différent de l'acier ordinaire, notamment lorsqu'il est soumis comme dans le cas du soudage, à une source de chaleur.

Il prend au coulage une structure ferritique caractérisée par un très grand degré de dureté et de friabilité.

Cette structure présente les propriétés caractéristiques suivantes :

- à magnétisme.
- grande ténacité.
- durcissement à la déformation.

Ce sont ces propriétés qui font de l'acier austénitique au manganèse un matériau adapté à la fabrication des pièces d'usures exposées essentiellement aux chocs et aux charge de pression.

Les température supérieur à 350° modifient la structure austénitique de cet acier en formant des carbures qui lui font perdre sa ténacité et le rendent cassant.

L'acier au manganèse déformé à froid devient plus rapidement friable au chauffage que le même non déformé à structure austénitique.

IV.3.2. Soudure sur l'acier au manganèse :(9)

Avant d'entamer l'opération, on s'assurera que la couche de métal superficiel est inaltérée.

Enlever par ponçage ou grenailage les éventuels durcissements de déformation, croutes de fonte, calamine et autre impuretés. Si l'on applique le grenailage, décaper la couche de durcissement à la rectifieuse.

Dans ce cas, procéder en évitant l'échauffement du métal.

Il est essentiel que la température de soudage soit maintenue à un degré aussi faible que possible. Par conséquent, le courant doit également être aussi faible que possible. Respecter par ailleurs les indications fournies par le fournisseur d'électrodes.

Il est conseillé de laisser chaque cordon de soudure refroidir jusqu'à $\pm 100^{\circ}$ avant de poser le cordon suivant.

A fin d'accélérer la trempe, on plongera la pièce dans de l'eau, mais uniquement le temps nécessaire au refroidissement sans humidité sur la surface de soudage.

En général, pour éviter les problèmes causés par l'amalgame des produits, on utilisera des électrodes de même marque si l'opération nécessite l'emploi de plusieurs sortes d'électrodes.

IV.3.3.pose de revêtement dur sur l'acier au manganèse :

La pose de revêtement dur sur les pièces en acier au manganèse s'impose dans les cas suivant :

-lorsque, du fait du matériau auquel les pièces sont exposés, la couche de durcissement de déformation se réduit plus rapidement qu'elle ne se forme, ou que la dureté obtenue ne suffit à compenser le processus d'usure.

-lorsque l'érouissage destiné à produit le durcissement de déformation, ne suffit pas pour obtenir la dureté nécessaire.

En règle générale, le revêtement se compose de deux ou trois couches , un nombre plus élevé de ces couches entrainerait des défauts d'adhérence(écaillage), la surface de la couche d'usure est souvent parcourue de fissures, ce qui ne constitue pas un problème tant qu'elle ne s'écaille pas.

La couche superficielle du revêtement anti-usure est généralement plus dure que les couche inférieur qui, elles, fusionnent dans une certaine mesure avec le matériau du substrat et sont le siège d'une combustion d'alliage générateur de carbure.

Pour obtenir le meilleur résultat possible, il est nécessaire de suivre les consignes données par le fournisseur du matériau de soudage appliqué.

IV.3.4. Restauration et Réparation des pièces en acier au manganèse :

a-Réparation des fissures :

Evaluer tout d'abord le degré de propagation des fissures en effectuant un test au liquide capillaire sur la surface préalablement poncée.

Percer un trou de $\phi 4-6$ mm aux deux extrémités de la fissure à traiter afin d'empêcher son extension.

Rectifier ensuite la surface pour faire disparaître totalement les surfaces de rupture. (le cas échéant ; vérifier le résultat à l'aide de liquide capillaire). La nervure rectifiée doit avoir, avant le soudage, l'apparence d'un cordon en V ordinaire ($2*30^\circ$).

Le soudage doit être effectué conformément aux indications des fournisseurs des électrodes appliquées.

b-Redressement des pièces déformées :

Cette opération peut s'avérer nécessaire sur les barreaux de grille des concasseurs.

En général ; il s'agira de remettre en état les pièces ayant subi une déformation plastique.

Cette déformation provoque un durcissement de déformation qui ne se limier pas à la surface mais s'étend en profondeur au matériau sous-jacent.

Redresser à froid, ces pièces subirait un durcissement supplémentaire risquant leur rupture.

-Traitement à chaud :

Chapitre IV: Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaire et sa réparation

Pour redresser les pièces en acier au manganèse, on devra les traiter à chaud en appliquant la méthode suivante :

Au départ, la température du four ne doit pas dépasser 60°C.

La pièce ne doit pas être exposée à la flamme.

Placer la pièce dans le four que l'on portera à 1050°C-1100°C.

Observer une période de stabilisation à 1050°C-1100°C d'une ½ heure par 20mm d'épaisseur du métal.

Redresser les pièces à cette température (1050°C-1100°C) puis les tremper dans l'eau pour ramener rapidement leur température à un niveau inférieur à 100°C.

c-Restauration des pièces :

Les restaurations des pièces en acier au manganèse usés se fait à l'aide d'électrode ayant une teneur en manganèse de 12% à 14%.

La restauration des pièces est souvent complétée par pose de revêtement dur pour cela, il est recommandé d'utiliser des mordaches comme indiquer sur la figure. Ci-dessus pour éviter l'écoulement du matériau rapporté et faciliter des pièces.

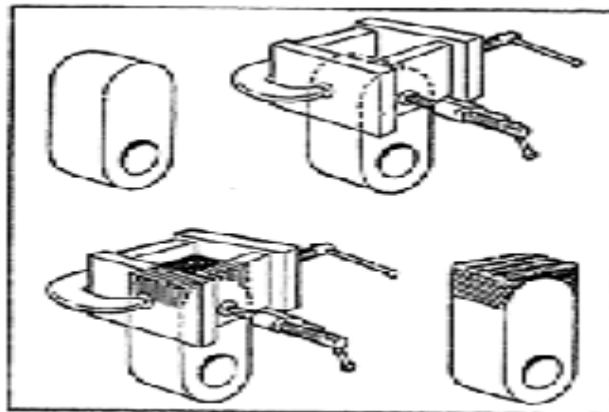


Fig. restaurations des pièces.

IV.4.Comparaison entre les montages des trois types de marteaux :

Nous avons affiché le suivi de maintenance le long du montage et démontage des trois types des marteaux avec le taux de production et d'usure.

Chapitre IV: Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaire et sa réparation

Marteaux	Mn 12% MAGOTTEAUX	FLS 12% rechargé	Insert céramique Xcc MAGOTTEAUX	
Montage	25/09/2005	14/11/2005	15/12/2014	
Démontage	14/11/2005	27/02/2006	23/10/2016	
total production	461736	961707	7715606	Tonne
moyen usure d'un marteau	5.16	12.27	28.8	Kg
quantité des marteau	72	72	72	Marteau
usure total de tous les marteaux	371.6	883.25	2074.2	Kg
usure total de tous les marteaux en grammes	371600	883250	2074200	Gramme
taux d'usure des marteaux grammes par tonnes de production	0.805	0.928	0.269	g/tonne

Tableau IV.1. tableau comparatif des trois types de marteaux

La comparaison des couts de production et des marteaux affichés au tableau suivant :

Type de marteau	Prix unitaire en euro	Quantité des marteaux	Montant total en euro	Total production en tonne	Comparaison en tonne de production%	Prix d'un tonne en euro
Mn 12%	580	78	45240	1200000	100%	0.038
Xcc	1305	78	101790	6500000	542%	0.016

Tableau .IV.2 : Déférence de Couts de production d'une tonne entre deux types de marteau

Conclusion :

Depuis 2004 jusqu'à 2014 la société LAFARGE utilise pour la première étape les marteaux au manganèse, et puis si les séries des marteaux s'usent elle change à nouveau pièces ou elle sera réparer par restaurations.

A partir de 2014 la société utilise les marteaux en Insert céramique qui faire minimiser le cout de 0.038 à 0.016 euro/tonne et minimiser le taux d'usure de 0.805 g/tonne à 0.269g/tonne

Au cours de ces améliorations des marteaux le service de production reste à suivis l'usure des marteaux en fonction du taux de production et la consommation d'énergie en coordination des travaux de maintenance préventive et curative utilisant le système de gestion de maintenance pour arrêter les nouveaux bilans le temps d'attendre des nouvelles améliorations sur ce phénomène.

Conclusion générale

Conclusion Générale

L'usure est un ensemble complexe de phénomène difficile à interpréter amenant une émission de débris avec perte de masse, de cote, de forme et s'accompagnant de transformation physique et chimique des surfaces.

Notre but d'étude est d'observer le phénomène d'usure et ces différents types sur le concasseur à marteaux dans LAFARGE holcim et d'essayer de trouver des solution à ces problème pour augmenter la production du concasseur et diminuer la consommation d'énergie.

Finalement ; nous souhaitons que notre travail soit claire et sera un guide pour les autres étudiants, en proposant une continuité à ce sujet d'étudier son revêtement avant l'usure pur que la durée sera allongée la plus possible.

Référence Bibliographique

- [1] :Mimoire de master :Y.Rbiai ; Etude et vérification de choix de concasseur dans une cimenterie ; université de bėjaya ;juin 2016.
- [9] : J. Beauchamp; Mécanique des roches et des sols; Cours en ligne; Université de Picardie Jules Verne; septembre 2003. Mémoire. benguedouar afeff .Alger.2013.
- [6] : C. Avenier, B. Rosier, D. Sommain; Ciment naturel; Grenoble, Glénat éd. ISBN10 :2723461580, 176 p ; 2007. Mémoire de benguedouar afeff. Alger.2013.
- [10] : V. PHOUMMAVONG; Matériaux de construction; Cours en ligne; Université Nationale du Laos;2009. Mémoire de benguedouar afeff. Alger .2013.
- [15] : procédé de fabrication de ciment (CE, 2010, p.11) Commission Européenne, (2010), « Document de référence sur les meilleures techniques disponibles Industries du ciment, de la chaux et de la magnésie », Ministère de l'énergie et du développement durable et de la mer en France, Paris. Mémoire de Rebouh Samia, faculté des sciences de la terre.
- [16] : DJEZAIRI Omar, Promotion : juin 2008, L'influence du mode de concassage sur les Caractéristiques de fabrication des granulats. Département de Génie Minier, école nationale polytechnique/2008.
- [3] : S. Catinau ; Durabilité à long terme de matériaux cimentaire, avec ou sans fillers calcaires, en contacte avec des solutions salines; thèse du doctorat; Université de LAVAL Canada; décembre 2000.
- [4] : R. Dupain, R. Lanchon, J.C. Sain-Arroman; Granulats, sols, ciment et béton; 2ème Edition; Casteilla éd.; ISBN 19952713514711 /1995.
- [5] : W. H. Duda; Cément data book; 3rd édition; French & Européen Pubnsed. ISBN0828802041 ; décembre 1985.
- [7] : Documentation de la cimenterie de Hammam Bouziane; Le ciment portland.2014.
- [8] : Documentation du Centre d'information sur l'eau Paris France.2009.
- [11] : B. Bounabe Ayache; Automatisation du stackeur et le moteur four; Rapport de stage à ERCE et SCHB; Université de Paul Cézanne Aix Marseill3; Downloade / Automaticiens /Automatisation-stackeur-four-imenterie-DG.pdf, 2006-2007.
- [12] : Dr. F. Ghomari; Science des matériaux de construction; Université Aboubaker Belkaid,

2009.

[13] : John Deere Power Systems .Usine de Saran – La Foulonneriez .B.P. 11013F-45401
Fleury les Aubrais Cedex. Vesuvio F 1000 CV vol.1.2006

[17] : Cour de préparation mécanique des roches (3^{eme} année mine et géologie) ; Mr Akim. A
.2016.

[18] : N° 4/ 4^{ème} trimestre 1999- ISSN (société de l'industrie minérale)
Les techniques de l'industrie minérale. *Concassage*. (1999). N ; 622/29.4

[19] : Lafarge, Centre de viviers, service formation EdSE, connaissances cimenteries;
concassage. 2016.

[25] Technique de l'ingénieur BM5067.

[21] : FLS_{midth} introduction aux programmes de formation .concassage ; 2016.

[22] FLSMIDTH PLANT SERVICE DIVISION. (LE CONCASSAGE),VIGERSLEV
ALLÉ 77 - 2500 VALBY – DANEMARK,The international Cément Seminar.
Training.2003.

[23] FLSMIDTH, (Concasseur à marteaux EV avec cylindre d'admission. Montage,
utilisation VIGERSLEV ALLÉ et entretien), instruction manuel 70000193-4
77 - 2500 VALBY – DANEMARK. 2002.

[26] FLSMIDTH « Training ».

[27] FLSMIDTH INSTITUTE « Soudage et réparation des pièces en acier au manganèse. ».

[14] : Wikipédia. Lafarge (entreprise), [[http://fr.wikipedia.org/wiki/Lafarge_\(entreprise\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Lafarge_(entreprise))] [en
ligne], 2016.

[24] www.flsmidth.com.

[20] : photos sur le cite, www.le_type_de_concasseur.com. 2016.

[2] : Photo de usine de hammam d'alaa, m'sila. 2016.

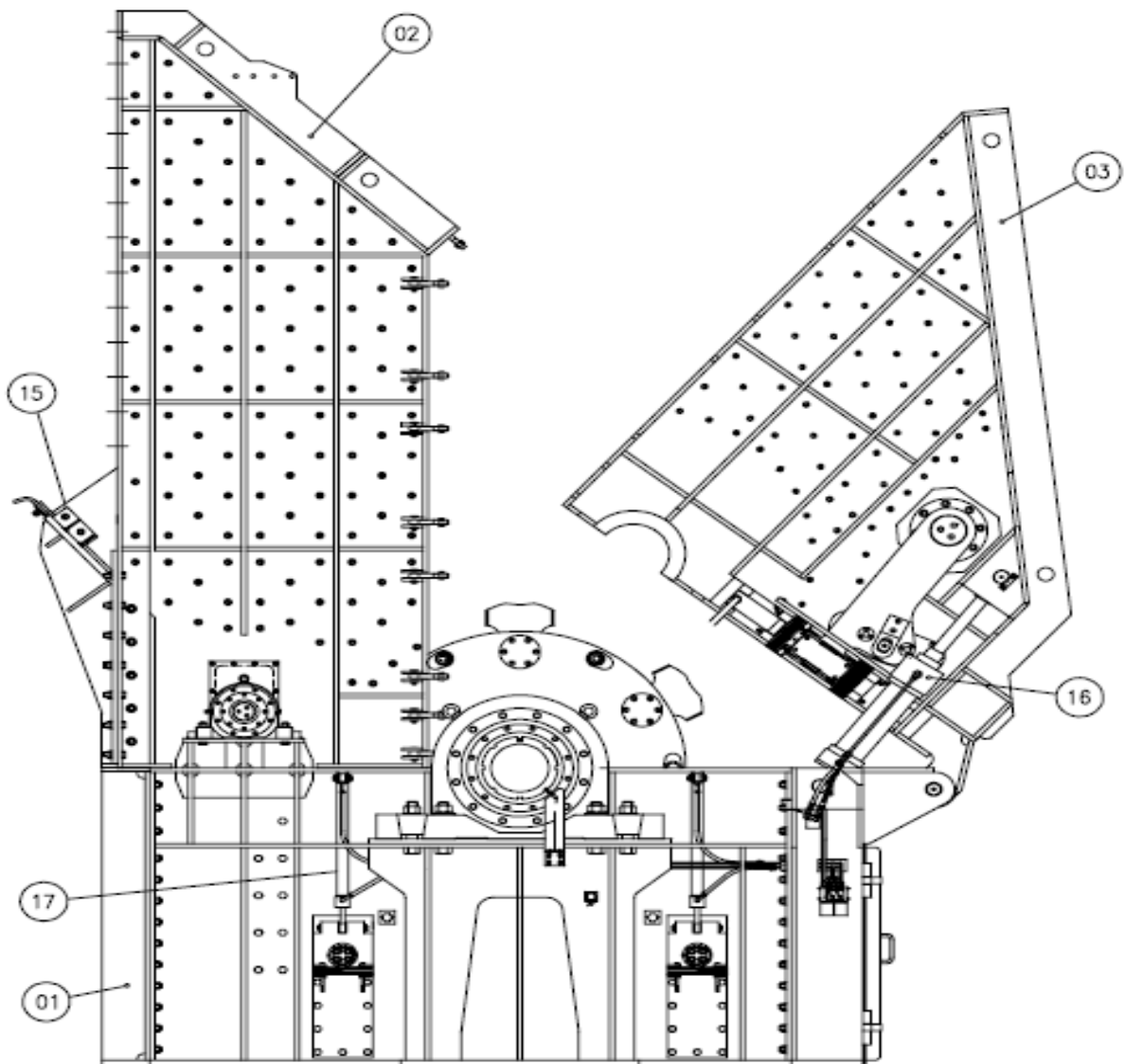
Annexes

1. Légende des annexes

- 01 Section inférieure
- 02 Section supérieure fixe
- 03 Section supérieure basculante
- 04 Cylindre d'admission
- 05 Rotor à marteaux
- 06 Plateau de concassage
- 07 Grille de sortie
- 08 Contrôleur de vitesse
- 09 Marteau
- 10 Section du rotor
- 11 Boulon de marteau
- 12 Boulon à œil
- 13 Mandrin rehausseur
- 14 Mandrin de guidage
- 15 Plateau d'admission
- 16 Cylindre hydraulique
- 17 Cylindre hydraulique de la grille
- 18 Plaque d'usure
- 19 Plaque d'usure du plateau du concassage
- 20 Garde-chaîne
- 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
- 32 Arbre
- 33 Tirant
- 34 Douille de serrage
- 35 Accouplement de sécurité
- 36 Goupille de cisaillement
- 37 Bride de l'accouplement à membrane
- 38 Bague d'arrêt
- 39 Joint en V
- 40 Joint à labyrinthe
- 41 Écrou de palier
- 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
- 47 Transmission
- 48 Chaîne

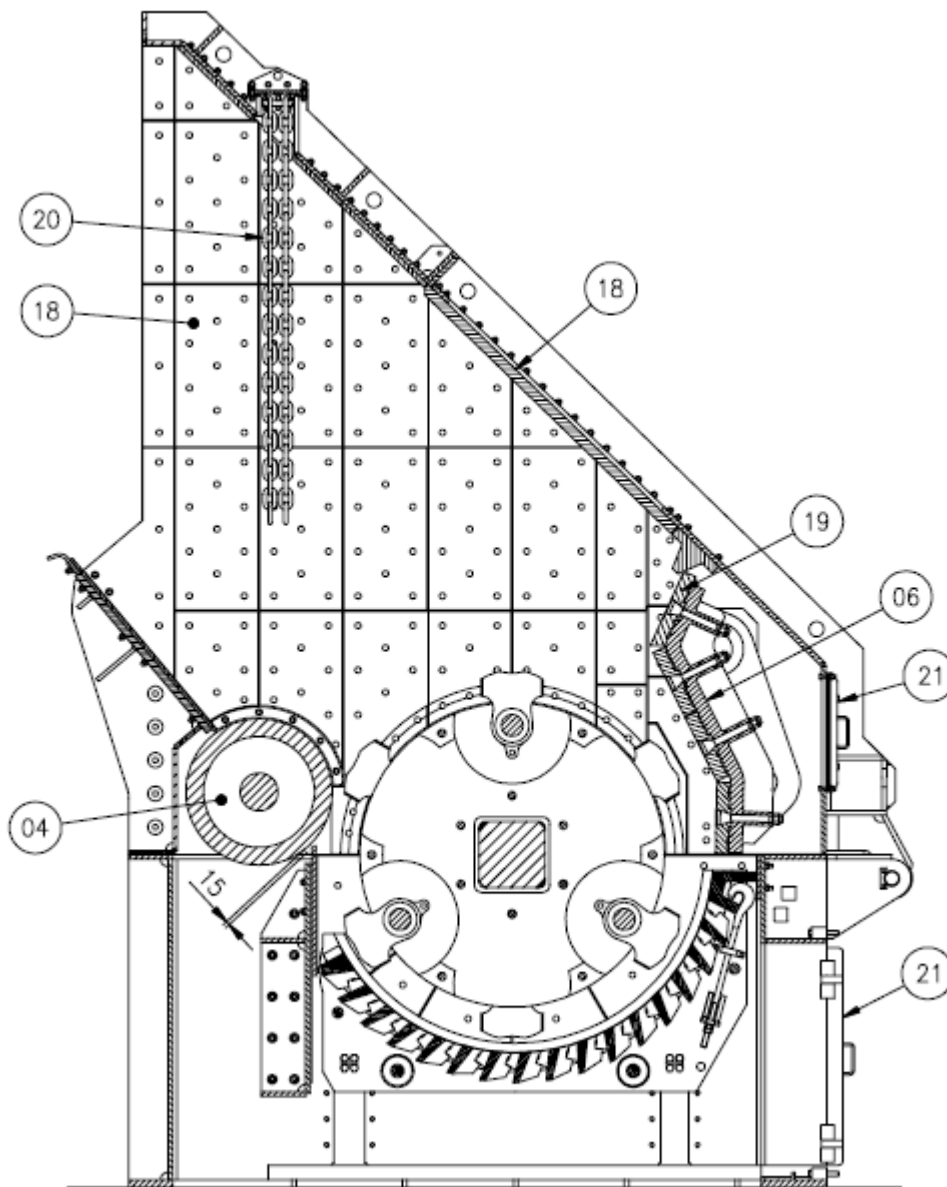
- 49 Verre indicateur
- 50 Barreau spécial de la grille
- 51 Dernier barreau de la grille
- 52 Barreau de la grille
- 53 Montant
- 54 Roue
- 55 Boulon à crochet
- 56 Boulons
- 57 Garniture de levage
- 58 Intercalaires
- 59 Goupille
- 60 Boulons de la plaque-support
- 61 Plaque-support
- 62 Articulation de la charnière du plateau de concassage.
- 63 Bras d'ajustement
- 64 Intercalaire
- 65 Plaque expansible
- 66 Goupille de cisaillement
- 67 Balancier des marteaux
- 68 Boulon de fixation

Annexe 1



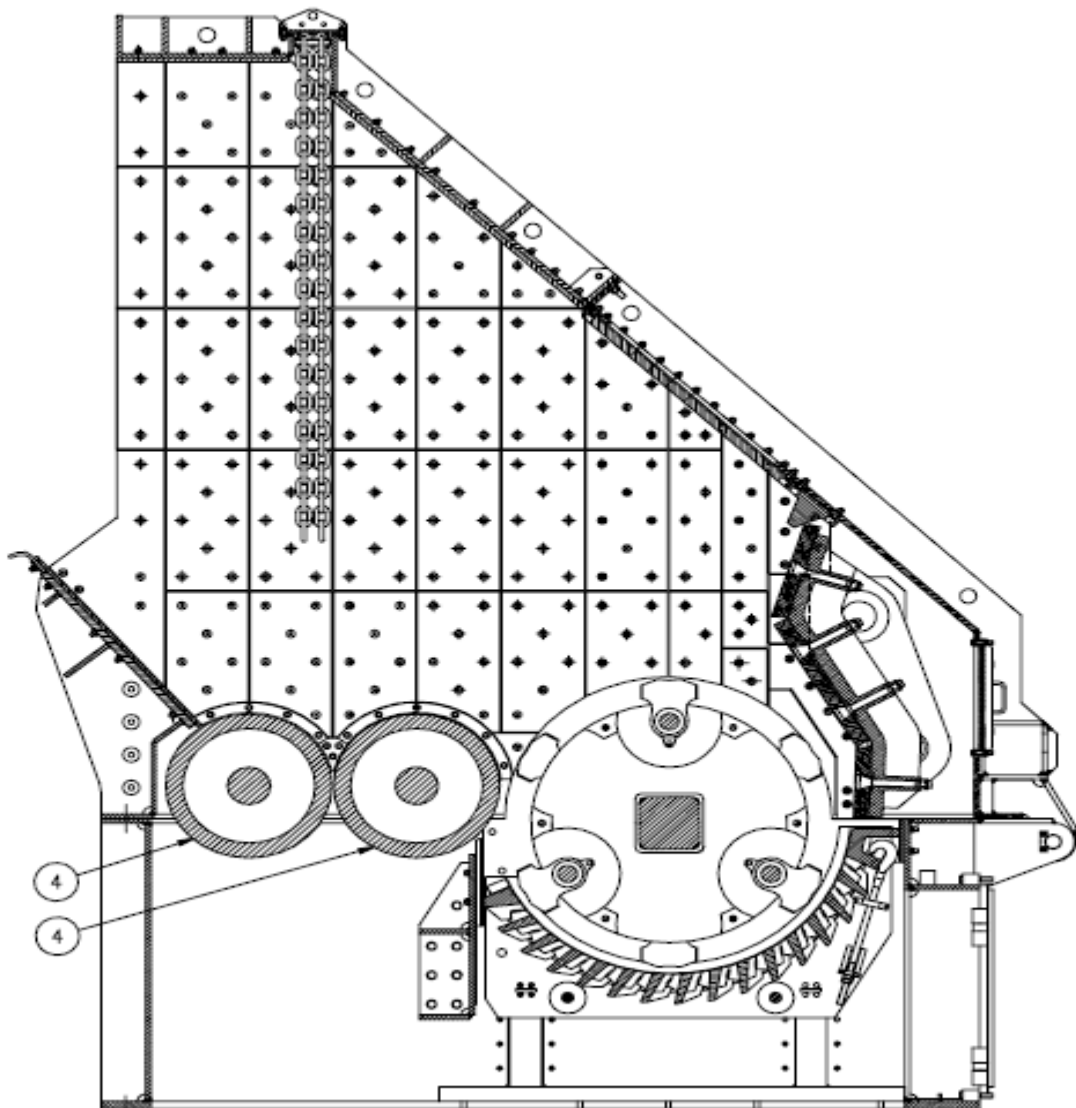
- 01 Section inférieure
- 02 Section supérieure fixe
- 03 Section supérieure basculante
- 15 Plateau d'admission
- 16 Cylindre hydraulique
- 17 Cylindre hydraulique de la grille
- 68 Boulon de fixation

Annexe 2



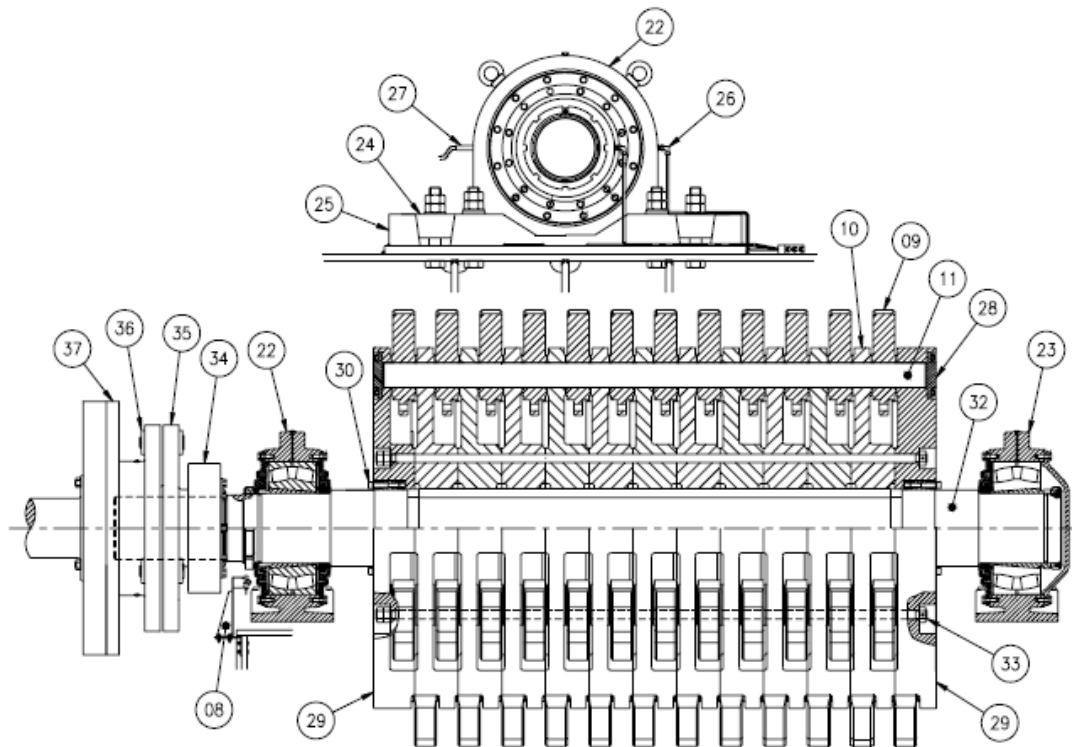
- 04 Cylindre d'admission
- 06 Plateau de concassage
- 18 Plaque d'usure
- 19 Plaque d'usure du plateau de concassage
- 20 Garde-chaîne
- 21 Porte d'observation

Annexe 3



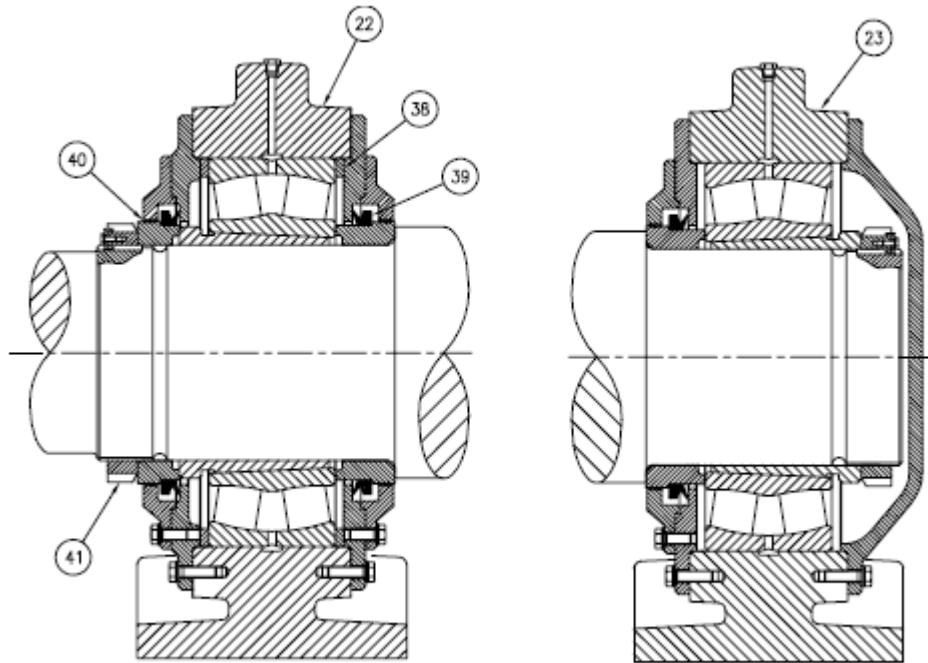
04 Cylindre d'admission

Annexe 4



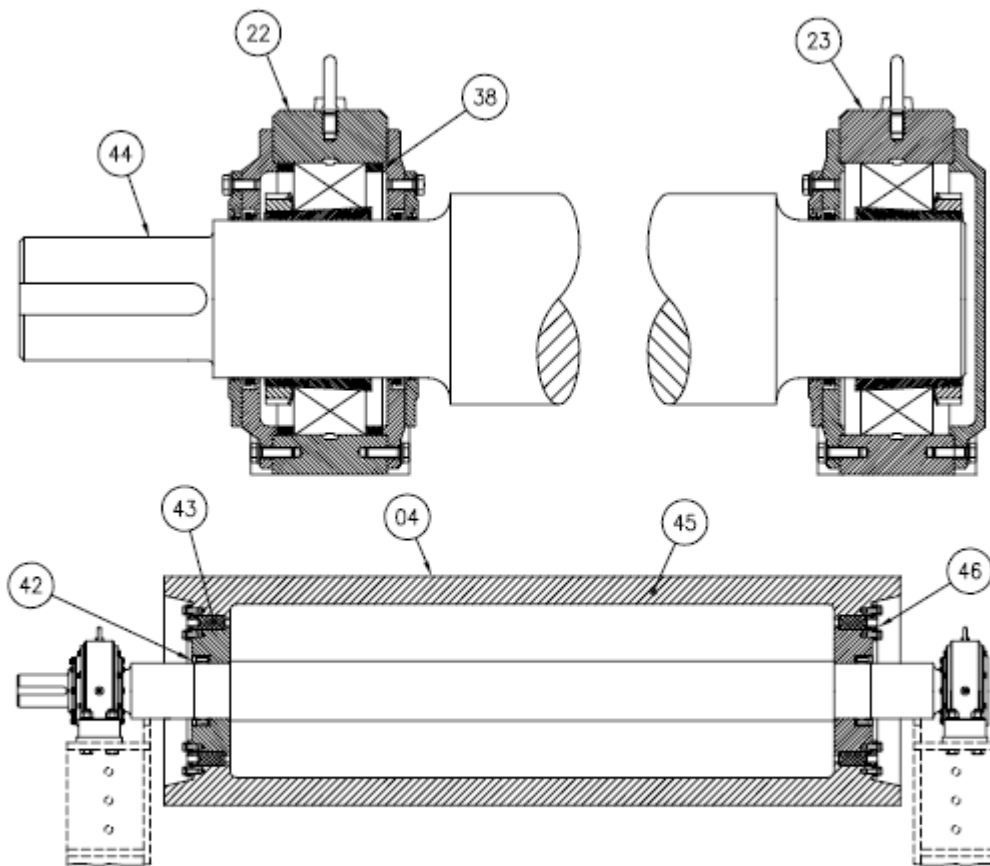
- 08 Contrôleur de vitesse
- 09 Marteau
- 10 Section du rotor
- 11 Boulon de marteau
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 24 Clavette à serrage
- 25 Bloc de positionnement
- 26 Lubrification
- 27 Thermosonde
- 28 Couvercle d'extrémité
- 29 Extrémité de la section du rotor
- 30 Pièce 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

Annexe 5



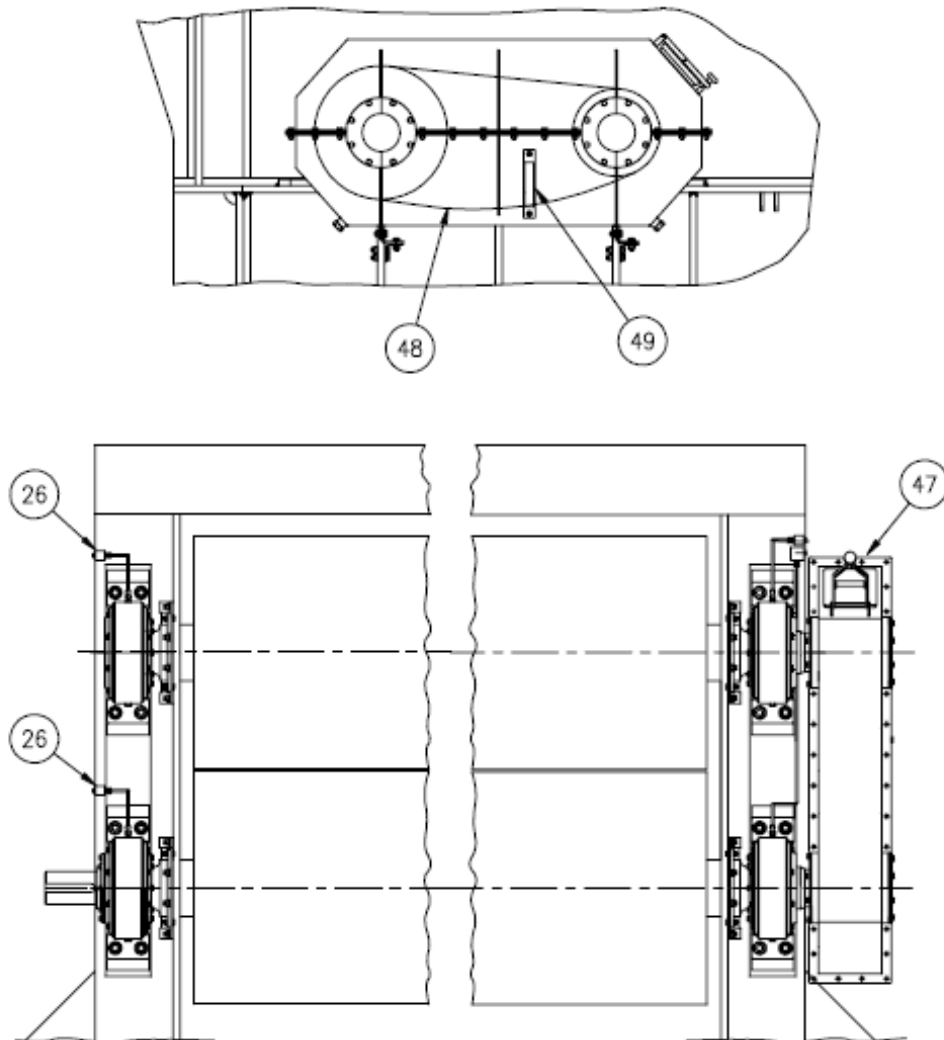
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 38 Bague d'arrêt
- 39 Joint en V
- 40 Joint à labyrinthe
- 41 Écrou de palier

Annexe 6



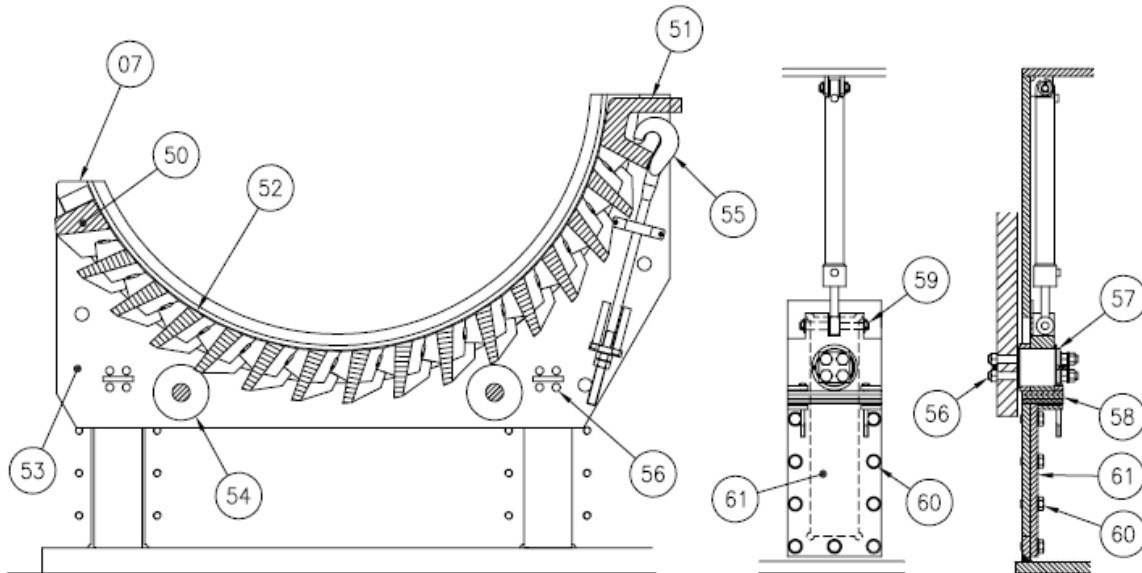
- 04 Cylindre d'admission
- 22 Corps du palier fixe
- 23 Corps du palier mobile
- 38 Bague d'arrêt
- 42 Pièce de serrage du cylindre d'admission
- 43 Bloc en caoutchouc
- 44 Arbre - cylindre d'admission
- 45 Cylindre d'admission - capot
- 46 Bague de serrage

Annexe 7



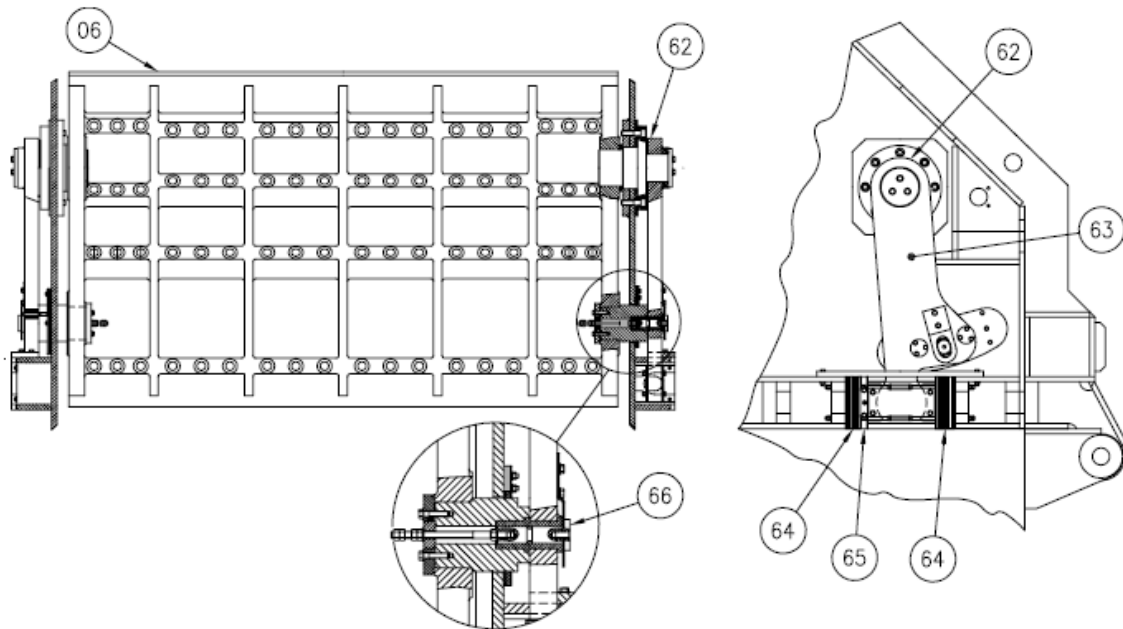
- 26 Lubrification
- 47 Transmission
- 48 Chaîne
- 49 Verre indicateur

Annexe 8



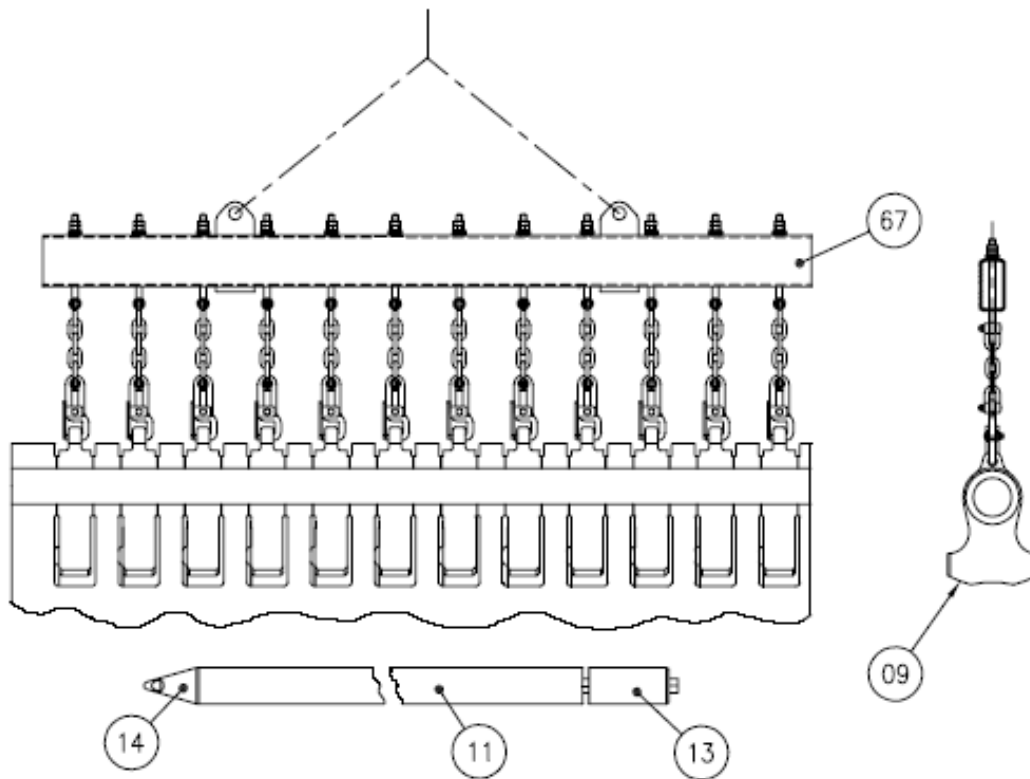
- 07 Grille de sortie
- 50 Barreau spécial de la grille
- 51 Dernier barreau de la grille
- 52 Barreau de la grille
- 53 Montant
- 54 Roue
- 55 Boulon à crochet
- 56 Boulons
- 57 Garniture de levage
- 58 Intercalaires
- 59 Goupille
- 60 Boulons de la plaque-support
- 61 Plaque-support

Annexe 9



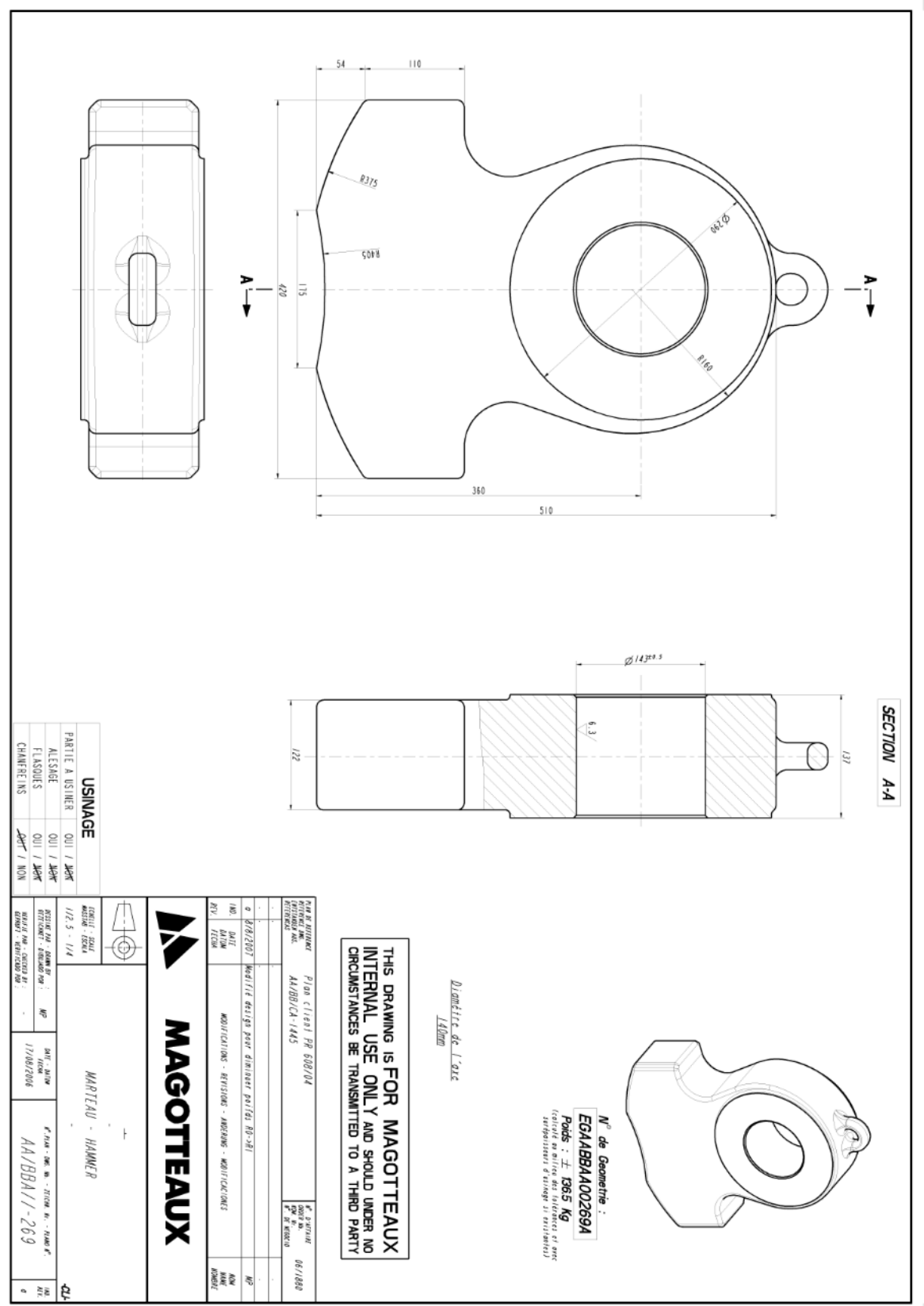
- 06 Plateau de concassage
- 62 Articulation de la charnière du plateau de concassage
- 63 Bras d'ajustement
- 64 Intercalaire
- 65 Plaque expansible
- 66 Goupille de cisaillement.

Annexe 10



- 09 Marteau
- 11 Boulon de marteau
- 13 Mandrin rehausseur
- 14 Mandrin de guidage
- 67 Balancier des marteaux

Annexe 12



Dessin définition du marteau pour concasseur EV250x300-2-85 Marque MAGOTTEAUX

Résumé :

La concurrence en production ciment oblige La société LAFARGE holcim à investir dans la recherche scientifique pour augmenter le taux de production avec minimisation des couts de maintenance et énergies, pour cela nous avons essayé d'étudier le phénomène d'usure des éléments de concasseur EV250*300-2-85 et plus particulièrement les marteaux, pour le but d'augmenter leurs résistance à l'usure.

Mots-clés : Concassage, types des concasseurs, aciers, dureté, taux d'usure.

ملخص:

المنافسة في انتاج الاسمنت فرضت على شركة " لافارج هولسيم" الاستثمار في مجال البحث العلمي من اجل زيادة سقف الانتاج مع التقليل من تكاليف الصيانة والطاقة ،من اجل ذلك حاولنا دراسة ظاهرة تآكل اجزاء الكسارة المعرضة لذلك وخاصة تآكل المطرقة ،وكل هذا لهدف زيادة مقاومة التآكل.

كلمات البحث: تكسير، انواع الكسارات، فولاذ، صلادة، نسبة التآكل.

Abstract:

Competition in cement production forces LAFARGE holcim to invest in scientific research to increase the rate of production with minimization of maintenance and energy costs, for this we tried to study the phenomenon of wear of crusher elements EV250 * 300-2-85 and more particularly the hammers, for the purpose of increasing their wear résistance.

Keywords: Crushing, crusher types, steel, hardness, wear degree.